-

-

Ce fichier constitue la transposition au format pdf du contenu du CD-ROM portant le même titre.
Le CD-ROM original est basé sur une arborescence au format html

LE BASSIN DE L'OUBANGUI

J. CALLÈDE, Y. BOULVERT et J-P. THIÉBAUX

Sur ce CD-ROM, vous trouverez :

- **Le texte intégral de la *Monographie de l'Oubangui***
- **Toutes les stations hydrométriques du bassin, qui correspondent au chapitre *Équipement et mesures hydrométriques* de la *Monographie***
- **Des références récentes concernant des études menées sur le bassin de l'Oubangui depuis 1972**

Pour consulter la partie que vous souhaitez, cliquer dans le bandeau en haut de la page

Mise en page : Jacques Callède et Yves Boulvert, Jean-Pierre Bricquet, Gérard Cochonneau
Dessins : Jacques Callède - Cartographie : Eric Opigez et Jacques Callède, Jean-Pierre Debuiche
Maquette de couverture : Michelle Saint-Léger

Photo de couverture : © IRD – Yves Boulvert (juillet 1965). *Vue prise de la moyenne corniche surplombant l'Oubangui à Bangui ; au fond, vers l'est, la mission Saint-Paul dominée par le plateau du Kassaï (lambeau-témoin de la surface centrafricaine) ; au sud vers la droite, la rive congolaise cachée.*

La loi du 1er juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article L. 122-4).Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.
© IRD, 2009

ISBN : 978-2-7099- 1680-6

IRD Éditions
Institut de recherche pour le développement
Marseille, 2009

LE BASSIN DE L'OUBANGUI

J. CALLEDE, Y. BOULVERT et J-P. THIEBAUX

SOMMAIRE

- Préface et avant-propos
- Facteurs géographiques conditionnels du régime
- La climatologie du bassin oubanguien
- Équipement et mesures hydrométriques
- Données de base
- Étude des débits annuels
- Étude des crues
- Étude des basses eaux
- Transports solides et matières dissoutes
- Les aménagements fluviaux et hydroélectriques
- Conclusion. Liste géographique des lieux cités
- Bibliographie

LES STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE L'OUBANGUI

Par ordre alphabétique

Le bassin de l'Oubangui supérieur

Le bassin du moyen Oubangui

Les affluents du moyen Oubangui

Le bassin du bas Oubangui

Liste et carte de situation des stations

QUELQUES RÉFÉRENCES RÉCENTES DU BASSIN DE L'OUBANGUI

(ces textes ont été insérés postérieurement à l'achèvement de la Monographie, dans la forme où ils ont été publiés)

Transports de matières dans un bassin fluvial tropical humide en zone de forêt : l'UELE au Zaïre
ORANGE D. (1996). Strasbourg : *Sciences Géologiques Bulletin,* 49,1,4 : 71-88.

Hydroclimatological Changes on the Central African Continent : Evidence from the Oubangui River
ORANGE D., FEIZOURÉ C., LARAQUE A. et WESSELINK A. (1996). In : *EGS XXI General Assembly,* La Haye, 1996/05/6-10. La Haye, 11 p.

Variabilités hydrologiques de l'Oubangui à Bangui
ORANGE D., FEIZOURÉ C. et WESSELINK A (1995). In : *Actes des Journées Scientifiques FRIEND-AOC,* Cotonou, 1995/12. Paris : UNESCO, 20 p.

Les régimes hydroclimatiques et hydrologiques d'un bassin versant de type tropical humide : l'Oubangui (République Centrafricaine).
WESSELINK A., D. ORANGE et FEIZOURÉ C. (1995). In : *L'hydrologie tropicale : géoscience et outil pour le développement.* Wallingford : IAHS : 25-40, 4 fig. (IAHS Publ. ; n ° 238)

Temporal variations of Sr isotopic ratios, major and trace elements composition of the Oubangui river basin : Implications for the source of material.
NÉGEL P. et DUPRÉ B. (1993). In : *Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques : Congo, Niger, Amazone.* Paris : Orstom : 181-198 (Collection Colloques & Séminaires).

Évolution interannuelle de la dynamique sédimentaire d'une barre sableuse d'un fleuve de régime tropical humide : le site de Pama sur l'Oubangui (République Centrafricaine).
FEIZOURÉ C., C. CENSIER C., LANG J. et OLIVRY J.C. (1993). In : *Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques : Congo, Niger, Amazone.* Paris : Orstom : 171-180 (Collection Colloques & Séminaires).

Variations et Bilans des flux de matières particulaires et dissoutes de l'Oubangui à Bangui (de 1987 à 1992).
ORANGE D., CENSIER C et OLIVRY J.C. (1993). In : *Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques : Congo, Niger, Amazone.* Paris : Orstom : 147-158 (Collection Colloques & Séminaires).

Sommaire de la monographie

PRÉFACE ET AVANT-PROPOS

AVERTISSEMENT

En différant pour un temps la publication de cette monographie, nous souhaitions associer aux travaux de synthèse des auteurs, d'une part, les recherches récentes effectuées sur l'Oubangui (notamment sur les flux de matières transportées, la qualité des eaux et la biogéohydrodynamique du bassin), d'autre part, les travaux de réhabilitation du réseau hydrométrique conduits par le Service Hydrologique de la Direction de la Météorologie Nationale du Centrafrique, avec le concours du Service des Voies navigables du pays, le soutien technique de l'Organisation Mondiale de la Météorologie et le soutien financier du Programme des Nations Unies pour le Développement.

Si les auteurs ont bien utilisé une partie des résultats obtenus jusqu'au seuil des années 1990, il est vite apparu qu'une synthèse globale était difficile à envisager du fait de la diversité des recherches engagées dans les années récentes. Nous avons donc finalement retenu de publier un document relativement peu remanié par rapport au projet d'ouvrage préfacé par Jean Rodier, disparu en 1994 et considéré comme le père de l'hydrologie africaine, respectant en cela la démarche des auteurs, soucieux de donner une information complète sur l'histoire de l'hydrologie au Centrafrique depuis l'origine des observations. Nous avons cependant tenu à enrichir l'ouvrage de compléments et d'informations nouvelles contenus dans une postface et des annexes sur lesquelles nous revenons plus loin.

Il est bien évident que la coopération entre hydrologues intervenant sur le bassin de l'Oubangui a déjà permis d'exploiter en commun, sans attendre cette publication, une bonne partie des données de base critiquées et validées qui sont contenues dans cet ouvrage. Il n'en reste pas moins que la diffusion de cette information est restée confidentielle ou incomplète. Une forte demande de la part de la communauté des hydrologues centrafricains et des services techniques du pays, soucieux de répondre aux besoins des aménagistes, nous a conduits à cet effort de restitution de l'ensemble de l'information disponible sur le bassin de l'Oubangui. Cet ouvrage ne contient pas seulement la « mémoire de l'hydrologie » au Centrafrique mais aussi une synthèse des travaux d'analyse et d'interprétation que les ingénieurs et chercheurs de l'ORSTOM (devenu aujourd'hui IRD) et du Centrafrique ont pu réaliser sur la période d'étude. L'objectif commun des auteurs et des demandeurs était donc de pérenniser les résultats de nos travaux sous la forme d'un document facilement accessible aux spécialistes et autres utilisateurs, scientifiques ou non, susceptibles d'être confrontés dans leurs projets aux contraintes hydroclimatologiques de l'hydrosystème oubanguien.

Pérenniser la trace de travaux importants sur l'hydrologie du pays est une chose. C'en est une autre que de prétendre à la stabilité de variables hydrologiques découlant d'analyses statistiques établies sur une période donnée. Les hydrologues savent bien que rien n'est jamais figé dans les régimes hydrologiques et qu'au-delà d'une variabilité interannuelle qu'ils ont chiffrée, l'évolution climatique observée à l'échelle globale entraîne des modifications au niveau des termes du cycle hydrologique et de l'écoulement. Heureusement, qu'il s'agisse de « dérive » ou de « rupture » dans les séries de débits, comme pour la longue période de déficits hydropluviométriques correspondant à la sécheresse soudano-sahélienne, l'observation de stations de références, les observatoires, permet d'introduire les facteurs correctifs nécessaires à une actualisation des données publiées dans des ouvrages du type monographie.

Les hydrologues savent bien aussi que l'hydrographie et l'hydrodynamique d'un cours d'eau sont évolutives et que la validation d'observations récentes sur des stations anciennes n'est possible que si des contrôles fréquents des relations hauteurs-débits sont effectués. Cela nécessite un investissement humain et financier que

les services hydrologiques ne doivent jamais négliger.

Ainsi, le retard apporté à la publication de cette synthèse a permis de prendre un peu de recul par rapport aux résultats proposés. Leur valeur historique n'est pas remise en cause, mais il nous a paru important de compléter l'information donnée par quelques éléments illustrant l'évolution récente de l'hydrologie de l'Oubangui et des études faites dans ce domaine. Une partie de ces éléments, surtout focalisée sur l'Oubangui à Bangui, apparaît dans différents articles ultérieurs à la rédaction de la Monographie et traitant des recherches menées tant dans le domaine de la régionalisation des données de précipitations, de l'évolution de l'hydraulicité des cours d'eau et de leur régime, que dans le domaine de la géochimie et des transferts de matière dissoute ou de l'érosion, des transports solides et des flux de matière en suspension (avec pour principaux auteurs : J-P. Bricquet, C. Censier, C. Feizouré, A. Laraque, G. Mahé, J-C. Olivry, D. Orange et A. Wesselinck).

Jean-Claude Olivry

Directeur de recherche

Mars 2009

==========

PRÉFACE

Les hydrologues trouvent trop souvent, hélas, des données dont la mauvaise qualité les scandalise mais ils ont, parfois, en compensation d'heureuses surprises. La monographie de l'Oubangui en est une et nous allons le montrer dans cette préface.

Pendant environ trente ans les hydrologues de l'ORSTOM, aidés par leurs collègues centrafricains, se sont acharnés à exploiter un réseau hydrométrique gigantesque pour les moyens dont ils disposaient. Qu'on en juge : dans les années 1950 il n'y avait qu'un seul chercheur hydrologue, souvent sans technicien, pour couvrir les 617 000 km² de la future République centrafricaine avec un bon nombre de stations de jaugeages sur le Chari supérieur et bien davantage sur la majeure partie du bassin de l'Oubangui. On avait bien essayé de compenser cette densité extrêmement faible d'hydrologues au kilomètre carré par la qualité : on compte, parmi les fondateurs du réseau, Marcel Roche, Jacques Aimé, Jean Tixier et Roger Berthelot, dont l'efficacité est connue de tout le monde. Ceux qui les ont suivis n'ont pas démérité, mais parmi tous leurs talents, ils n'avaient pas le don d'ubiquité. Sur la rive gauche de l'Oubangui (dans le futur Zaïre) la situation n'était pas meilleure.

Pour préciser, il n'y avait à Bangui qu'un seul véhicule, les pistes interminables étaient bien imparfaites alors qu'il aurait fallu contrôler fréquemment les lecteurs d'échelle, très difficiles à trouver dans un pays peu peuplé, où le niveau scolaire n'était pas très élevé. Les rapports de tournée sont éloquents à ce sujet. La stabilité des stations et les variations relativement lentes des débits ne compensaient que très faiblement la rareté de bons observateurs. Quand le réseau était réorganisé à une extrémité du pays, il se dégradait sérieusement à une autre et cela recommençait indéfiniment ...

Ce réseau coûtait cher, pour des résultats douteux. Vers 1958, après une enquête personnelle sur place, nous avions décidé de réduire sérieusement le nombre des stations du réseau en éliminant toutes celles qui étaient trop éloignées de Bangui, décision bien pénible à prendre pour un hydrologue.

À partir de 1967 et surtout après 1971, la situation a été reprise en main : il y a eu un peu plus d'hydrologues

ORSTOM à Bangui, un peu plus de moyens, puis l'Administration centrafricaine a pris sa part de gestion du réseau. Il s'est produit une très nette amélioration à laquelle l'auteur de la présente monographie n'a pas été étranger, loin de là.

Mais on savait, avant toute analyse, qu'on rencontrerait des séries de données pleines de lacunes, si l'on peut dire, et un grand vide après 1958 ou 1959, parfois avant, par la mise en sommeil voulue d'un bon nombre de stations.

Inutile de dire que lorsqu'il a été question d'élaborer la synthèse, devant une telle situation, il n'y avait pas beaucoup de candidats pour la préparation de cette monographie de l'Oubangui. Quelques malheureux « volontaires » ont bien été désignés par le Comité technique d'hydrologie après une acceptation pas absolument spontanée, mais comme ils avaient d'autres tâches plus urgentes à accomplir, cette synthèse des données avait très peu de chances d'aboutir.

C'est le grand mérite de Jacques Callède d'avoir bien voulu accepter, en toute connaissance de cause, cette tâche longue et difficile et, surtout, d'avoir réussi à la mener à bon terme.

Cependant, les difficultés prévisibles dans la partie centrale de ce travail n'ont pas troublé notre auteur pour la mise au point des chapitres préliminaires où toutes les mesures ont été prises pour constituer un ensemble complet et bien adapté aux objectifs hydrologiques. Pour les parties géologie, géomorphologie, nature des sols et végétation, J. Callède a été assisté de façon brillante par son collègue et ami Yves Boulvert auquel de très nombreuses années de terrain consacrées à la carte des sols du Centrafrique et l'excellente pratique des pédologues à suivre de très près géologie, végétation et géomorphologie ont permis de résumer avec beaucoup d'expérience et de compétence les remarquables synthèses de J-L. Mestraud et J. Lepersonne sur la géologie de cet immense bassin ainsi que les ouvrages concernant la couverture végétale. La géomorphologie n'a pas été oubliée, alors qu'elle fait souvent défaut dans les grandes monographies. Quant aux sols, ils sont traités par un spécialiste qui est « chez lui » mais qui, aussi, a collaboré depuis longtemps avec ses collègues hydrologues dans un institut où le nombre de chercheurs est toujours resté modeste, de sorte qu'il a présenté les relations des divers types de sols avec l'hydrologie, souci qui témoigne d'une parfaite compréhension de ce qu'est la vraie pluridisciplinarité.

La collaboration d'Y. Boulvert ne se limite pas à ce chapitre 1. Ayant été pendant très longtemps un témoin continu, à l'esprit ouvert sur tous les phénomènes naturels qui affectaient le Centrafrique, il a pu fournir à J. Callède des informations hydrologiques précieuses.

Dans le domaine de la climatologie, chapitre 2, l'auteur n'a pas oublié qu'il a dirigé pendant plusieurs années une des stations bioclimatologiques créées par Charles Riou et installée à Bangui par Roger Chartier. Ce qui nous vaut un exposé très complet sur ce sujet si important pour l'hydrologie, notamment pour la partie pluviométrique où l'étude des intensités, par exemple, a bénéficié des données de Bangui, qui avait déjà fourni des valeurs précieuses sur l'évaporation.

L'auteur a évité de « s'enliser » dans les études pluviométriques, ce qui était tentant, mais aurait encombré inutilement cette monographie. Le chapitre climatologie est précédé d'un exposé très clair sur les facteurs généraux du climat et des circulations des masses d'air : ceci a été possible grâces aux récents travaux et publications de G. Dhonneur (Météorologie nationale) et M. Leroux (Université de Dakar).

C'est alors que commence pour J. Callède la partie la plus indigeste pour l'auteur, comme pour le lecteur, de toute grande monographie : l'équipement du bassin, chapitre 3. Y sont exposés les avatars subis par la plupart des stations, avec son historique, les problèmes d'étalonnage et la critique de la qualité des données. En

général, c'est une tâche ingrate. Ici elle était pénible et décevante car on y retrouvait toutes les conséquences de ce qui a été exposé au début de cette préface.

Le travail avait été un peu facilité par une révision qui avait été faite en 1967 par G. Oberlin, mais cette révision n'était pas absolument complète et, depuis, il s'était passé bien des choses. J. Callède était très bien placé pour faire la critique des données, ayant exploité le réseau hydrométrique de juin 1968 à décembre 1972. Il connaissait bien les données anciennes et, en outre, il avait déjà montré la sévérité de son jugement sur le réseau du Chari supérieur lors de la mise au point de la monographie de ce fleuve. Nous avouons d'ailleurs, après cette première expérience, que nous craignions que peu de données puissent être épargnées par cette sélection.

Et pourtant cette sévérité est essentielle. On ne peut faire aucune analyse sérieuse sans données sûres.

L'étalonnage des stations est beaucoup plus satisfaisant. On peut dire que, pour Bangui, c'est parfait avec un jaugeage régulier de 14 000 m^3/s (8,14 m) par R. Chartier en 1964 (débit maximum observé : 14 500 m^3/s) et un autre de 345 m^3/s (- 0,65 m) par J-P. Thiébaux en 1988 (débit minimum observé : 223 m^3/s).

Le volume de ce chapitre choquera peut-être certains lecteurs. Cependant, dans quelques années seulement, il n'y aura que dans ce chapitre qu'il sera possible de retrouver les éléments nécessaires pour juger de la qualité des données hydrologiques de telle ou telle station et, peut-être même, pour les améliorer.

Le résultat de ces travaux est le chapitre des données de base, chapitre 4, qui effectivement n'est pas, à première vue, particulièrement réconfortant. Il se présente comme un vieux grimoire rongé par des insectes, qui se seraient particulièrement délectés des lignes couvrant les années 1958 à 1968. Mais ce spectacle affligeant cache une réalité beaucoup moins sombre et là est la surprise !

S'il y a peu d'espoir de reconstituer modules ou débits maximaux manquants à partir de données pluviométriques d'un réseau insuffisamment dense, on peut trouver des corrélations – très souvent acceptables – entre les données hydrologiques des stations, d'autant plus qu'elles sont parfois situées à l'aval les unes des autres. En plus, parmi ces stations, il n'en existe qu'un très petit nombre observé pendant longtemps mais un plus grand nombre avait été observé dans quelques unes des années 1960.

Ces corrélations ne sont pas parfaites et c'est tout à fait normal. Mais le grand champ de variations entre la période d'abondance extrême des années 1960 et la grande sécheresse de 1972-1990 permettait de tolérer, dans le cadre d'une analyse statistique, des imprécisions qui n'auraient pas été admises dans un autre contexte, d'autant plus que les corrélations sont bonnes, en général, pour les valeurs extrêmes. Les variations absolues des débits sont assez faibles, ce qui facilite encore les choses : on ne pourrait trouver les mêmes facilités dans les régimes sahéliens, par exemple. On pourra donc se fier aux valeurs reconstituées pour les années particulièrement humides et avoir la certitude que les valeurs voisines de la moyenne obtenue par ces corrélations ne sont pas, en réalité, des valeurs fortes ou faibles : ceci est essentiel dans l'étude d'une distribution statistique.

Il restait le problème de l'Uele, où il n'y a pas eu de jaugeages. Les modules annuels de cette rivière ont été cependant reconstitués par le bilan de l'ensemble des stations autour du confluent Mbomou-Uele pour les huit années d'observations communes, puis grâce à la corrélation des coefficients d'écoulement des deux rivières, établie pour ces 8 ans et qui est bonne. À partir des hauteurs pluviométriques, l'auteur a pu rétablir 17 valeurs annuelles supplémentaires, d'où une série de 25 modules.

En définitive, à part quelques petits bassins irréductibles, on s'est retrouvé devant des échantillons statistiques

d'une vingtaine d'années en général et quelques échantillons de 30 à 40 ans, le tout épaulé par l'échantillon de l'Oubangui à Bangui : 78 ans. Cette dernière station intègre les débits de la plupart des tributaires étudiés dans la présente monographie.

Presque toutes ces séries, ainsi complétées, comportent une partie notable d'années extrêmes, sèches et humides, ce qui donne une certaine sécurité pour les lois de distribution trouvées, avec cependant le risque d'arriver à des coefficients de variation trop élevés. Dans les chapitres 5 et 6 des débits moyens et des crues, l'auteur se retrouvait donc dans une situation presque aussi confortable que s'il avait disposé partout de séries continues.

Pour les débits moyens annuels comme pour les débits maximaux annuels, on retrouve partout des lois de distribution de fréquences gaussiques ou même légèrement hypogaussiques, sauf pour les petits bassins où la distribution de Galton, nettement hypogaussique, est prédominante. C'est ce qui avait déjà été constaté pour les cours d'eau de l'est du Cameroun (Sangha, Sanaga et même Bénoué) dans *Fleuves et Rivières du Cameroun*, de J-C. Olivry. L'existence de plaines d'inondation n'est pas étrangère à l'extrême faiblesse ou à la nullité du coefficient d'asymétrie dans ces régions, mais c'est aussi une conséquence du régime pluviométrique.

Cependant, si cet ouvrage permet de voir plus clair dans les variations de l'écoulement, il met aussi en évidence les limites d'applications de méthodes statistiques simples aux données hydrologiques des cours d'eau de cette région. On trouve, dans les échantillons, une série humide extraordinaire de 1961 à 1969 à laquelle prélude souvent l'année 1954 ou 1955. Dans toute l'Afrique Centrale et l'Afrique de l'est, cette série a vivement ému les hydrologues. Elle était même tellement inattendue sur les formateurs du Nil et sur le Lac Victoria qu'elle a donné lieu à toutes sortes de spéculations alors qu'on ne connaissait pas encore toute l'étendue des régions affectées par ce phénomène. L'année 1964 sur le Nil, à Assouan, est comparable aux célèbres années humides observées à la fin du XIXe siècle. De même l'année 1961, sur le Zaïre, a été considérée comme un événement tout à fait exceptionnel auquel on a, parfois, affecté la fréquence millénaire alors que la cause de la valeur tout à fait insolite du débit de 1961, à Brazzaville, doit être recherchée dans la très grande abondance des tributaires des zones les plus déshéritées du bassin, qui ont un régime à distribution fortement asymétrique. La population statistique des débits moyens ou maximaux à Kinshasa (ou Brazzaville) n'est pas homogène. On observe un autre événement tout aussi exceptionnel : la sécheresse des années 1970-1990, toute aussi sévère qu'au Sahel par ses déficits, mais avec des conséquences pratiques moins catastrophiques.

Un résultat auquel on pouvait s'attendre dans ces régions tropicales humides, c'est la très faible influence de la superficie du bassin versant sur les débits spécifiques moyens annuels ou sur les débits spécifiques maximaux. Les variations que l'on peut observer tiennent surtout à des climats légèrement différents, à des sols de perméabilités différentes, à des variations du couvert végétal ou à l'extension de zones marécageuses dans le réseau hydrographique.

Pour les basses eaux, dans le chapitre 7, J. Callède a rencontré plus de difficultés. Dans ce cas, il est beaucoup plus risqué de reconstituer des valeurs minimales manquantes que pour les crues ou les modules annuels. En plus, le choix de lois de distribution statistique des débits minimaux n'est pas évident. Cependant on arrive, dans de nombreux cas, à des valeurs assez sûres pour les fréquences médianes ou décennales.

On constate que les étiages sont assez soutenus, même dans les parties les plus sèches, avec des débits spécifiques variant de 0,4 à 1,2 l/s/km², fléchissant relativement peu pour la fréquence décennale sèche : 0,2 à 1 l/s/km². Mais le déficit est beaucoup plus grand pour des fréquences plus faibles que la décennale (voir Bangui).

Les valeurs médianes sont un peu plus faibles que ce qui était admis autrefois. Bien entendu, l'ouest et surtout le

sud-ouest du bassin ont des débits d'étiage beaucoup plus élevés. De même, les débits d'étiage sur l'Uele devraient être plus forts.

Le chapitre 8 – Transports solides – n'est pas très long et c'est logique. Jusqu'ici ils sont peu importants, par suite de la nature de la couverture végétale et de l'existence de nombreuses galeries forestières.

Mais ceci ne veut pas dire qu'il ne puisse pas y avoir de problèmes d'érosion dans le bassin de l'Oubangui. Des pratiques culturales, sans mesures de conservation des sols, pourraient donner en bien des points des résultats désastreux.

L'aménagement du bassin a été traité de façon complète dans le chapitre 9.

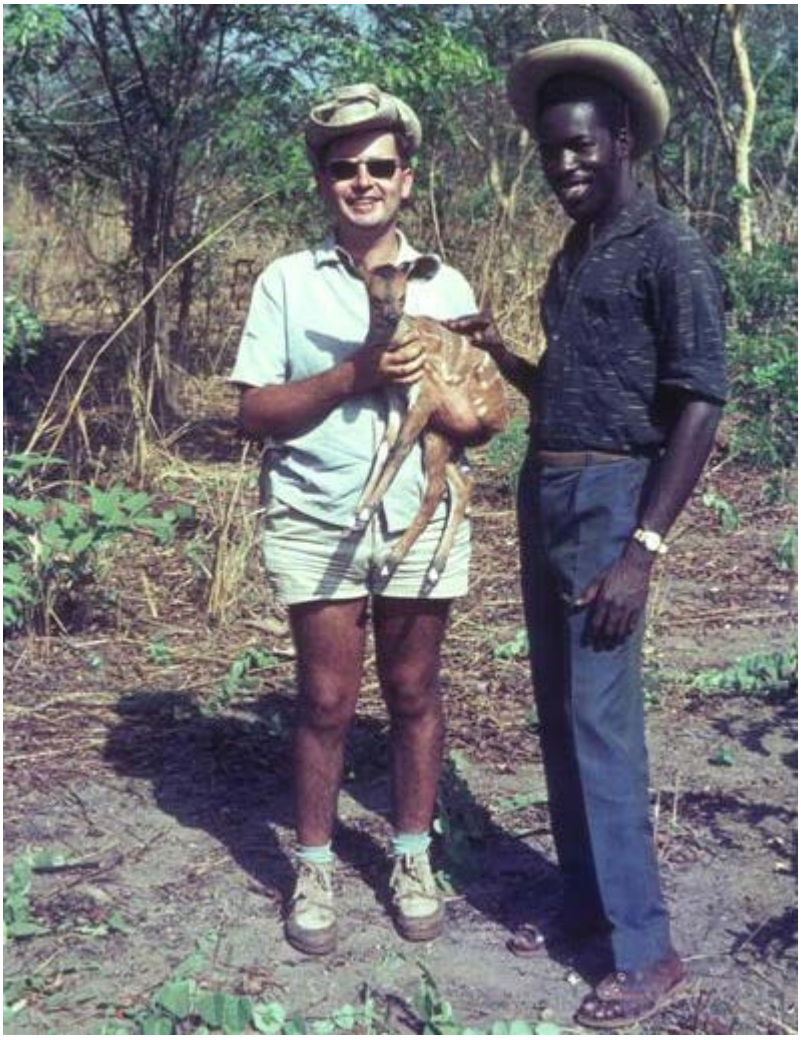
En conclusion, la monographie de l'Oubangui fournit, pour les caractéristiques hydrologiques essentielles, tous les éléments que rechercheraient les utilisateurs pour tout le bassin, sauf dans certains cas pour l'Uele. Les chercheurs y trouveront des bases solides. On doit en féliciter l'auteur car, avant la mise au point de cet ouvrage, il n'était pas évident qu'il arriverait à un tel résultat.

Les efforts de tant d'hydrologues, pendant plus de trente ans, n'auront donc pas été vains et c'est bien réconfortant.

Brétignolles-sur-mer, le 4 juillet 1992

Jean Rodier

Jean Rodier au Centre ORSTOM de N'Djamena (Tchad) en 1966.
De gauche à droite : J.Callède, Ch. Riou, J. Rodier (*photo G. Bocquier*)



Yves Boulvert et Séléman (son chauffeur) près de Bouca
(Centrafrique) avec un faon de guib harnaché.1966 (*photo Y.Boulvert*)

==========

AVANT-PROPOS

Avec un module annuel de l'ordre de 4 000 m^3/s, l'Oubangui est, après le Kasaï (7 870 m^3/s), le second tributaire du fleuve Congo (ou *Zaïre*) dont le module à Brazzaville est de 39 500 m^3/s.

C'est à partir du confluent Mbomou-Uele que commence l'Oubangui, que l'on écrit *Ubangi* en RDC (République Démocratique du Congo, ex-Zaïre) et qui, 1 100 km plus loin, va rejoindre le fleuve Congo. Curieusement, c'est l'Uele qui a été découvert le premier par les Européens : en 1870, le botaniste allemand G. Schweinfurth, descendant d'Égypte au Soudan *rencontra un jour un ruisseau qui se dirigeait vers le sud-est... Enfin le Ouéllé m'apparut : il envoyait au couchant ses flots sombres et profonds* (Schweinfurth, 1874). Mais il fallut attendre 1884 pour que le capitaine Hanssens découvre enfin l'Oubangui.

À Bangui, c'est un grand et beau cours d'eau qui mérite bien son appellation de *fleuve* donnée par les banguissois. Jusqu'en 1940, c'était pratiquement l'unique voie de communication pour pénétrer au Centrafrique. Rappelons-nous que la mission Marchand a utilisé l'Oubangui, puis le Mbomou, pour rejoindre Fachoda. Depuis, bien sûr, la route et l'avion ont sérieusement concurrencé ce moyen de transport. Il n'en reste pas moins vrai

que, pour les matières pondéreuses (coton, ciment, etc.), les carburants et les passagers sur le trajet Brazzaville-Bangui (hélas, les bateaux spécialisés pour le transport économique des passagers ont cessé de fonctionner depuis 1994), le bateau est toujours utilisé. Ceci a entraîné la mise en place, très tôt, de stations hydrométriques généralement bien observées afin de pouvoir effectuer les prévisions nécessaires pour une navigation sans risque. Des travaux d'aménagement ont été réalisés pour faciliter cette navigation (aménagement du seuil de Zinga, par exemple), des dragages sont effectués annuellement et le balisage remis en place deux fois par an.

La rédaction de la *Monographie* a été initiée vers 1976 par deux hydrologues (successivement S. Pieyns et P. Ribstein), puis reprise en 1988 par J. Callède pour la partie hydrologique et climatologique. Y. Boulvert, qui a passé une grande partie de sa vie au Centrafrique, a bien voulu se charger de la partie géographie, géologie, végétation et pédologie, puisqu'il a fait pratiquement toute la cartographie pédologique centrafricaine. Sa grande érudition sur l'histoire du Centrafrique a été également mise à contribution.

Ce travail s'inscrivait alors dans les activités du *Département Eaux continentales* (dirigé alors par B. Pouyaud) et plus particulièrement dans l'Unité de recherche 2A *Géodynamique de l'hydrosphère continentale* (dirigée alors par J-C. Olivry).

La publication de cette *Monographie*, terminée en août 1992, sous forme imprimée a été retardée pour des problèmes de mise au net des illustrations et de coût d'édition. En 1998, l'ensemble du texte et des figures a été mis sous forme numérique par J-P Bricquet, mais le problème de la qualité des illustrations en a différé la diffusion.

Il faudra attendre 2009 pour que, à la demande de l'observatoire de recherche en environnement ORE-HYBAM (dirigé par J-L. Guyot, avec la collaboration de A. Laraque pour le bassin du Congo), qui étudie, entre autre, le comportement des trois grands fleuves tropicaux : Amazone, Congo et Orénoque, J. Callède et Y. Boulvert (tous deux retraités de l'ORSTOM-IRD) acceptent de remettre bénévolement en forme la compilation de J-P. Bricquet. Le texte est totalement repris, vérifié, et parfois complété. Des photographies agrémentent le tout.

Cette acceptation est motivée, en premier lieu, pour rendre hommage à J. Rodier, hélas disparu en 1994. Fondateur (et ancien directeur) du Service hydrologique de l'ORSTOM, il avait accepté de rédiger la Préface de cette *Monographie*. Il nous avait également fait profiter de sa parfaite connaissance de l'hydrologie africaine en nous prodiguant conseils et remarques.

En second, il eut été dommage que tout le travail des hydrologues, qui se sont succédés en Centrafrique depuis près d'un demi-siècle, disparaisse à jamais.

Car ces hydrologues ont travaillé très tôt sur l'Oubangui. Mais ce n'est qu'en 1951 qu'avec l'ORSTOM le réseau minimum d'échelles limnimétriques a été transformé en un réseau hydrométrique couvrant tout le bassin (RDC excepté), avec mesures systématiques des débits, et qu'ont commencé les premiers travaux d'hydrologie réellement scientifique. Parmi ceux qui ont contribué à ces travaux, il faut citer J. Aimé, M. Roche, J. Tixier, R. Berthelot, R. Chartier, Y. Borel, N. Ranc, Y. Rouquerol, J. Féat, G. Oberlin, R. Randon, J. Callède, M. Gréard, P. Mailhac, G. Arquisou, S. Pieyns, J-P. Thiébaux, Y. Le Troquer, J-C. Olivry, J-P. Bricquet et D. Orange.

Tous ces travaux n'auraient pu être menés à bien sans l'aide des hydrométristes centrafricains de l'ORSTOM. Citons en premier lieu P. Mbaye, efficace compagnon de toutes nos tournées hydrométriques, sans oublier S. Yakon, J. Bétianga (un des plus consciencieux observateurs météorologues d'Afrique) et J. Passy.

De même façon, les hydrologues de l'ORSTOM sont très sensibles à l'intérêt porté par le *Service des Voies*

navigables, aujourd'hui *Service commun de l'entretien des Voies navigables – SCEVN –* (spécialement par G. Chalandon), à leur travaux. Ceci s'est concrétisé par une aide matérielle (mise à disposition de bateaux pour les jaugeages en hautes eaux) et par leurs indications pertinentes concernant l'équipement, l'historique et le tarage des stations hydrométriques, principalement celles de l'Oubangui navigable. Un très grand merci.

Il convient de remercier J-P. Briquet pour avoir rassemblé et mis à disposition les fichiers numériques de son travail de 1998. Il nous a également fourni la quasi totalité des photographies (signées Y. Boulvert pour la plupart) qui illustrent la *Monographie*. Nous remercions également tous ceux qui, à l'IRD, ont participé à ce travail de mise en forme : mesdames A. Aing (laboratoire photographique de la Cartographie), H. Hensens (centre de Documentation) et D. Rechner (photothèque Indigo), É. Opigez (laboratoire de Cartographie appliquée) et surtout G. Cochonneau dont la compétence en informatique a été souvent mise à contribution.

Enfin J. Callède remercie son vieil ami J-L. Guyot, Représentant de l'IRD au Brésil, pour son constant appui administratif et pour son aide logistique, et toute la Représentation de l'IRD à Brasília.

Dans cette *Monographie*, nous examinerons successivement :

- les facteurs géographiques conditionnels du régime ;
- la climatologie du bassin oubanguien ;
- l'équipement et les mesures hydrométriques ;
- les données hydrologiques de base ;
- les modules annuels ;
- les crues ;
- les étiages ;
- les transports solides à Bangui ;
- les aménagements hydrauliques ou hydro-électriques.

En Annexe, nous joignons 7 publications, postérieures à 1992, concernant l'Oubangui.

Brasília, août 2009

Retour en haut du document

Sommaire de la monographie

Chapitre 1

FACTEURS GÉOGRAPHIQUES CONDITIONNELS DU RÉGIME

Situation et cartographie

Forme, surface, relief

Réseau hydrographique

Géologie du bassin Oubangui-Uele

Géomorphologie du bassin de l'Oubangui

Les sols du bassin de l'Oubangui-Uele

La végétation du bassin de l'Oubangui

1.1. - Situation et cartographie

L'Oubangui, appelé *Ubangi* en République Démocratique du Congo (RDC, ex-Zaïre) est l'un des principaux tributaires du fleuve Congo. Il prend son nom à la jonction de deux rivières : l'Uele (appelé également *Ouellé* ou *Makoua*) et le Mbomou (dit encore *Bomu* ou *Kengou*), entre Ouango et Limassa. En ce point, l'Oubangui est à 1 100 km de son confluent avec le Congo, mais l'ensemble Uele-Oubangui dépasse 2 200 km de longueur.

L'Uele, dont le cours est entièrement congolais, est le principal tributaire de l'Oubangui. Il prend sa source vers 1 700 m d'altitude, sur l'interfluve Congo-Nil. Sa longueur est de l'ordre de 1 170 km.

Le Mbomou a une longueur de 966 km. Il prend sa source au point triple frontalier entre le Soudan, la RDC et le Centrafrique, à une altitude d'environ 720 m.

Le confluent avec le fleuve Congo est à l'altitude 304 m, d'après un point coté de la carte IGN au 1/200 000, altitude déterminée très probablement par nivellement barométrique (donc à quelques mètres près).

Le bassin de l'Oubangui est en majorité situé au Centrafrique (Figure 1-1). Pour une superficie totale de 643 900 km^2, 254 800 se situent en RDC (soit 39 %), 37 900 au Congo (6 %) et 352 000 au Centrafrique, soit 55 %. L'estimation des 643 900 km^2 est en accord tant avec une évaluation de J.P. Thiébaux (637 500 km^2) qu'avec celle de l'*Agence transcongolaise des communications* (en 1973) qui indique 655 000 km^2. Par contre, avec ses 775 000 km^2, l'évaluation de P. Vennetier (1965) est surestimée, de même que celle donnée par l'*Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi* (Devroey, 1948) et qui serait, elle aussi, de cet ordre de grandeur.

Le bassin s'étend de la latitude 00°30' S à 09°16' N, tandis qu'en longitude il va de 015°35' E à 030°57' E.

Pour la partie du bassin située au Centrafrique et au Congo, les documents topographiques sont :

- Cartes du Monde au 1/1 000 000, type OACI, éditées par l'*Institut géographique national* (IGN) français :
  - Am Timan,
  - Bangui,
  - Bangassou,
  - Ouesso,
  - Lac Léopold II ;
- Cartes de l'Afrique centrale au 1/200 000, éditées par l'IGN (consulter le catalogue de l'IGN pour le découpage) ;
- Carte oro-hydrographique au 1/1 000 000, établie par Y. Boulvert et éditée par l'ORSTOM (Boulvert, 1987).

Pour la RDC, les documents disponibles sont :

- Cartes du *Defense Mapping Agency Topographic Center*, Washington, D.C., à l'échelle du 1/2 000 000 ;
- Cartes du Monde au 1/1 000 000 ;
- Cartes aéronautiques au 1/1 000 000 (*Operational Navigation Chart*), publiées par le *Defense Mapping Agency Aerospace Center*, St-Louis, Missouri.

Figure 1-1
Carte de situation

Pour la détermination des facteurs physiques, nous avons employé le plus possible les cartes au 1/200 000 pour la mesure de la superficie des bassins. Les autres paramètres ont été mesurés sur la carte oro-hydrographique au 1/1 000 000 et sur les cartes au 1/2 000 000 pour la partie congolaise.

1.2. - Forme, surface, relief

Le bassin de l'Oubangui présente une forme allongée dont la partie amont est orientée est-ouest tandis que la partie aval s'incurve vers le sud un peu en amont de Bangui.

La longueur du bassin est d'environ 1 800 km tandis que sa largeur moyenne serait de l'ordre de 400 km.

Il faut noter la très nette dissymétrie entre rive gauche et rive droite. La largeur du bassin en rive gauche est bien souvent inférieure à 50 km, descendant même à 18 km au droit de Mobaye. En rive droite, cette largeur varie entre 100 et 480 km.

Le relief (fig. 1-2) est peu marqué :

- 3 % se situe au dessus de 1 000 m ;
- 8 % se situe entre 800 et 1 000 m ;
- 67 % se situe entre 500 et 800 m ;
- 22 % se situe entre 304 et 500 m.

En fait, l'Oubangui et ses affluents drainent une succession de plateaux limités par trois zones de relief plus accentué.

La première est située en prolongement des Monts Bleus, dans la partie amont de l'Uele, le long de l'interfluve Congo-Nil. C'est l'extrémité la plus orientale du bassin, en bordure du rift africain. Là se trouve le point le plus élevé de tout le bassin oubanguien : d'après la carte aéronautique ONC-L5, son altitude serait de 1 796 m (02°31' N - 030°45' E). Il est à noter que, sur l'*Atlas universel*, publié conjointement par le journal *Le Monde* et *Sélection du Reader's Digest* (1982), ce point culminant serait le mont Alexia, d'altitude 1 727 m (02°30' N - 030°32' E). Mais ce sommet ne figure sur aucune autre carte ou atlas. Il est bien probable qu'il s'agisse du même point culminant, l'écart entre les deux positions géographiques n'étant que de 24 km. L'utilitaire *Google Earth* indique, quasi au même emplacement (02°30' N - 030°45' E) un toponyme différent : le mont Zeu (ou *Zeu Zeu*) d'altitude 1 652 m.

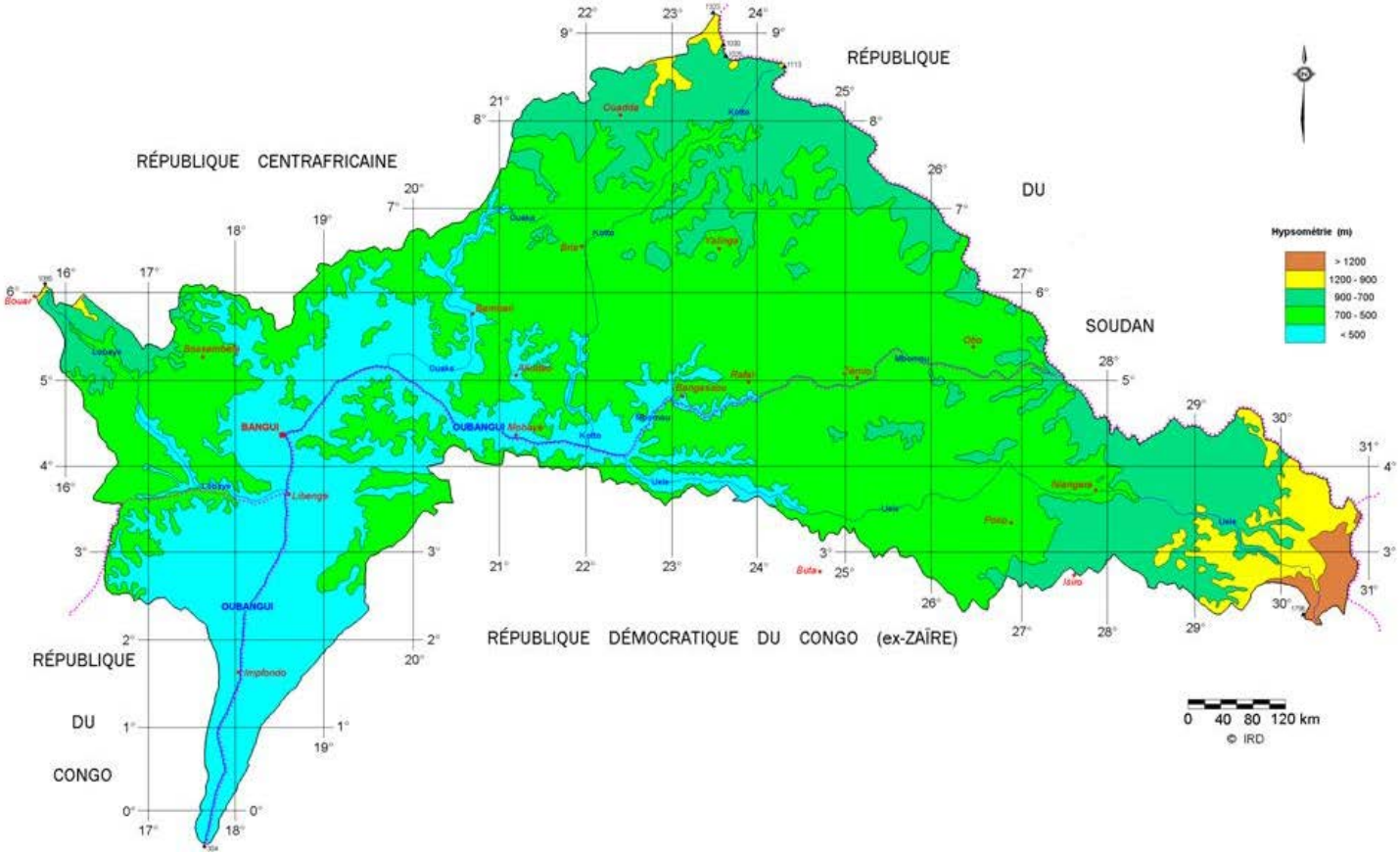
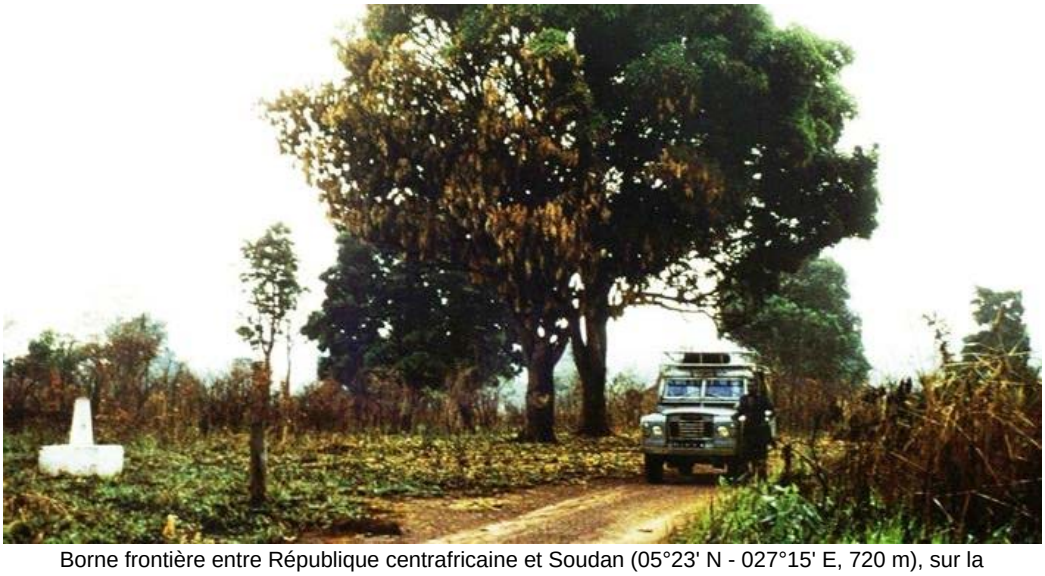


Figure 1-2
Relief du Bassin de l'OUBANGUI

La seconde zone de relief se situe au nord-est du bassin, à la limite de l'interfluve Congo-Nil et Congo-Chari : c'est le massif du Dar Chala, avec quelques sommets d'altitude supérieure à 1 000 m dont le mont Ngaya (1 323 m), le Djebel Ramboukindi (1 030 m), le mont Gaouara (1 025 m) et, plus à l'est, le mont Abourassein (1 113 m).



Borne frontière entre République centrafricaine et Soudan (05°23' N - 027°15' E, 720 m), sur la route internationale RN2 entre Bambouti et Yubu. Janvier 1977. *(Photo © IRD – Y.Boulvert)*

La dernière zone se situe au nord-ouest, dans la région de Bouar. Elle limite le cours amont de la Lobaye (source vers 1 040 m) avec un point culminant d'altitude 1 085 m. Cette zone marque la limite orientale du massif de Yadé, prolongeant les plateaux de l'Adamaoua camerounais.

Y. Boulvert, dans la *Notice explicative* de sa *Carte oro-hydrographique à 1/1 000 000* de la République centrafricaine (1987), signale une erreur topographique reportée d'atlas en atlas : entre Bouar et le massif du Dar Chala, il n'existe pas, à l'ouest du col Quijoux (route Ouadda-Birao), de *massif des Bongo culminant à 1 400 m*, mais seulement à cet endroit un plateau d'altitude voisine de 950 m. Il en donne l'explication (Annexe n° 4 de la *Notice*) : *sur la carte dressée en 1936 par le Service géographique* [français] *de l'Armée, des courbes figuratives encadrent le Massif des Bongos culminant à*

1 400 m. Le cartographe, ayant un doute, a rajouté un point d'interrogation à cette cote. Par la suite, croyant peut-être qu'une mission s'était enfin rendue sur place, d'autres cartographes n'ont pas eu ce scrupule et ont retiré ce point d'interrogation. L'utilitaire *Google Earth* confirme cette erreur : il n'y a pas de sommet à 1 400 m.

La prédominance des plateaux n'empêche pas l'existence de zone de rapides sur les rivières. Tel est le cas de l'Oubangui, du Mbomou, de la Kotto, de la Mpoko, de la Mbali, de la Lobaye, etc.

L'étude des caractéristiques physiques du bassin de l'Oubangui porte sur 25 sous- bassins, chacun correspondant à une station hydrométrique de longue durée (23 années d'observation en moyenne).

Sont calculés, pour chaque sous-bassin :

- le périmètre P km ;
- la superficie A km^2 ;
- le coefficient de compacité de Gravelius :

$$C = \frac{0{,}282P}{\sqrt[2]{A}} \quad ;$$

- la longueur du rectangle équivalent :

$$L_{km} = \frac{C\sqrt[2]{A}}{1{,}128}\left[1 + \sqrt[2]{1 - \left(\frac{1{,}128}{C}\right)^2}\right] ;$$

- l'indice de pente de Roche :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt[2]{L}} \sum_{i=1}^{n} \sqrt[2]{a_i . d_i}$$

où a_i représente la portion de la surface A du bassin comprise entre les courbes de niveau cotées c_i et c_{i-1} et $d_i = (c_i - c_{i-1})$;

- l'indice global de pente (en m/km), à partir des altitudes occupant 5 et 95 % du bassin, sur la courbe de répartition hypsométrique :

$$I_g = \frac{H_{95\%} - H_{5\%}}{L} \quad ;$$

- l'altitude moyenne.

L'ensemble des résultats est dans le tableau 1.1, avec en plus les altitudes maximales et minimales.

En conclusion nous voyons que sur 25 bassins, 16 d'entre eux ont un coefficient de Gravelius C supérieur ou égal à 1,50, dont 3 supérieurs à 1,80. Le coefficient de Gravelius du bassin de l'Oubangui à son confluent avec le Congo atteint même la valeur de 2,05. Pour les 9 autres bassins un peu plus compacts, nous noterons le Mbokou à Obo – avec un coefficient de 1,20 – suivi par la Bangui-Kété à Alindao (1,24).

Les altitudes moyennes sont peu élevées : elles sont comprises entre 446 m (Lessé à Bombé) et 840 m (Pipi à Ouadda). Nous avons affaire, ici, à des bassins dont la caractéristique de pente se rapproche des bassins du Chari plutôt que de ceux des rivières camerounaises. L'indice global de pente I_g est, dans la plupart des cas, inférieur à 1 m/km. Quant à l'indice de Roche I_p, il est toujours inférieur à 0,06.

Au vu de ces faibles pentes, les débits spécifiques de crue ne seront pas très importants.

Tableau 1.1 - Caractéristiques de forme des bassins

Bassins	*A*	*P*	*C*	*L*	I_p	I_g	Altitudes (m)		
	km²	km		km		m/km	max	moy	min
Oubangui au confluent	643900	5840	2,05	2680	0,017	0,20	1620	627	304
Oubangui à Zinga	521900	4607	1,80	2049	0,020	0,27	1620	655	332
Oubangui à Bangui	488500	4175	1,68	1819	0,021	0,29	1620	659	345
Oubangui à Mobaye	403800	3701	1,64	1594	0,021	0,29	1620	691	383
Mbomou à Bangassou	119050	1896	1,55	799	0,022	0,35	1054	650	470
Mbomou à Zémio	27700	748	1,27	272	0,027	0,53	803	647	550
Mbokou à Obo	5960	328	1,20	110	0,035	0,94	803	657	609
Uele	139700	2476	1,87	1112	0,027	0,60	1620	758	395
Bili	21400	839	1,62	360	0,028	0,62	780	591	395
Ouara à Dembia	19590	819	1,65	354	0,026	0,58	861	653	535
Chinko à Rafai	52060	1180	1,46	482	0,028	0,53	1054	669	510
Mbari à Loungouba	23600	816	1,50	338	0,028	0,56	850	577	472
Pipi à Ouadda	2500	245	1,38	97	0,055	2,69	1030	840	700
Kotto à Bria	60590	1250	1,43	505	0,029	0,58	1114	722	555
Kotto à Kembé	77750	1710	1,73	752	0,026	0,48	1114	688	415
Bangui-Kété à Alindao	4560	296	1,24	104	0,046	1,55	708	523	426
Ouaka à Bambari	29730	915	1,50	379	0,029	0,65	820	560	410
Tomi à Sibut	2610	250	1,38	99	0,048	1,80	665	529	405
Ombella à Bossélé	3020	252	1,29	94	0,057	2,93	700	517	380
Mbali à Boali (Usine)	4410	396	1,68	172	0,036	1,10	760	657	476
Mpoko à Bossélé-Bali	10460	558	1,54	234	0,038	1,25	720	583	355
Mpoko à Bimbo	25630	752	1,32	287	0,039	1,33	809	613	345
Lessé à Bombé	1300	224	1,75	99	0,054	2,31	730	446	357
Lobaye à Kédingué-Yawa	11170	585	1,56	247	0,046	1,55	1082	707	459
Lobaye à Mbata	30300	1070	1,73	471	0,036	0,96	1082	619	338

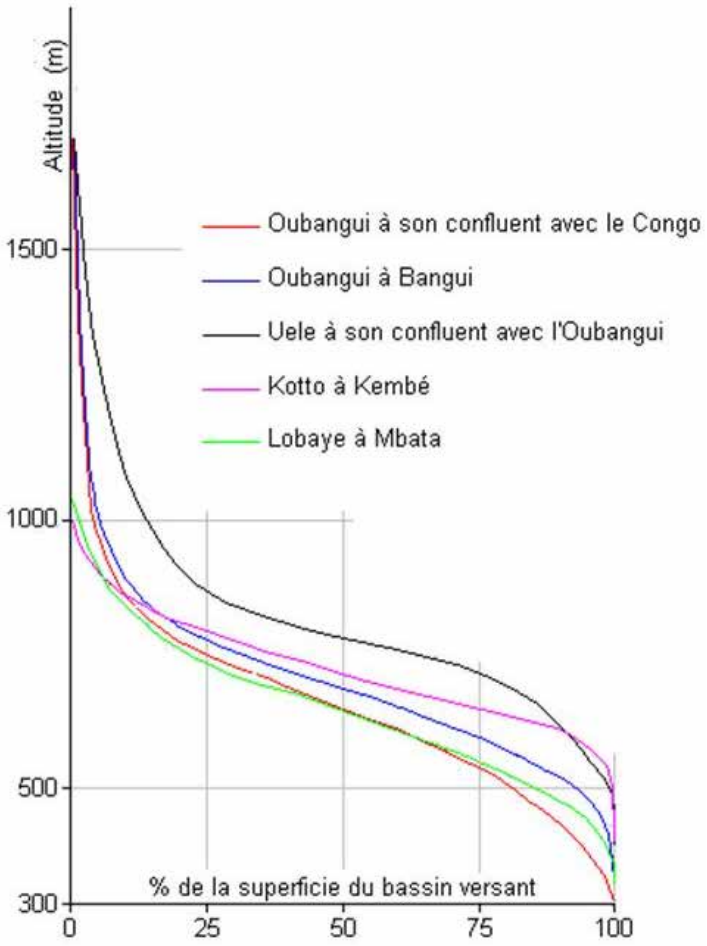


Figure 1-3

Hypsométrie de quelques bassins de l'Oubangui

1.3. - Réseau hydrographique (Fig. 1-4)

Pour ce sous-chapitre, nous nous référons à la *Notice explicative* de la *Carte oro-hydrographique à 1/1 000 000* (Y. Boulvert, 1987).

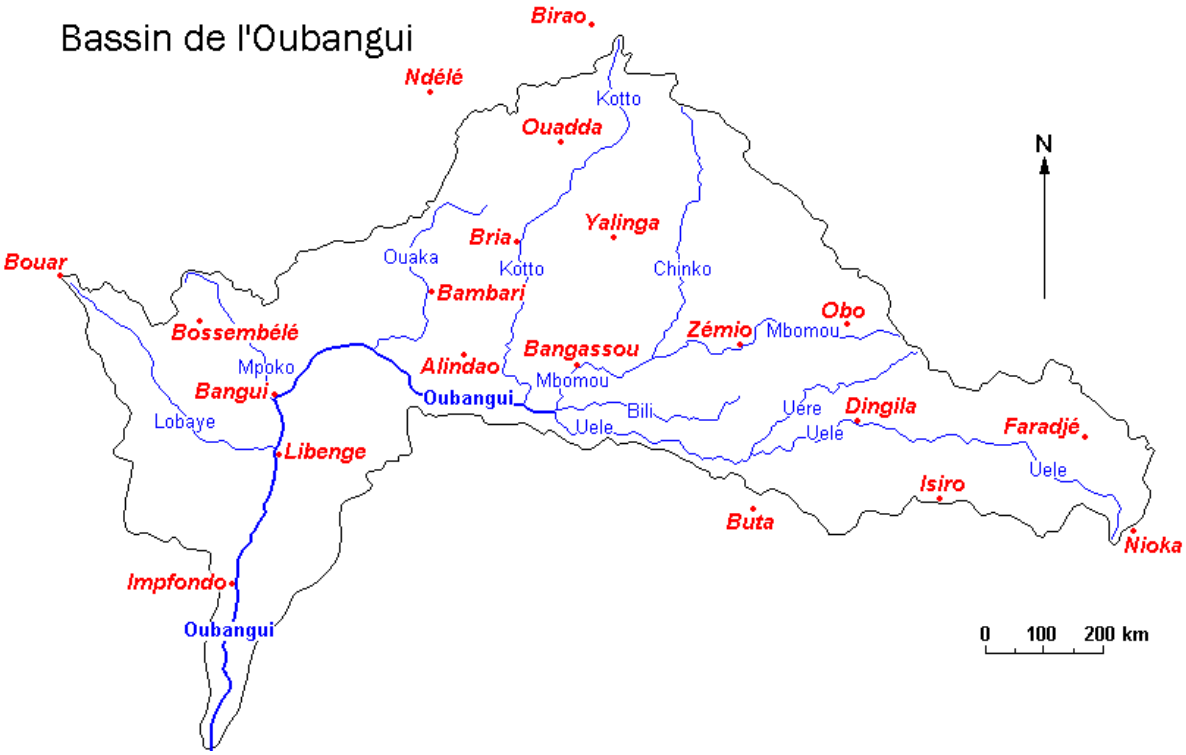


Figure 1-4

Réseau hydrographique principal

Le cours de l'Oubangui se divise en trois : Oubangui supérieur, moyen et inférieur.

- L'Oubangui supérieur est représenté par le Mbomou, l'Uele et leurs affluents.
- Le cours moyen commence au confluent Mbomou-Uele et se termine au confluent Oubangui-Lobaye, juste à l'aval du seuil de Zinga. Il ne reçoit presque uniquement que des affluents de rive droite dont les principaux sont la Kotto, la Ouaka, la Mpoko et la Lobaye.
- En aval de son confluent avec la Lobaye, l'Oubangui rejoint le Congo à travers une forêt marécageuse et un dédale d'îles : c'est le bas Oubangui (Oubangui inférieur), sans aucun tributaire important.

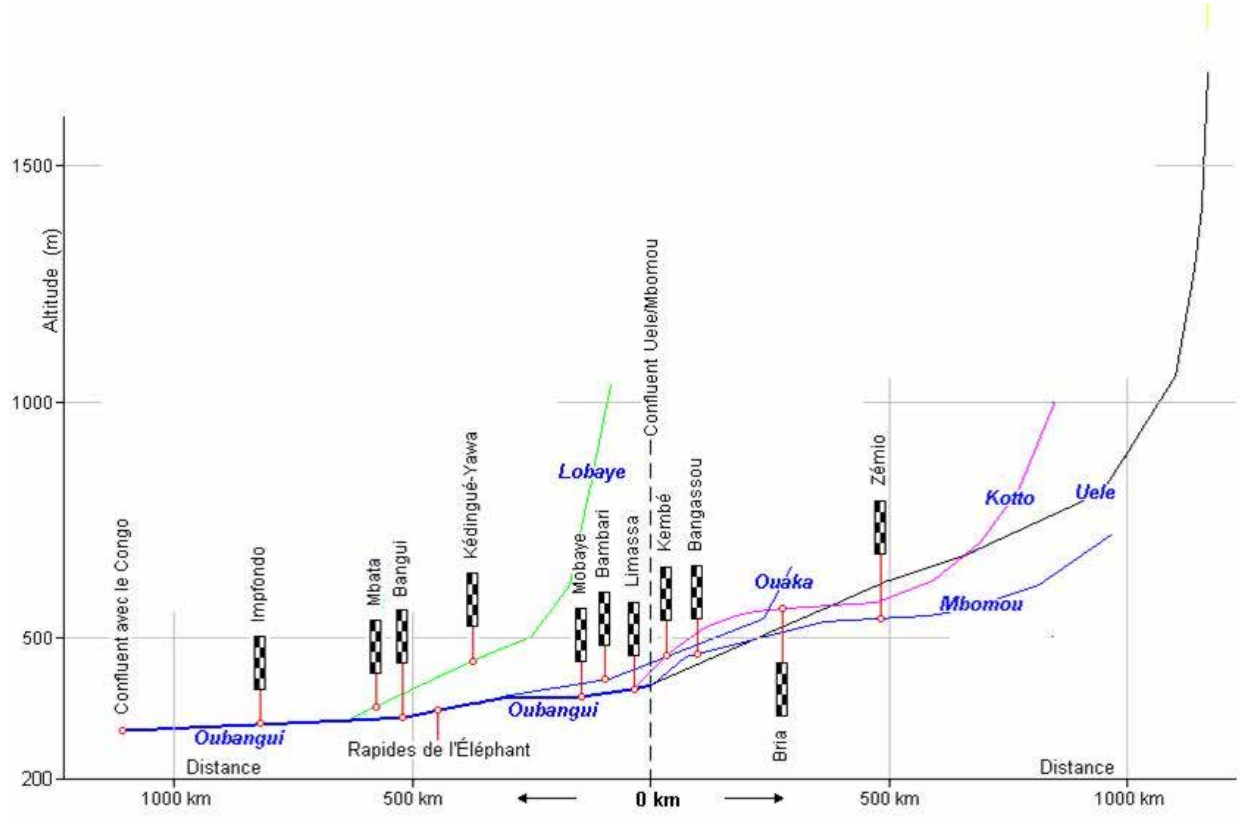


Figure 1-5
Profil en long de l'OUBANGUI et de quelques affluents

1.3.1. - L'Oubangui supérieur

1.3.1.1. - Le Mbomou et ses affluents

Le Mbomou est, avec l'Uele, l'affluent constitutif de l'Oubangui. Avec ses multiples méandres, il atteint une longueur de 966 km. Il prend sa source, vers 720 m d'altitude, au pied de la borne frontière 755, à la limite du Soudan, de la RDC et du Centrafrique près de la ville soudanaise d'Ezo. Son cours est orienté est-ouest.

À Kadjéma, il reçoit en rive droite le Mbokou, de longueur similaire : 235 km au lieu de 242 au confluent, ce qui avec une dénivelée de 144 m, représente une pente moyenne de 0,61 m/km puis la Kéré, longue de 171 km (pente moyenne 0,91 m/km), toujours en rive droite.

Ensuite vient son confluent avec la Bakalé, en rive droite, puis le Gwane en rive gauche. Dans cette partie, le Mbomou pourrait être encore navigable pour des embarcations de faible tirant d'eau : la mission Marchand l'avait emprunté pour rejoindre le Nil Blanc à Fachoda, via le Bahr el-Ghazal (Soudan).

À Dembia, il reçoit la Ouara (ou *Wura*), longue de 528 km, elle-même grossie de la Ngoangoa (ou *Goangoa*), longue de 264 km (pente moyenne 0,83 m/km). Rivières de régime temporaire dans leur partie amont, elles coulent tout d'abord en sens opposé, parallèlement à la frontière soudanaise. Jusqu'à environ 35 km du confluent avec le Mbomou, la Ouara a un profil d'équilibre presque parfait (Gérard et Mestraud, 1958) mais sa partie aval est parsemée de seuils rocheux en suite presque ininterrompue. La pente de la Ouara est de 0,58 m/km en amont de son confluent avec la Ngoangoa et seulement 0,19 m/km en aval.

En aval de Dembia, le Mbomou traverse quelques seuils rocheux, avant d'être rejoint par le Chinko, de cours nord-sud. Il importe de signaler une erreur de toponymie sur la carte IGN, qui baptise Chinko un de ses affluents. La rivière dénommée Pape (ou *Papa*) correspond au véritable Chinko.

Le cours du Chinko, long de 658 km, a été en grande partie suivi en 1911 par le capitaine Jacquier qui en détermina la source permanente à environ

910 m sur l'interfluve Congo-Nil.

Le Chinko, après un parcours de 296 km, reçoit le Botou (ou *Mbotou*) (longueur 164 km, pente moyenne 1,04 m/km) en rive droite puis le Vovodo (longueur 363 km, pente moyenne 0,70 m/km) en rive gauche. Ensuite son cours est entrecoupé de rapides jusqu'à Rafaï et même jusqu'à son confluent.

La pente moyenne du Chinko est de 0,64 m/km. Cette pente décroît comme suit :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source
	15	
8		
	2,4	
55		
	0,38	
296		Confluent avec le Botou
	0,23	
518		Confluent avec le Vovodo
	0,25	
636		Rafaï
	0,18	
658		Confluent du Mbomou

Le Mbomou franchit ensuite quelques rapides, puis entre dans le domaine de la forêt dense dite du Mbomou et atteint la ville de Bangassou, à 870 km de sa source. Une vingtaine de kilomètres plus loin, il reçoit le Mbari, en rive droite, dont le cours est long de 426 km. Cette rivière prend sa source vers 720 m d'altitude. Elle reçoit à gauche la Ganga, à droite le Kobou puis le Zako (ou *Nzako*) (longueur 156 km, pente moyenne 1,08 m/km). La pente moyenne du Mbari est de 0,57 m/km.

Après le confluent du Mbari, vient une série de rapides dont l'un a été baptisé *chutes Hanssens* en 1890, du nom du premier explorateur qui découvrit l'Oubangui le 18 avril 1884.

Un peu plus loin, le Bili rejoint le Mbomou en rive gauche. Cette rivière est entièrement en territoire congolais. Elle coule est-ouest. Son cours mesure 425 km, avec une pente moyenne de 0,76 m/km.

Une vingtaine de kilomètres plus bas se situe le confluent avec l'Uele et le début de l'Oubangui proprement dit.

La pente moyenne du Mbomou est de 0,34 m/km. Elle diffère suivant les tronçons de son cours :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source
	3,45	
11		
	0,45	
242		Confluent du Mbokou
	0,19	
352		Confluent du Kéré
	0,07	
488		Zémio
	0,17	
892		Confluent du Mbari
	1,46	
938		Ouango
	0,18	
966		Confluent avec l'Uele

Le profil d'équilibre paraît atteint depuis la source jusqu'au confluent du Mbari, mais il ne l'est plus en aval des rapides (Chutes Hanssens).

1.3.1.2. - L'Uele

Tout comme le Bili, l'Uele est entièrement situé en territoire congolais. L'importance respective des débits de l'Uele et du Mbomou fut au cœur de la rivalité coloniale franco-belge (Boulvert, 1985), il y a un siècle. En effet, premiers parvenus au confluent, avec Van Gele, les Belges s'efforcèrent de faire croire que le cours amont de l'Oubangui était le Mbomou et non l'Uele. L'envoyé français V. Liotard voulut démontrer qu'il n'en n'était rien en comparant les deux rivières. Les 21 et 24 avril 1892, il indique pour chaque rivière un débit de 751-758 m^3/s pour l'Uele et de seulement 676-455 m^3/s pour le Mbomou.

Pour V. Liotard, l'Uele est bien la branche mère de l'Oubangui.

En fait, lors de la convention franco-belge de 1894, les Belges, premiers occupants, feront admettre la frontière sur le Mbomou et on ne cherchera plus à comparer le débit des deux rivières. Nous constaterons plus loin, dans cette *Monographie*, que V. Liotard avait vu juste.

L'Uele, qui prend sa source vers 1 700 m d'altitude, a une longueur de 1 170 km. Son cours amont, jusqu'à Dungu (soit à 350 km de sa source) prend le nom de *Kibali*. La variation de la pente de l'Uele est la suivante :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source
	30	
10		
	10	
30		
	3,77	
83		
	1,38	
228		
	0,49	
350		Dungu
	0,40	
450		
	0,37	
720		
	0,43	
950		
	0,48	
1170		Confluent avec le Mbomou

Le principal tributaire de l'Uele est, en rive droite, l'Uere, long de plus de 400 km. Depuis ce confluent, il présente jusqu'à sa jonction avec le Mbomou, 370 km plus loin, un bassin versant particulièrement étroit d'environ 40 km de large.

1.3.2. - Le moyen Oubangui

1.3.2.1. - L'Oubangui proprement dit

Son cours est marqué par l'inexistence d'affluent conséquent en rive gauche.

La confluence Mbomou-Bili-Uele est caractérisée par des types d'eaux totalement différents sur chacune de ces rivières. Les photographies aériennes de l'IGN (008-009 Mission Bangassou NB34 V-1955-1956) montrent un banc de sable, l'île Bonzo, juste en aval du confluent. On note que les eaux du Uele, d'aspect gris foncé sur la photographie, encadrent cette île et repoussent vers le nord les eaux du Mbomou d'aspect gris plus clair. Les eaux du Bili apparaissent très sombres, probablement en raison de l'abondance des suspensions organiques, son bassin étant en grande partie situé en zone forestière. Les transports en suspension sont ainsi floculés et se déposent. Ces eaux forment un liséré, de largeur décroissante 100 m, 50 m ... séparant, sur plusieurs kilomètres en aval du confluent, les eaux de l'Uele de celles du Mbomou. Ceci est également très visible sur la figure 1-6 en couleurs, tirée de *Google Earth*. Nous retrouvons ici, à une échelle bien plus modeste, ce que l'on observe spectaculairement sur l'Amazone au confluent Rio Negro-Rio Solimões où les eaux noires du premier mettent plus d'une centaine de kilomètres pour se mélanger aux eaux chargées du second.

Figure 1-6

Confluence du Mbomou et du Uele : le début de l'Oubangui. Décrue 2005 (© Google Earth*)*

Le début de l'Oubangui : confluence du Mbomou et de l'Uele à Kemba. Basses eaux 1973 (*Photo Y. Boulvert*)

Avant de bifurquer vers le sud à Bangui, l'Oubangui suit une direction grossièrement est-ouest. La pente est faible, sa vallée présente après le confluent avec la Kotto, à Limassa, deux importants rétrécissements aux rapides de Satéma et de Mobaye.

Il s'infléchit vers le nord-ouest, reçoit la Bangui-Kété puis la Ouaka. Bientôt son cours s'oriente au sud-ouest. Il laisse au nord de cette "boucle" une plaine herbeuse parsemée de quelques rôniers. Cette plaine de Diguili, large de 1 à 4 km, s'allonge sur près de 40 km, parallèlement à la rivière. Il s'agit là d'un ancien bras comblé par les alluvions sableuses ; certains ont pu y voir les traces d'un ancien lac central (lac Liba ou *Fiba*).

Ce brutal changement de direction de l'Oubangui fait ressortir de temps à autre l'hypothèse (Borgniez, 1935) d'un ancien déversement vers le Chari ou d'une capture de l'Oubangui par un petit affluent de la Mpoko (Wauters, 1894-1914) à travers les rapides de Bangui-Zongo.

L'Oubangui reçoit la Kémo à Possel, puis l'Ombella avant d'entrer dans une zone de défilés ; son lit se rétrécit à seulement 400 m à Palambo. Vient ensuite une série de rapides dont les plus importants sont, de l'amont vers l'aval, ceux de Mokangé, de l'Éléphant et enfin ceux de Bangui-Zongo.

Les rapides de l'Éléphant à Palambo. Début de la crue 1976 (*Photo Y. Boulvert*)

C'est au droit des rapides de Bangui-Zongo qu'un poste fut fondé en juin 1889. Il fut baptisé par A. Dolisie du nom de « Bangui » qui signifie, en langue bobangui : « les Rapides ».

Basses eaux 1990 Hautes eaux 1988

L'Oubangui à Bangui. Photographies prises depuis le sommet de l'Hôtel Oubangui (*Photos Y. Boulvert*)

À la sortie de Bangui, l'Oubangui reçoit la Mpoko, grossie de la Pama. Obliquant plein sud, il pénètre dans un appendice de la plaine congolaise et rencontre son ultime obstacle à Zinga. Aussitôt après, il reçoit son dernier gros affluent, la Lobaye.

Le cours du Moyen Oubangui a une longueur de 638 km. Sa pente moyenne est de 0,10 m/km, se décomposant en divers tronçons :

Distance (km) à l'origine	Pente (m/km)	
0		Confluent Mbomou-Uele
	0,04	
45		

	0,10	
84		
	0,09	
151		Mobaye
	0,06	
327		
	0,19	
417		Possel
	0,17	
447		
	0,16	
532		Bangui
	0,03	
611		Zinga
	0,22	
638		Confluent avec la Lobaye

1.3.3. - Les affluents du moyen Oubangui

1.3.3.1. La Kotto

La Kotto (appelée aussi *Kouta* ou *Kota,* soit la « grande rivière ») a un cours de 882 km de long. Elle prend sa source à 1 000 m d'altitude dans le massif du Dar Chala, où elle n'a été localisée qu'en 1924 par la Mission Grossard-Pearson alors que son embouchure avait été repérée dès janvier 1888 par Van Gele.

Dirigé vers le sud, son cours, d'abord sinueux, se heurte à une succession de seuils.

Après les apports du Kawadjia (longueur 131 km, pente moyenne 2,37 m/km) et de la Koumou (longueur 114 km, pente moyenne 3,32 km) elle reçoit la Pipi (longueur 182 km, pente moyenne 1,76 m/km). Puis elle est rejointe par le Ndjii (ou *Dji*) (longueur 238 km, pente moyenne 0,66 m/km) et, avant Bria, par la Boungou (longueur 282 km, pente moyenne 1,13 m/km).

Les gorges de la Pipi, situées à 20 km au nord de Ouadda. Basses eaux 1973 (*Photo Y. Boulvert*)

Entre Bria et Ira-Banda, la vallée, orientée nord-sud, est large mais ensuite plusieurs étranglements rocheux l'entrecoupent d'accidents : chutes de Ngolo, couloir du Lindiri, rapides de Mboutou et enfin chutes de Kembé, pour ne citer que les principaux. Les chutes de Kembé, avec leurs vingt mètres de dénivellation, ont fait depuis longtemps l'objet d'études pour une utilisation hydroélectrique.

Basses eaux 1972 Hautes eaux 1972

Les chutes de la Kotto à Kembé (*Photos © IRD – Y. Boulvert*)

La pente moyenne, sur les 882 km, est de 0,69 m/km. En fait, elle se répartit ainsi dans les divers tronçons :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source
	5,8	
20		
	1,39	
189		
	0,56	
257		
	0,40	
341		
	0,21	
419		
	0,51	
486		
	0,16	
596		
	0,36	
652		
	0,58	
772		
	1,37	
807		Kembé
	0,12	
882		Confluent avec l'Oubangui

Ces diverses fluctuations de pente indiquent que la Kotto convient mieux aux aménagements hydroélectriques qu'à la navigation.

1.3.3.2. La Bangui-Kété

La Bangui-Kété (ou *Bangui-Kette* ou *Bangi Kette*) prend sa source au nord-ouest de Mingala, vers 560 m d'altitude. Près de Gounouman, elle reçoit l'Euwou, puis traverse la ville d'Alindao, avant de rejoindre l'Oubangui après un parcours de 232 km. Sa pente moyenne est de 0,8 m/km. Son profil d'équilibre est pratiquement atteint en amont d'Alindao.

1.3.3.3. La Ouaka

La Ouaka a un cours moins long et moins complexe que celui de la Kotto. Elle prend sa source vers 650 m, au sud-ouest du plateau d'Ouadda. Coulant d'abord vers le sud-ouest, elle oblique ensuite vers l'ouest-nord-ouest dans la direction du Koukourou, donc du bassin tchadien. Il est possible que la Ouaka se soit autrefois déversée dans cette direction (Borgniez, 1935, Bessoles, 1962).

Elle reçoit en rive droite la Youhamba, de 95 km de cours (pente moyenne 2,5 m/km) et se dirige ensuite vers le sud, après avoir reçu l'apport de la Baïdou, de 221 km de longueur (pente moyenne 0,95 m/km). La Baïdou reçoit, avant son confluent, les apports de la Kouchou puis de la Youngou.

La Ouaka traverse Bambari. Ensuite sa vallée s'élargit et elle se jette dans l'Oubangui après un cours de 611 km. Sa pente moyenne, 0,47 m/km, décroît régulièrement de l'amont vers l'aval :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source
	1,6	
14		
	1,4	
46		
	0,37	
129		
	0,36	
300		Bakala
	0,40	
385		Bambari
	0,23	
611		Confluent avec l'Oubangui

1.3.3.4. - La Kémo

Cette rivière est formée de la réunion de la Kouma et de la Tomi. Le cours proprement dit de la Kémo n'est que d'une dizaine de kilomètres. La Kouma est longue de 258 km. Sa source est à environ 600 m d'altitude et sa pente moyenne 1 m/km. Cette pente décroît progressivement de 5,6 m/km à 0,56 m/km.

La Tomi, qui passe à Sibut, a sa source vers 570 m. Elle est longue de 198 km, avec une pente moyenne de 1,1 m/km. La pente de cette rivière décroît régulièrement et la Tomi semble assez proche de son profil d'équilibre.

1.3.3.5. - L'Ombella

Appelée *Yambélé* dans sa partie amont, cet affluent de l'Oubangui prend sa source vers 600 m d'altitude. Elle reçoit le Bomi, traverse la route Damara-Sibut (pont du Km 105) et divague dans un flat marécageux, souvent boisé, avant de rejoindre l'Oubangui. Longue de 180 km, sa pente moyenne est de 1,4 m/km. Comme la Tomi, l'Ombella est assez proche de son profil d'équilibre.

1.3.3.6. – La Mpoko

La Mpoko prend sa source à 80 km au nord-nord-ouest de Bossembélé, vers 690 m d'altitude. Elle coule d'abord vers le nord, en direction de l'Ouham, mais un brusque changement, d'origine structurale, l'entraîne vers l'est-sud-est. Elle reçoit l'apport du Vélembou et oblique vers le sud, puis reprend la direction sud-est, dans le prolongement de son petit affluent, le Boué. Ensuite son cours s'encaisse et se trouve entrecoupé par une succession de rapides. Après avoir franchi la route Bangui-Bossembélé (pont de Bossélé-Bali), elle va recevoir l'apport de la Pama et se jeter dans l'Oubangui à l'aval immédiat de Bangui.

Sur la Mpoko, en 1965 (*Photo Y. Boulvert*)

Son principal tributaire, la Pama, est, au confluent, d'un débit supérieur à la Mpoko. En toute logique, le cours inférieur de la Mpoko devrait s'appeler Pama !

Longue de 350 km, la Mpoko a une pente moyenne de 1 m/km. Les variations de la pente de cette rivière sont :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source
	12,5	
4		
	1,5	
27		
	0,8	
214		
	2,7	
239		
	0,16	
305		Route Bangui-Bossembélé
	0,22	
350		Confluent avec l'Oubangui
0		Source
	12,5	
4		
	1,5	
27		
	0,8	
214		
	2,7	
239		
	0,16	
305		Route Bangui-Bossembélé
	0,22	
350		Confluent avec l'Oubangui

Le confluent de la Mpoko et de l'Oubangui (*Photo Y. Boulvert*)

1.3.3.6.1. - *La Pama*

La Pama est le principal tributaire de la Mpoko. Son débit annuel supérieur à celui de la Mpoko, comme nous le verrons au chapitre 5. Prenant sa source vers 740 m, au sud de Yaloké, elle coule d'abord vers le sud-est. Une succession de rapides précédés d'une première chute de 5 m la fait obliquer vers le sud. À une centaine de kilomètres de sa source, elle s'incurve vers l'est et franchit une succession d'arêtes rocheuses. Elle reçoit l'apport de la Mbi. Son cours, d'aspect très contourné en méandres, prend de l'ampleur en lisière de la forêt dense humide. Elle reçoit la Mbali puis se jette dans la Mpoko.

Galerie forestière le long de la Pama. Novembre 1964 (*Photo Y. Boulvert*)

Son cours, long de 236 km, a une pente moyenne de 1,66 m/km. La pente de cette rivière varie comme suit :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source

	7,1	
7		
	1,95	
48		
	6,7	
54		
	4,3	
76		
	1,5	
120		
	0,7	
163		Confluent de la Mbi
	0,18	
207		Confluent de la Mbali
	0,31	
236		Confluent avec la Mpoko

1.3.3.6.2. - *La Mbi*

Elle prend aussi naissance près de Yaloké, vers 790 m d'altitude. À 110 km de sa source, elle chute spectaculairement de 57 m. Longue de 200 km, sa pente moyenne est forte : 2,1 m/km.

Les chutes de la Mbi. Août 1985 (*Photo Y. Boulvert*)

Les variations de la pente de la Mbi sont :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source
	10,0	
7		
	0,8	
90		
	0,21	
109		Chutes

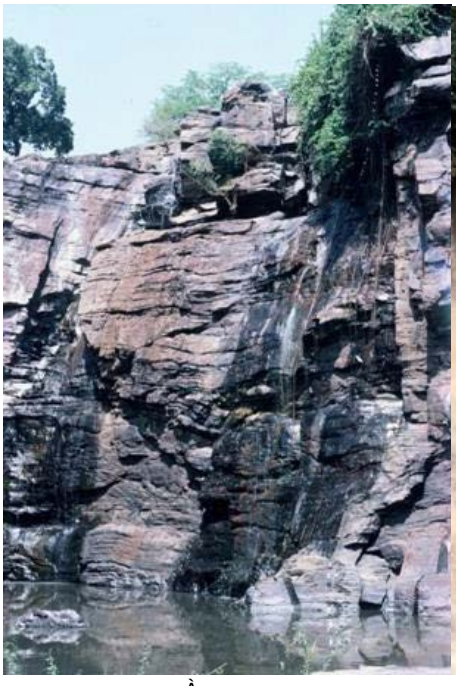
	4,55	(dénivelée : 57 m)
153		
	1,7	
200		Confluent avec la Pama

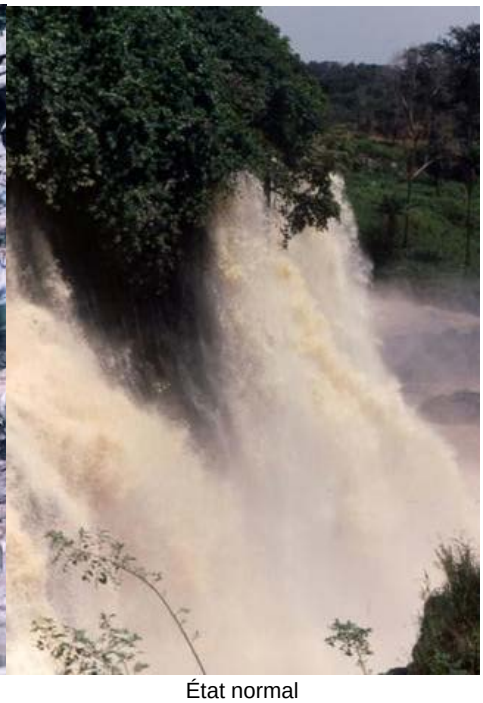
1.3.3.6.3. - *La Mbali*

La Mbali. Mai 1989 (*Photo Y. Boulvert*)

La Mbali (ou *Lim*) prend sa source vers 720 m. Son cours, dirigé d'abord vers le nord-est, s'infléchit progressivement vers le sud-est. À 190 km de sa source, elle tombe, en plusieurs chutes, de 120 m (Boali II et surtout Boali I). Ces chutes sont aménagées pour la fourniture d'une bonne partie de l'électricité de la ville de Bangui. Un barrage (achevé en 1993), est construit, à l'amont des chutes, afin de soutenir un débit d'étiage souvent déficient. Son aménagement correspondant, Boali III, n'est toujours pas relié au réseau.

Les chutes de Boali. Décembre 1964 (*Photo Y. Boulvert*)





À sec (tout le débit est turbiné). Mai 1989 — État normal Janvier 1986 .

Les chutes de Boali (*Photos Y. Boulvert*)

Après un cours de 275 km, la Mbali se jette dans la Pama. Sa pente moyenne est de 1,35 m/km. La pente du cours d'eau varie comme suit :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source
	3,6	
11		
	0,72	
178		
	5,0	
186		Amont des Chutes
	10,9	
195		Aval des Chutes
	0,63	
275		Confluent avec la Pama

1.3.3.7. - La Lobaye

La Lobaye est une belle rivière, qui draine une partie du plateau gréseux de Carnot et son important réservoir hydrogéologique. Elle est navigable sur près de 118 km, au milieu de la forêt équatoriale, tandis que son cours amont est entrecoupé de rapides et de chutes. Vu son débit moyen annuel conséquent, des aménagements hydroélectriques pourraient y être réalisés, plus particulièrement sur les seuils rocheux de son cours surimposé au travers du plateau de Boukoko (entre le confluent de la Mbaéré et les chutes de Loko-Safa).

Rapides sur la Lobaye, près du pont SCAD (*Société Centrafricaine de Déroulage*). Décembre 1987 (*Photo Y. Boulvert*)

C'est la plus régulière des rivières du bassin oubanguien. L'orientation de son cours est nord-ouest-sud-est. Elle prend sa source tout près de Bouar, vers 1 040 m d'altitude et porte le nom de *Bali* jusqu'à Baoro. Sur ce tronçon, son cours est d'abord franchement torrentiel, puis se stabilise un peu. Après quelques rapides (à 78 km de sa source), elle coule dans une large vallée en forme de U.

Vallée encaissée du cours supérieur de la Lobaye. Décembre 1987 (Photo Y. Boulvert)

La Lobaye reçoit, en rive gauche, la Toubaye (longueur 88 km, pente moyenne 5,1 m/km), la Losi (longueur 74 km, pente moyenne 3,45 m/km), puis la Topia (longueur 120 km, pente moyenne 2,4 m/km), en rive droite.

Après son confluent avec la Topia, la Lobaye présente quelques seuils rocheux avant de s'assagir à nouveau au sud du 4ème parallèle, sous couvert forestier.

Elle reçoit, en rive droite, la Mbaéré (ou *Gbali*), dont le cours est long de 272 km, avec une pente moyenne de 1,6 m/km. La Mbaéré est grossie du Bodingué. Ces deux rivières, ayant atteint leur profil d'équilibre, coulent dans une plaine marécageuse large de plus de 2 km.

La Mbaéré (*Photo Y. Boulvert*)

La Lobaye, au lieu de continuer son chemin sud-sud-est pour rejoindre la Likouala-aux-Herbes (comme on le croyait au début du siècle) ou la Tokele-Ibenga, oblique brusquement vers l'est. Là commence une succession de chutes et de rapides jusqu'au sud de Mbaiki.

Le dernier seuil, près de Loko-Safa. Avril 1990 (*Photo Y. Boulvert*)

Elle rentre ensuite dans la grande plaine oubanguienne et devient navigable jusqu'à l'Oubangui où elle se jette à la pointe Germanie, dont le nom évoque l'occupation allemande de 1912 à 1914.

Sur le parcours navigable, les stations hydrométriques servent à chaque industrie forestière pour connaître le niveau de la rivière afin de savoir s'il est possible d'expédier leur production par cette voie d'eau. Seule la station de Mbata est de référence hydrologique.

Notons enfin une hypothèse relevée par S. Pieyns sur une publication probablement belge : autrefois la Mambéré (affluent de la Sangha) aurait été un tributaire de la Lobaye. Elle aurait été capturée par la Sangha suite aux variations du niveau du fleuve Congo au Stanley Pool.

Plaine de la Lobaye à Loko-Safa. Décembre 1987 (*Photo Y. Boulvert*)

La Lobaye a un cours de 538 km, d'une pente moyenne de 1,25 m/km. La pente de ce cours se répartit comme suit :

Distance à la source (km)	Pente (m/km)	
0		Source
	17	
14		
	2,4	
64		
	5,8	
78		
	3,3	
90		
	0,82	
157		Zaoro-Yangua
	0,37	
278		Kédingué-Yawa
	0,57	
378		Confluent de la Mbaéré
	0,73	
460		
	0,17	
498		Mbata
	0,16	
538		Confluent avec l'Oubangui

1.3.4. - Le bas Oubangui

Peu après le confluent de la Lobaye, l'Oubangui sert de frontière entre le Congo et la RDC. Vers le parallèle 2° nord, il entre, bordé de part et d'autre par une forêt marécageuse, au cœur de la cuvette congolaise. Les nombreuses îles et bancs de sable de son lit mineur rendent la navigation difficile, surtout en basses eaux. L'Équateur franchi, il se jette dans le Congo (ou *Zaïre*) à travers un dédale d'îles, comme le montre la figure 1-7.

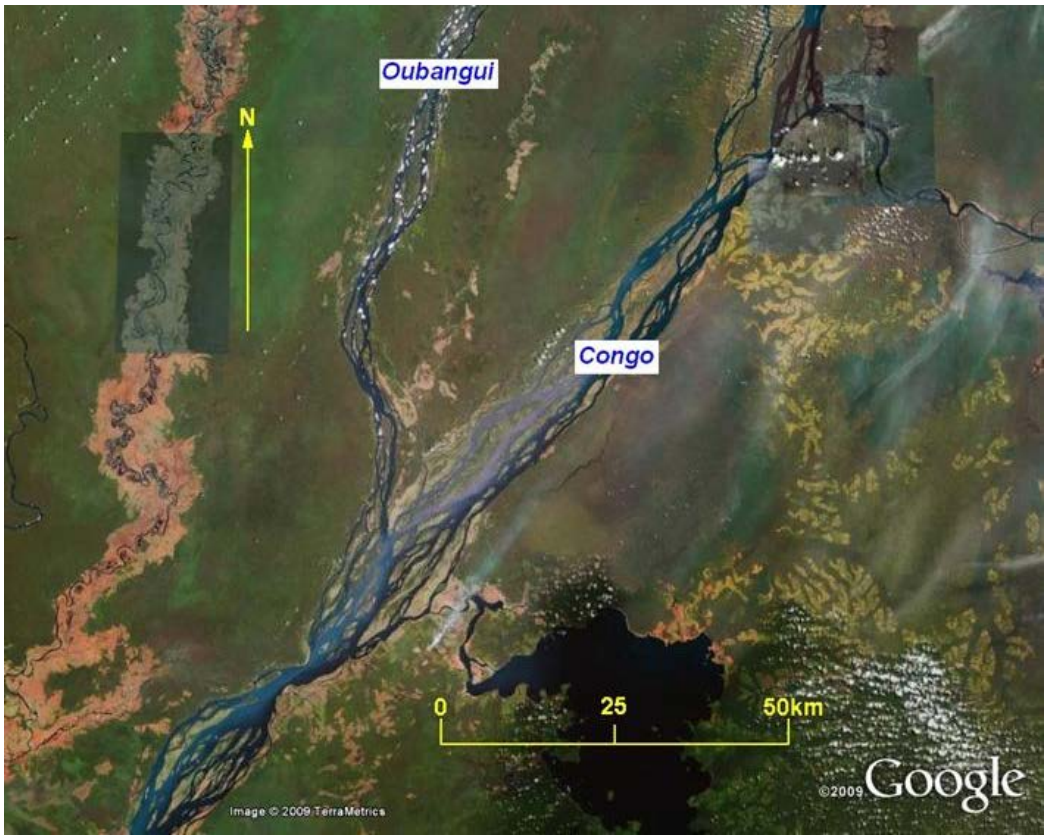


Figure 1-7
Confluence Oubangui-Congo. Avril 2008 (© Google Earth*)*

La longueur du Bas Oubangui est de 470 km avec une pente de 0,06 m/km.

.Confluence Oubangui-Congo. Mai 1992 (*Photo © IRD – A. Laraque*)

1.4. - Géologie du bassin de l'Oubangui-Uele (Fig. 1-8)

1.4.1. Introduction : Historique - Généralités

La géologie du bassin de l'Oubangui restait totalement inconnue il y a un siècle encore. Progressivement, des échantillons furent ramenés par des explorateurs, des officiers ou des administrateurs qui les firent examiner par des spécialistes. Citons L. Lacoin (1903), F. Foureau (1905), H. Courtet (1907), J. Cornet (1909) ... Du côté congolais, les premières explorations géologiques sont celles de J. Henry (1899, 1900) puis Preumont (1902) (*in* L.

Cahen et J. Lepersonne(1951)), dans l'Ituri-Uele. Les premiers essais de synthèses y sont dus à P. Fourmarier (1932), L. Cahen et J. Lepersonne (1951), J. Lepersonne avec G. Trottereau (1974). Des travaux complémentaires ont été effectués par le BRGM dans l'Équateur (Thibaut, 1983) et l'Uele (inédit).

De la même façon, la cartographie dans l'ex-AEF a donné lieu à des approximations successives depuis E. Loir (1918), M.E. Denaeyer et Carrier (1928, 1935), P. Legoux et Hourcq (1943), M. Nickles (1952), G. Gérard (1958). Pour le Centrafrique plus particulièrement, la présentation sera effectuée à partir de la synthèse de J.L. Mestraud (1963), Mestraud et Bessoles (1982) complétée par le CEA, mais aussi J.L. Poidevin (1977 et à paraître), M. Cornacchia et L. Giorgi (1986), Cornacchia et *al* (1990) C. Censier (1989). À l'échelle de l'Afrique, il ne faut pas omettre de rappeler les cartes de synthèse au 1 : 5 000 000 éditées par l'Unesco en 1968 (G. Choubert) et 1982 (J. Sougy en dirigeait le comité de rédaction).

En première approximation, les parties basses du bassin de l'Oubangui constituent une portion de la cuvette congolaise formée de ceintures annulaires de dépôts sédimentaires étalées du Mésozoïque au Quaternaire. Les parties hautes du bassin reposent sur la dorsale précambrienne qui sépare les trois grands bassins africains : Congo-Tchad-Nil. Les diverses unités géologiques seront présentées régionalement à partir des synthèses de J.L. Mestraud et de J. Lepersonne, complétées des apports récents.

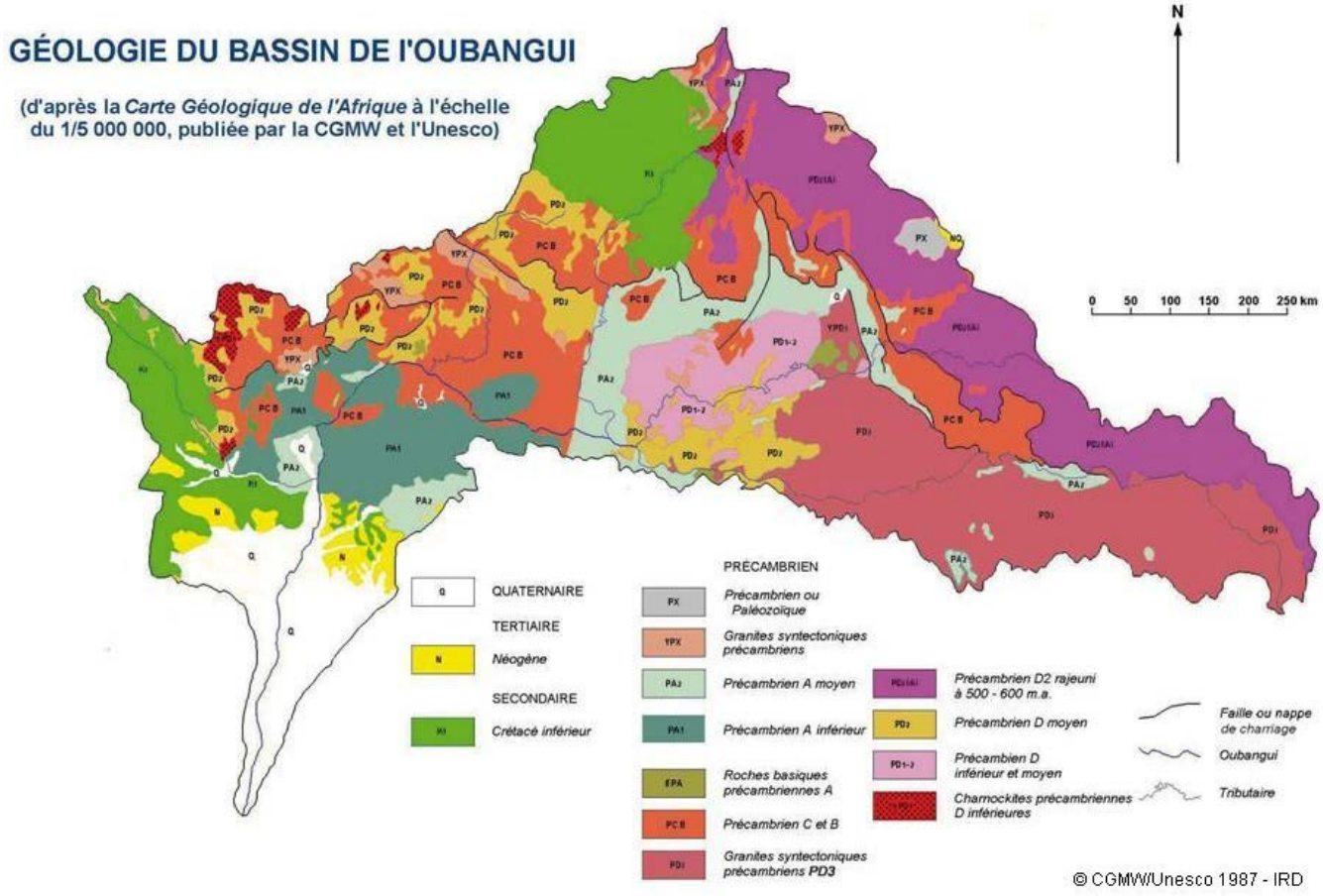


Figure 1-8
Carte Géologique du Bassin de l'Oubangui

On peut voir qu'en un demi-siècle, les interprétations du Précambrien ont largement varié. À la conception de bouclier africain continu, s'est substituée la notion de cratons multiples séparés par des ceintures orogéniques plissées résultant de longues sédimentations dans les géosynclinaux occupant les zones mobiles intermédiaires. Citons les orogenèses éburnéenne (1850 ± 250 MA), kibarienne (1200 ± 100 MA) ou panafricaine (550 ± 100 MA). En fait il peut exister des noyaux archéens (2500 à 2800 MA) ou catarchéens (> 3000 MA) résiduels, non ou peu touchés par les orogenèses successives. Les radio-datations doivent progressivement permettre de résoudre ce problème complexe. En attendant, les méthodes de radio-datations ont évolué et il importe de bien savoir ce que l'on mesure : minéral, roche, âge du dépôt, âge du métamorphisme.

1.4.2. - Géologie de la partie centrafricaine du bassin Oubanguien

1.4.2.1. Formations de couverture

Dans la première synthèse géologique du Centrafrique, J.L. Mestraud (1963), Mestraud et Bessoles (1982) évoque des dépôts quaternaires alluviaux mais n'en représente pas pour le bassin oubanguien, entièrement constitué par le socle précambrien, à l'exception de deux placages de grès mésozoïques, horizontaux et non métamorphiques. L'un formé par les grès de Carnot-Berbérati représente l'appendice septentrional de dépôts largement répandus dans la cuvette congolaise. Ces plateaux gréseux se situent à cheval sur les bassins de la Sangha et de la Lobaye, rivière profondément incisée au travers, souvent jusqu'au socle. Cette série fluvio-lacustre de grès fins à moyens, à stratifications entrecroisées, serait recouverte localement de sables et limons sableux de teinte beige et d'origine éolienne probable. La série correspondante dite des « plateaux de Bambio » se poursuivrait au nord Congo où elle serait l'homologue de la série des plateaux Batékés, reliée au Continental Terminal et par conséquent cénozoïque.

De la même façon, sur une superficie équivalente de 30 000 km^2, une bonne partie du bassin supérieur de la Kotto, au nord du bassin oubanguien est recouverte par les placages gréseux de Mouka-Ouadda, dont l'extrémité NW se rattache au bassin tchadien. Essentiellement constitués de grès blancs ou ocre, à ciment kaolineux et à stratifications entrecroisées, ces grès mésozoïques comportent également des bancs grossiers à galets de quartz ou quartzites et, au sommet, une carapace latéritique. Contrairement au plateau de Carnot, l'ensemble est massif, les rivières y sont peu incisées, même la Kotto. L'ensemble de ces grès est profondément altéré en sables, perméables par conséquent. Aussi ces deux plateaux gréseux constituent-ils deux réservoirs hydrogéologiques essentiels pour le bassin oubanguien.

1.4.2.2. - Socle précambrien. Groupe supérieur

J.L. Mestraud relate les interprétations successives de la constitution du socle précambrien au Centrafrique. En 1964 on reconnaissait une distinction essentielle entre un « groupe supérieur » ou Précambrien A couvrant près de 50 000 km^2 dans le bassin oubanguien centrafricain et un complexe de base ou Précambrien D, couvrant 235 000 km^2 dans ce même bassin. Ce groupe supérieur se présente sous l'aspect de « bassins » relativement exigus étudiés séparément par les auteurs des diverses cartes géologiques de reconnaissances régionales au 1/ 500 000.

1.4.2.2.1. - *Série de Bangui-Mbaiki*

La série de Bangui-Mbaiki, qui s'étend sur les bassins inférieurs de la Lobaye, de la Mpoko et de l'Ombella, a une constitution lithologique très variée. Elle comporte en toutes proportions des faciès siliceux : grès feldspathiques, grès fins, grès-quartzites (cf. collines de Bangui), des faciès argileux (argilites, schistes argileux, séricito-schistes) et des faciès carbonatés (calcaires massifs, dolomitiques, parfois totalement silicifiés : cherts des rapides de Zinga). Des intrusions basiques très variées et des filons de quartz traversent indifféremment tous ces faciès. La stratigraphie adoptée en 1958 par G. Gérard : série (carbonatée) de Bobassa surmontant la série (gréso-quartzitique) de Mbaiki rend insuffisamment compte de la complexité de cet ensemble qui se prolonge en RDC dans la boucle de l'Oubangui. Là, en 1950, B. Aderca retenait au-dessus du complexe de base :

- un groupe de la Bembé (ou Liki-Bembé) avec trois systèmes :
  - système supérieur (schistes phylladeux intercalés de schistes calcaires),
  - système moyen (quartzites essentiellement),
  - système inférieur (phyllades avec poudingues, quartzites intercalés) ;
- lui-même surmonté par le groupe de l'Ubangi :
  - système supérieur (quartzito-gréseux essentiellement),
  - système inférieur (schisto-gréso-calcaire).

La série de Bangui-Mbaiki est affectée de plissements et d'importants phénomènes de fracturation.

1.4.2.2.2. - *Série de la Ouakini*

La série de la Ouakini (ou *Wakini*) du nom d'un petit affluent de la rive droite de l'Oubangui, au sud de Bianga, a été individualisée par F. Fogliérini et J.L. Mestraud (1953). Elle comporte des quartzites francs, des grès-quartzites, des quartzito-schistes, des séricito-schistes et des conglomérats. Les changements de faciès considérables compliquent l'établissement d'une stratigraphie. Outre le moindre degré de métamorphisme, cette série, à directions tectoniques est-ouest, s'individualise du complexe de base dont les structures sont subméridiennes.

1.4.2.2.3. - *Séries de Fouroumbala, de la Banga, de la Tandja, de la Kosho et du Moyen-Chinko*

Cet ensemble dénommé d'abord "série faiblement métamorphique" et couvrant 20 000 km^2, s'étend au nord du « Groupe de l'Ubangi » (Aderca, 1950) entre Mobaye et Satéma : les grès-quartzites, faciès dominant de la série de Fouroumbala, paraissaient être le prolongement du système supérieur quartzitique, tandis que les cherts de Kassa représentaient d'anciens faciès carbonatés silicifiés correspondant au système inférieur schisto-gréseux-calcaire. Des séries similaires étaient identifiées dans les années 50 dans les bassins de la Banga (au SE de Bria), de la Tandja (près du Nzako au SW de Yalinga). De même à l'est de Yalinga, était identifiée une série schistoquartzitique faiblement métamorphique, la série de la Kosho, caractérisée par la fréquence de crêtes de grès-quartzites intercalées dans les formations schisteuses. De même également plus à l'est, un ensemble pélitique, comportant des séquences arénacées et calcareuses, peu métamorphique mais fortement tectonisé : série du Moyen-Chinko. Enfin, au nord de Zémio, un bassin isolé de formations épimétamorphiques, la série de Morkia. À l'est du bassin oubanguien, cette série occupe cinq bassins couvrant près de 5 000 km^2. Elle est essentiellement formée de grès-quartzites plus ou moins sériciteux, les niveaux schisteux étant rares et peu épais. Le paysage en collines allongées se relayant les unes les autres, tranche sur la pénéplanation très généralisée du complexe de base. J.L. Mestraud envisageait l'hypothèse d'une compression de dépôts de couverture dans des sillons plus ou moins subsidents. Les grès de Fouroumbala étaient notamment représentés, encadrés par un réseau de fracturation nord-sud et est-ouest.

Ainsi les formations du groupe supérieur sont constituées de sédiments détritiques arénacés ou pélitiques, secondairement carbonatés. On y relève des faciès épimétamorphiques, signes d'une recristallisation. De véritables plissements ou du moins une fracturation intense affectent cet ensemble de formations de couverture. Les seules manifestations magmatiques qui y sont signalées, sont des intrusions basiques et des filons de quartz.

1.4.2.3. - Socle précambrien. Complexe de base : faciès cristallophyllien

Le complexe de base occupe les deux tiers de la partie centrafricaine du bassin oubanguien. On pourrait dans un premier temps y différencier les « séries quartzo-schisteuses » ou « schisto-quartzitiques » du « complexe granito-gneissique ». En pratique, les divers faciès cristallophylliens seront présentés

dans l'ordre approximatif de la succession stratigraphique.

1.4.2.3.1. - *Séricito-schistes et chlorito-schistes*

J.L. Mestraud (1963), J.L. Mestraud et B. Bessoles (1982) indique en premier lieu un ensemble épimétamorphique où prédominent séricito-schistes et chlorito-schistes. De nombreuses intrusions basiques sont associées à ces formations que l'on observe au SW de Yalinga (vallées Mbari-Nzako) ainsi que dans les bassins moyens du Chinko-Vovodo et inférieurs de la Ouara. Bien qu'en aucun point n'ait été signalée la présence caractéristique d'une schistosité oblique sur la stratification, J.L. Mestraud relevait que l'attribution de ces faciès épimétamorphiques au complexe de base ne s'était pas faite sans hésitations. L'examen de la carte géologique montre l'étroite liaison spatiale qui existe entre les bassins du groupe supérieur et les séricito-schistes et chlorito-schistes.

1.4.2.3.2. - *Quartzites*

Micaschistes et quartzites ont été cartographiés séparément bien que leur association spatiale et stratigraphique soit générale. J.L. Mestraud (1963) a représenté d'importants secteurs du bassin oubanguien centrafricain en quartzites Les intercalations de micaschistes n'en sont pourtant jamais absentes et *il est probable même que l'altération latéritique a souvent conduit à sous-estimer la puissance de ces assises phylliteuses*.

Deux grandes catégories de quartzites sont distinguées :

- les quartzites à grain fin dont est constituée la majeure partie de la séquence siliceuse supérieure et par conséquent les grandes aires d'affleurement (cf. séries de la Mbi, de Mobaye, étage supérieur de la Côte des Singes) ;
- les quartzites vitreux à gros éléments (cf. faciès de Kalaga), surtout représentés dans l'est oubanguien, constituent des intercalations dans la mésozone inférieure ou la catazone. Ils sont représentés dans le bassin de la Mpoko, mais surtout sur près de 50 000 km^2 dans celui de la Ouaka qui se prolonge (via Bria) jusqu'à Yalinga. Dans l'est, leur extension est faible mais ils se remarquent dans le paysage. Ainsi les monts Méringué constituent une véritable « lame de quartzite » à muscovite, les monts Ayebouahimi forment une grande dorsale de poudingues quartzeux à muscovite (conglomérat interstratifié). Dans le bassin supérieur de la Kotto les quartzites vitreux sont bien individualisés sous le « groupe supérieur du Bahr-Kwadjia », assimilé sur la carte Unesco (Sougy, 1982) au Précambrien supérieur PA2, ainsi que dans le massif du Dar Chala, point de rencontre des trois grands bassins africains (Congo-Tchad-Nil) où on les observe en enclaves dans les granites syncinématiques.

1.4.2.3.3. - *Micaschistes*

Les micaschistes sont caractérisés par leur texture schisteuse sans litage apparent, leur structure lépidoblastique (*i.e*. en lamelles empilées) et la prédominance des éléments phylliteux sur le quartz. Les micaschistes dominent le long de la bordure orientale du plateau gréseux de Carnot depuis la vallée de la Lobaye jusqu'à Bossembélé, au nord de Bangui (cf. en RDC : complexe de l'Ubangi) et de Bogangolo vers Bouca où ils buttent vers le NE sur l'important massif granitique allongé SE-NW de Dékoa vers Batangafo. À l'est de Bambari, les quartzites laissent transparaître plusieurs boutonnières de micaschistes. À l'est de Mobaye, la série d'Atta s'allonge du sud vers le nord entre Kotto et Bangui-Kété. Un vaste secteur de micaschistes s'étend également dans l'Oubangui central depuis le cours du Mbari jusqu'aux sources du Mbomou. Il a été assez bien étudié par J.P. Wolff (1960, 1963) au SE de Yalinga, entre Mbari et Chinko. Ces formations se prolongent vers l'est entre Vovodo et Bita mais le sud-est très latérisé et surtout trop peu étudié n'a pas permis de préciser la limite avec le complexe gneissique de la Garamba en RDC.

1.4.2.3.4. - *Gneiss*

Étant donné que le front de migmatisation se situe à un niveau assez élevé dans la série cristallophyllienne, les aires d'affleurement gneissiques sont assez limitées dans les parties centrafricaines du bassin oubanguien. On les observe au nord de Boda, dans les bassins de l'Ombella et de la Tomi, ainsi qu'autour d'Ippy, Bria, Yalinga, entre Boubou et Chinko mais encore à l'est de Djéma dans les bassins Bita-Ouara, en direction du complexe gneissique de la Garamba.

1.4.2.3.5. - *Migmatites*

Contrairement aux gneiss, l'extension des migmatites dans le bassin de l'Oubangui est considérable ; elle correspondrait à une érosion extrêmement profonde du socle. Ces migmatites sont à trame gneissique, silico-alumineuse (on parle de gneiss-granitoïdes) ; on y distingue des embréchites à texture différenciée de type illée ou rubanée ou des anatexites à texture nébulitique (la foliation y a une allure irrégulièrement contournée et plus ou moins estompée).

Ces formations ont été identifiées au SW de Boda, NE de Bossembélé. Elles sont plus importantes autour de Grimari, depuis Bria et la Kotto, au long de la marge occidentale du plateau gréseux d'Ouadda, entre Ippy et la Baidou. Les migmatites de ce secteur ont été étudiées en détail par B. Bessoles (1962) pour sa thèse. Le plus vaste de ces ensembles s'étend à l'est du plateau gréseux d'Ouadda, depuis Yalinga jusqu'à l'interfluve Congo-Nil et au-delà. La série cristallophyllienne est très complète puisque l'on a pu y individualiser des micaschistes, des gneiss, des embréchites, des anatexites et des granites d'anatexie.

C'est ainsi que dans les hautes vallées de la Ouara et de la Ngoangoa, J. Gérard et J.L. Mestraud (1958, 1961) ont décrit un ensemble de migmatites qui enveloppe un important massif de granite d'anatexie. Une zone d'embréchites, puis d'anatexites, enveloppe de même le massif granitoïde de la haute Douyou. Dans sa synthèse, J. Sougy (1982) réunit gneiss et migmatites dans un vaste ensemble de « Précambrien D2 rajeuni à 500-600 MA ».

1.4.2.3.6. - *Amphibolites et amphibolo-pyroxénites*

On observe dans le bassin oubanguien des roches foncées à texture massive orientée dont la hornblende est le minéral le plus fréquent. À côté des amphibolites et amphibolo-pyroxénites, il peut s'agir de pyroxéno-amphibolites ou de pyroxénites. Il en existe des occurrences dispersées au sud-ouest de Grimari, à l'ouest de Bambari, au nord de Bria, surtout dans les hauts bassins de la Ouara et du Chinko, au sein de gneiss et surtout de migmatites.

Le plus important bassin de ce type s'étend entre Yakoma et Zémio est le « complexe amphibolo-pyroxénique du Mbomou ». Il est constitué, outre les quatre types de roches dénommées ci-dessus, de gneiss amphibolitiques, généralement à grenats, souvent à pyroxène, gneiss à biotite ou à muscovite et biotite, gneiss migmatitiques, passant au granite vers l'ouest, au niveau du confluent Mbomou-Uele. Cet ensemble gneissique du Mbomou est recoupé par des intrusions peu orientées, les unes acides granitiques, les autres basiques du type gabbrodoléritique. Mises en évidence le long des rivières, elles sont difficiles à délimiter en raison de l'important recouvrement latéritique qui masque ces formations.

1.4.2.3.7. - *Charnockites*

Ces roches caractéristiques des boucliers précambriens occupent au Centrafrique une superficie relativement considérable. On reconnaît ces roches de caractère catazonal à l'aspect verdâtre ou bleuté du quartz et à la teinte brun-miel ou cassonade des feldspaths, à éclat gras. La structure dite granulitique est la plus commune. Parmi les pyroxènes, l'hypersthène est caractéristique. Leur composition peut varier d'un pôle acide granitique à un pôle basique noritique.

. On les rencontre sur le pourtour du bassin oubanguien, sur près de 10 000 km^2 à l'ouest entre Yaloké et Bouca, avec des lambeaux isolés, plus à l'est, autour de Dékoa. On en retrouve également des témoins de près de 1 500 km^2 sur la bordure orientale du plateau gréseux d'Ouadda (cf. formation de la Voulou et du Dji).

Outre ces différents types de roches, J.L. Mestraud (1963) a cartographié en « formations cristallophylliennes indifférenciées, latéritisées » un secteur de roches métamorphiques variées, le plus souvent masquées sous un épais recouvrement cuirassé, situé au centre du complexe du Mbomou.

1.4.2.4. - Complexe de base : faciès cristallins

L'extension des formations granitiques est relativement considérable dans le bassin oubanguien. En première approximation, J.L. Mestraud (1963), J.L. Mestraud et B. Bessoles (1982) distinguaient les granites hétérogènes concordants, anciens et les granites en massifs circonscrits récents. Les granites hétérogènes concordants, syncinématiques ou d'anatexie montrent des signes de recristallisation. Leur texture est hétérogène, due notamment à la présence de faciès migmatitiques sur les bordures. Leur structure est souvent grenue et leur composition variable, fréquemment calco-alcaline.

Seule la source de la Lobaye se rattache au massif granitique de Yadé, prolongement de l'Adamaoua camerounais. Un second massif granitique d'environ 1 500 km^2 s'étend de Bogoin vers la Mpoko au NNW de Bangui. Un autre massif granitique s'allonge sur plus de 200 km de part et d'autre de l'interfluve Congo-Tchad autour de Dékoa. G. Pouit (1959) insiste sur sa « concordance presque parfaite dans le détail, bien que l'orientation générale (NW-SE) soit discordante vis-à-vis des directions (N-NE) des roches métamorphiques de la région ».

Plus à l'est, le granite de la Baidou présente une concordance parfaite avec l'encaissement cristallophyllien. Nous avons pu montrer qu'il se prolongeait vers le NW, parallèlement à celui de Dékoa, au delà de Bakala et de 20° E. Il reste séparé du granite de Grivaé-Pamia par les quartzites des Mbrés. De petites intrusions granitiques s'observent également à l'est de Bambari (gr. de la Lihoua) au N.E. d'Alindao (gr. de Bago), au nord d'Ippy (gr. de la haute Bali). On signale également de nombreuses manifestations granitiques au sein du complexe amphibolo-pyroxénique du Mbomou. Outre les pointements granitiques de Yalinga, d'autres secteurs granitiques ont été évoqués au sein de l'ensemble migmatitique de l'interfluve Congo-Nil : granites de la haute Kotto, ainsi que granites d'anatexie de la Ouara-Ngoangoa et de la haute Douyou.

Les granites centrafricains en massifs inconscrits sont rares sur le versant oubanguien. Celui de la Libby (ou *Libi*, au NNE de Damara) se signale par sa morphologie en un réseau dense de dômes et de pains de sucre qui tranchent nettement sur la pénéplaine de l'Ombella. On peut citer pour mémoire les petits massifs de la Mbolen (au NE des chutes de Boali), de Yalinga et du Chinko-Vovodo (au NW de Djéma).

En liaison avec le complexe de base, on peut également rencontrer des « intrusions basiques recristallisées » ou métabasites, essentiellement représentées par des dolérites ou des gabbros. Citons les intrusions du bassin de la Pama (ortho-amphibolites à grenats), celle du massif de Goubadja sur la Baidou, celle du sud d'Alindao, de Zémio (cf. cours inférieur de la Ouara), du SW de Yalinga et du Chinko.

1.4.3. - Géologie de la partie congolaise du bassin oubanguien

1.4.3.1. - Terrains phanérozoïques

J. Lepersonne (1974) dans sa notice explicative de la carte géologique de l'ex-Zaïre se veut beaucoup plus stratigraphe que J.L. Mestraud. Parmi les terrains phanérozoïques, cet auteur retient pour le bassin de l'Oubangui, ou plutôt Ubangi :

- des alluvions fluviales modernes holocènes occupant les bas-fonds de la cuvette ;
- les interfluves du pourtour de la cuvette (cf. couches de Yangambi, d'âge incertain probablement Plio-Pléistocène) sont occupés par des horizons plus ou moins argileux, généralement associés à des cuirasses ou à des nappes de grenailles ferrugineuses, occupant des niveaux d'aplanissement et de terrasses ;
- à l'Albien-Aptien (sommet du Crétacé inférieur) sont rattachés, dans la région de l'Ubangi, les affleurements des vallées peu profondes (cf. série de Bokungu), constituées d'argilites, d'alternances de calcaire clair et d'argilite rouge, de grès tendre bariolé à base conglomératique, le tout sur 70 ou 80 mètres d'épaisseur au plus.

1.4.3.2. - Terrains précambriens

Dans sa carte, J. Lepersonne esquisse la stratigraphie des formations précambriennes par grandes régions congolaises, soit pour la partie septentrionale : bassin de l'Uele (région IV : Zaïre nord-oriental) ou de l'Ubangi (région V : Zaïre nord-occidental).

1.4.3.2.1. - *Lindien - Ubangien*

Le terme d'Ubangien donné par B. Aderca (1950) correspond à l'extension en région équateur d'une partie seulement du Lindien du Haut-Congo (du nom de la rivière Lindi, au nord de Kisangani). Ces formations s'allongent sur plus de 1 000 km en arc de cercle autour de la cuvette congolaise. Vers le sud, elles s'ennoient sous les formations tabulaires mésozoïques. Estimées entre 1300 et 645 MA par J. Lepersonne, elles ne représentent en fait qu'une période du Protérozoïque supérieur de cette région que l'on peut situer approximativement entre 950 et 707 MA, selon P.M. Thibaut (1983).

L'Ubangien englobe deux séries distinctes par leurs lithologies, leurs conditions de dépôt et leurs styles structuraux, séparées par un épisode tectonique, survenu probablement vers 760 MA. L'Ubangien inférieur (ou « Lokoma »), discordant sur le Liki-Bembien, est caractérisé par des niveaux de base détritiques grossiers, conglomératiques et plus ou moins discontinus évoquant des dépôts deltaïques (région de Libenge). Le reste de la série est constitué par une puissante formation pélitique à intercalations gréseuses et carbonatées, ces dernières plus ou moins silicifiées secondairement (cf. vallée de l'Ebola). Dans ces dépôts, les influences marines sont fréquentes (calcaires oolithiques, concrétions algaires). L'ensemble correspond à de grands secteurs plats et déprimés. Dans bien des cas, les faciès pélitiques et carbonatés de l'Ubangien inférieur ne sont pas tellement différents des roches de même type du Liki-Bembien inférieur ou supérieur, leur attribution étant parfois difficile. Aucune trace de métamorphisme même léger n'a été relevée dans ces formations.

L'Ubangien supérieur (ou « Aruwimi »), discordant sur l'Ubangien inférieur, est uniquement constitué par des formations continentales : grès-quartzites à minces niveaux conglomératiques. Du point de vue tectonique, le style est apparemment beaucoup plus calme : couverture faiblement plissée. Contrairement à l'Ubangien inférieur, cette série affleure généralement bien et donne un modelé arrondi mais vigoureux avec localement des ruptures de pentes importantes. Elle forme de grands plis NW-SE à flancs redressés, souvent faillés et à voûtes très plates. Ce style de plissement donne naissance à des crêtes très allongées et très larges culminant à 50 ou 100 m au-dessus des collecteurs. L'Ubangien supérieur forme une grande dorsale dite de Kota Koli, de direction méridienne de part et d'autre de Satéma sur l'Oubangui. Elle correspond aux grès-quartzites de Kembé-Nakando. Ils y dessinent une structure synclinale subméridienne au-dessus de la série de Bougbolou. À noter que ces deux ensembles correspondent à une subdivision de l'ancienne série de Fouroumbala (cf. 1.4.2.2.3), à la suite des travaux du CEA dans la cuvette uranifère de Bakouma.

De part et d'autre de l'Oubangui, le prolongement congolais des séries carbonatées de Bobassa (Wacrenier, 1960 et Wacrenier et Wolff, 1964) et de Fatima (Poidevin, 1976) se rattachent à l'Ubangien inférieur. Au Centrafrique, les grès de Kembé-Nakando sont surmontés des séries plus récentes, d'abord un épisode fluvio-glaciaire caractérisé (pélites de la Mbania, série tillitique de Bondo), auxquelles font suite : dolomies de Bakouma, calcaire de Bili et pélites de la Dialinga. Étudiées autour de Bakouma, ces séries paraissent ne pas exister dans l'Ubangi congolais.

Ainsi dans le Précambrien supérieur de la bordure nord du craton congolais, quatre épisodes tectono-métamorphiques ont été mis en évidence :

- l'âge de 950 ± 50 MA correspond à une déformation de la couverture lindienne (cf. zone de refoliation de Yakoma-Zémio) ;
- l'événement à 760 ± 91 MA est marqué par des couloirs de refoliation (cf. couloir de la Dungu) ; il correspondrait à la discordance reconnue entre Ubangien inférieur et supérieur ;
- l'isochrone 707 ± 11 MA représente l'âge du léger métamorphisme des séries de la Mbania et de Bakouma, le dépôt de la série de Bakouma étant antérieur à cette date et donc les dépôts de l'Ubangien supérieur ;
- l'âge conventionnel 590 + 70 MA prédate les phases majeures de l'orogenèse centrafricaine qui a affecté toute cette région.

En 1974, J. Lepersonne attribuait au Lindien une bande de terrain relativement étroite de 300 km de longueur et 20 à 40 km de largeur s'étendant au NE de la RDC de Niangara vers Zémio, entre le massif granitoïde du Haut-Congo et le complexe gneissique ouest-Nilien (cf. 1.4.3.2.7.). Seule la partie supérieure ou « Système de la Rumu » est désormais considérée comme lindienne. Un premier bassin, dans lequel le cours de l'Uele s'est établi, se situe en aval de Niangara où il couvre 120 km d'ouest en est sur 12 à 20 km de largeur. On retrouve au SE de Zémio, dans le bassin de la Gwane des formations similaires, en grande partie latéritisées, ailleurs d'aspect de surface marécageux : quartzites sériciteux, schistes argileux, roches carbonatées et conglomérats. Le modelé crypto-karstique observé en RDC au SW de la Gwane et dans la boucle du Mbomou en avant de Zémio se retrouve au Centrafrique sur le pourtour de la série gréso-quartzitique de Zémio (cf. plaines de la Bakalé et du confluent Bita-Vovodo).

Après avoir été considéré autrefois effondré entre failles, cet ensemble est interprété aujourd'hui comme une unité chevauchante vers l'ouest (Poidevin, 1985). L'âge du développement de la bande de Niangara-Zémio est estimé par J. Lavreau (1980) vers 720 MA (Néo-protérozoïque).

1.4.3.2.2. - *Liki-Bembien*

Du nom de deux petits affluents de la rive congolaise de l'Oubangui, en amont de Bangui, le Liki-Bembien s'étend entre Libenge et Mobaye. On a vu (cf.1.4.2.2.1.) qu'en 1950, B. Aderca l'avait subdivisé en trois systèmes.

Nettement discordant sur le complexe métamorphique de l'Ubangi qu'il ceinture vers le sud, le Liki-Bembien inférieur constitue un vaste système sédimentaire plissé, essentiellement pélitique, à intercalations gréseuses et carbonatées (sous forme de calcaires cristallins), très peu métamorphisé. Les roches sont fréquemment affectées d'une schistosité oblique sur la stratification, caractéristique des couvertures plissées. Dans la région de Bangui-Zongo, on note un style tectonique en écailles, compliqué d'un faisceau de failles souvent inverses.

La série du Liki-Bembien moyen qui débute par des couches conglomératiques, est composée de formations gréso-quartzitiques formant le haut plateau

tabulaire de Lombo. La présence de séricite témoigne de l'influence d'un très léger métamorphisme dans la formation qui constitue un vaste synclinorium dont la partie axiale est occupée par le Liki-Bembien supérieur. Ce dernier est en grande partie constitué d'argilites versicolores avec des intercalations carbonatées, gréseuses et silicifiées. Nettement transgressif sur le complexe métamorphique de l'Ubangi et sur le Liki-Bembien inférieur et moyen, il forme de grands secteurs tabulaires dominant cette pénéplaine.

Au NE du cours de l'Oubangui, le Liki-Bembien inférieur semble correspondre à la série de la Ouakini (cf. 1.4.2.2.2.). Comme pour la série de Fouroumbala, le CEA (1968-72) distingue dans cette formation deux séries superposées nettement discordantes : l'inférieure schisto-gréseuse, assimilée à celle de Bougboulou (équivalente en fait de l'Ubangien inférieur) et la supérieure gréso-quartzitique (cf. série de Kembé). Selon J.L. Poidevin (1985) la série inférieure doit être rattachée au Liki-Bembien inférieur, comportant des intercalations carbonatées ; effectivement dans le secteur de Bianga, la même morphologie crypto-karstique s'observe de part et d'autre de l'Oubangui.

Juste à l'est de Bangui, J.L. Poidevin (1976) signale l'observation de la discordance de la série de Bangui-Mbaiki (équivalente du Liki-Bembien congolais) sur la série de la Yangana (ensemble de gréso-schistes et de quartzites micacées correspondant au complexe métamorphique de l'Ubangi). On peut donc attribuer au Liki-Bembien un âge protérozoïque moyen ou supérieur. En ce qui concerne sa position par rapport au Protérozoïque supérieur (Ubangien-Lindien), le problème est encore discuté. Faut-il attribuer comme B. Aderca (1950) une grande importance à la discordance qui sépare le Liki-Bembien de l'Ubangien ou y a-t-il simplement (cf. coupe des rapides de Zinga-Batanga) changement brutal de style tectonique à l'intérieur d'un même ensemble d'âge précambrien supérieur ? En fait en RDC, toutes les observations morphologiques ou photogéologiques montrent que les formations ubangiennes recouvrent les formations liki-bembiennes. Les corrélations du Liki-Bembien avec les séries de Franceville (dont l'appartenance au Précambrien inférieur est aujourd'hui admise, cf. M. Bonhomme et F. Weber (1969), de Sembé-Ouesso au Gabon et au Congo, du Dja au Cameroun et de Nola au Centrafrique sont assez délicates et encore discutées. Le Liki-Bembien serait donc d'âge protérozoïque moyen probable ou supérieur possible. À noter que ces formations liki-bembiennes sont littéralement criblées d'intrusions doléritiques.

1.4.3.2.3. - *Complexe métamorphique de l'Ubangi*

Le « complexe métamorphique de l'Ubangi » (Thibaut, 1983) correspond à l'ancien système de Banzyville (ou Mobayi) de B. Aderca (1950) ou au « complexe métasédimentaire et migmatitique de l'Ubangi », estimé par J. Lepersonne (1974) d'âge très ancien (entre 2700 et 3400 MA). Il affleure au long de l'Oubangui entre Satéma et Bangui-Zongo. C'est un ensemble cristallophyllien plissé d'origine sédimentaire, à dominante argilo-gréseuse avec intercalations calcaro-pélitiques et rares passées volcano-sédimentaires. Dérivant d'un flysch gréso-pélitique, cet ensemble comprend une série supérieure de schistes métamorphisée dans l'épizone, surmontant une série inférieure de micaschistes à biotite et muscovite avec des quartzites associés, correspondant au sommet de la mésozone : la présence de biotite et surtout de grenat indiquerait en effet un métamorphisme légèrement plus profond. Vers le sud, le « complexe métamorphique de l'Ubangi » est recouvert en discordance par les formations liki-bembiennes du plateau de Lombo, d'âge protérozoïque moyen ou base du protérozoïque supérieur. À défaut de datations directes, on peut donc avancer un âge protérozoïque inférieur probable à cette formation.

En RDC comme dans son prolongement centrafricain (cf. 1.4.2.3.2. et 1.4.2.3.3.), l'orientation générale des plis est voisine du nord-sud et les plissements peu accentués. Dans l'ancien système de la Bangui-Kété, J.L. Mestraud (1952) distinguait la série inférieure d'Atta, essentiellement micaschisteuse, de la série supérieure de Mobaye à composition surtout quartzitique. Idem Ph. Wacrenier et J.P. Wolff (1964), sur Bangui-Ouest, entre la série inférieure de la Baba et la supérieure de la Yangana. Pour P.M. Thibaut (1983) la représentation de cette limite est arbitraire et artificielle, le passage de l'une à l'autre se faisant insensiblement. J.L. Poidevin (1985) rebaptise l'ensemble série quartzito-schisteuse.

1.4.3.2.4. - *Ganguen*

Entre Mbomou et Uele, dans les petits bassins Bili et Gangu, le socle est recouvert par des formations épimétamorphiques, constituées de deux unités lithologiques superposées :

- séricitoschistes, talcschistes, chloritoschistes, schistes noirs ;
- quartzites sériciteux schistoïdes, quartzites sériciteux, quartzites ferrugineux.

Ces lambeaux de l'ancienne couverture sédimentaire d'âge protérozoïque inférieur présumé sont métamorphisés dans le faciès schistes verts. P.M. Thibaut (1983) note des analogies frappantes entre le Ganguen et le complexe métamorphique de l'Ubangi en région équateur et par suite avec le système de la Bangui-Kété.

1.4.3.2.5. - *Système de la Bolume*

On a vu (cf. 1.4.3.2.1.) que la partie inférieure de la bande Niangara-Zémio n'était plus considérée comme lindienne ; ce « système de la Bolume », cartographié sur la carte Unesco (1982) en Précambrien C et B non différencié, est formé d'une puissante assise quartzitique sur laquelle repose une série schisteuse (séricitoschistes et talcschistes) fortement érodée. Son degré de métamorphisme est à la limite de l'épi et de la mésozone. Le paysage est à collines tabulaires. À rapprocher du Ganguen, selon P.M. Thibaut (inédit), cette formation se prolonge au Centrafrique dans la couverture quartzito-schisteuse, vers les bassins Chinko-Vovodo. J.L. Poidevin (1985) lui attribue un âge protérozoïque inférieur. Elle correspondait au cycle suivant celui de l'archéen : l'éburnéen.

1.4.3.2.6. - *Kibalien*

De très vastes massifs granitiques occupent une partie considérable du Nord de la RDC ; ils comprennent des faciès post et syntectoniques. Ils renferment des enclaves de « Kibalien », estimé par J. Lepersonne (1974) d'âge antérieur à 2190 MA. Ce Kibalien est constitué d'amphibolites, de schistes à actinote, talcschistes, séricitoschistes et schistes albitiques avec des roches carbonatées ankéritiques, des itabirites, ...

Ces formations constituent ce que l'on dénomme désormais « greenstones-belts » ou ceintures de roches vertes dont les granites associés se sont mis en place à la limite Archéen-Protérozoïque (2,45-2,35 GA). J.L. Poidevin (1976, 1991) a identifié au Centrafrique les prolongements de cette ceinture Nyanza-kibalienne du NE RDC. On y retrouve un même arrangement chronostratigraphique, à savoir :

- un socle ante-greenstone complexe présentant des témoins plus ou moins importants de faciès granulite (daté à 3,2 MA) ;
- des greenstones belts dont les séries supracrustales, constituées de méta-basaltes, méta-andésites, associés à d'abondantes itabirites, se sont déposées vers 3,0 GA. Pour les greenstones intra-cratoniques des Bandas, au nord de Grimari et de Boufoyo au NE de Bouca, tandis que celui de Bogoin, au nord de Bangui, est plus récent vers 2,4-2,2 GA ;
- des granitoïdes post-greenstones.

1.4.3.2.7. - *Complexe gneissique de la Garamba*

À l'extrémité nord-orientale de l'Uele, tout au long de l'interfluve Congo-Nil, s'étend le « complexe gneissique de la Garamba » (GA), largement étendu au Soudan et en Ouganda où il a été décrit sous le nom de Complexe Ouest Nilien. Il est constitué de gneiss, gneiss migmatitiques, gneiss amphibolitiques, micaschistes, quartzites ... J.L. Lepersonne (1974) l'estimait antérieur à 2720 MA et P.M. Thibaut (inédit) l'indique à 2800 à 3000 MA et donc archéen. Il se prolonge au nord du Mbomou entre Obo et Bambouti.

1.4.3.2.8. - *« Complexe amphibolitique et gneissique du Bomu »*

Sous cette appellation, on reconnaît facilement le prolongement congolais, entre Yakoma et Zémio, du « complexe amphibolo-pyroxénique du Mbomou », constitué de gneiss amphiboliques, généralement à grenat, souvent à pyroxène, gneiss à biotite ou à muscovite et biotite, gneiss migmatitiques passant au granite, accessoirement micaschistes et quartzites, parfois à disthène. Les gneiss amphiboliques passent, vers l'ouest, à un gabbro plus ou moins modifié par la granitisation. J. Lepersonne admettait pour cet ensemble un âge antérieur à 3300 MA Des datations absolues Rb/Sr sur ces roches ont donné un âge de 3086 ± 94 MA (Lavreau et Ledent, 1976).

Ce noyau cratonique catarchéen s'étend sur près de 60 000 km^2. Selon une interprétation nouvelle (Poidevin, 1991) des tholéites, probablement aussi anciennes que 3,7-3,5 GA sont recouvertes par des volcanites calco-alcalines et des complexes sédimentaires alumineux. Un métamorphisme granulitique se place vers 3,2 GA.

1.4.4. Progrès et problèmes actuels de la géologie du bassin Oubanguien

La cartographie géologique de reconnaissance systématique au 1/500 000, brutalement interrompue en 1962, est restée inachevée au Centrafrique. Heureusement le BRGM a pu poursuivre ses travaux au nord de la RDC ce qui a entraîné une meilleure corrélation entre les interprétations trop souvent divergentes de part et d'autre de l'Oubangui. De même la découverte d'indices uranifères dans la cuvette de Bakouma a permis au CEA puis à *Alusuisse* d'approfondir la connaissance de ce secteur clé, les géologues universitaires participant à des études régionales, ainsi qu'à l'établissement du cadre géochronologie.

1.4.4.1. - Datations absolues

Les premières datations absolues, entreprises au Centrafrique dans les années 60, donnaient des âges compris entre 500 et 600 MA, âge correspondant à la « tectonique post-groupe supérieur » ou « remise à zéro du géochronomètre ». Le MRAC (Musée Royal de l'Afrique Centrale) a entrepris une série d'études géochronologiques qui ont permis à J. Lepersonne de donner une première estimation datée de la géologie congolaise. Ces études se sont étendues au Centrafrique. Leur publication progressive apparaît comme une remise en question de la stratigraphie admise précédemment pour le complexe de base. Tel est, à titre d'exemple, le cas des noyaux granulitiques. En 1979 J.L. Poidevin les considérait comme synchrones des granulites du sud Cameroun datées à 2900 MA (Lasserre et Soba, 1976). En fait des datations récentes lui ont montré que l'on devait désormais distinguer au Centrafrique deux générations de granulites. Les unes archéennes (2900 MA) se rencontrent sur la marge nord du craton congolais, c'est le cas à l'ouest de Boda. Les autres, situées plus au nord sur le pourtour de l'interfluve Congo-Tchad, s'avèrent être du protérozoïque supérieur, en liaison avec la chaîne panafricaine (cf. datation à 833 ± 66 MA, 652 ± 19 MA et 639 ± 3 MA *in* Pin et Poidevin, 1987).

Inversement les granites, notamment circonscrits, considérés comme panafricains peuvent être beaucoup plus anciens que prévus. Ainsi le granite de Libby, daté en 1962 à 535 ± 20 MA (échantillons Mangé sur biotite par Rb/Sr) s'avère être d'âge protérozoïque inférieur à 2200 MA (cf. Lavreau et *al*., 1983). De même la datation à 2,07 GA d'une granodiorite de Mbi fournit une limite supérieure à l'âge de dépôt des schistes de Boda (datation U-Pb par Poidevin et Pin, 1986).

1.4.4.2. - Remise en questions de la stratigraphie oubanguienne

Ainsi en trente ans, ce que l'on savait de la stratigraphie centrafricaine a été entièrement remis en question. On admettait alors un « complexe de base » très ancien (Précambrien) dont l'élément inférieur était constitué de formations charnockitiques. Puis avec les premières datations pratiquement tout le Centrafrique fut rattaché à la chaîne panafricaine « zone mobile d'Afrique Centrale » (Bessoles et Trompette, 1980). En 1985, J.L. Poidevin envisageait un modèle de chaîne de collision (« Oubanguides ») avec remontée d'un coin de manteau, les chevauchements majeurs à la limite socle/couverture prenant valeur de paléo-suture.

Peu après M. Cornacchia et L. Giorgi (1986) remettaient en doute cette interprétation. Selon ces auteurs travaillant autour de Bangui, rien ne permet d'envisager dans ce secteur l'existence d'une orogenèse correspondant à une vieille chaîne... L'événement orogénique doit être recherché avant l'épisode Panafricain... Aucune synthèse historique ne peut (encore) être entreprise. En 1990 ils envisagent, comme due à la tectogenèse panafricaine, la structuration suivant deux lignes de sutures méridiennes :

- entre une zone occidentale regroupant les faciès granulitiques du Centre-Ouest centrafricain ;
- et une zone orientale de chevauchements subméridiens, reliant les massifs de Morkia et du Dar Chala. Entre ces deux domaines se développe un segment crustal partiellement remobilisé mais dont l'ossature est ancienne.

Désormais, J.L. Poidevin (1991) insiste sur la distinction au Centrafrique entre un domaine archéen (centre et centre-est du pays) et un fossé protérozoïque nord-sud à l'ouest du pays. La première entité chronostratigraphique de ce fossé protérozoïque est constituée par deux unités datées du Protérozoïque basal : le greenstone de Bogoin et le complexe amphibolitique de l'Ouham (daté à 2,40 ± 0,25 GA et 2,24 ± 0,23 GA).

1.4.4.3. - Précisions sur les formations de couverture

Dans son étude détaillée des grès de Carnot et de leur contexte, Cl. Censier (1989) a montré que les processus d'érosion étaient liés à l'ouverture de l'Atlantique sud et à la distension du golfe de la Bénoué. Selon cet auteur, toutes ces formations de Carnot sont fluviatiles. Il confirme nos observations pédologiques : les sables de Bambio résultent non d'un apport éolien mais de simples différenciations pédologiques de surface : il souligne la grande similitude entre le matériel détritique de la formation de Carnot et le squelette sableux des sols sous-jacents.

De cette façon reste posé le problème de la liaison au Congo avec la série cénozoïque des plateaux batékés ainsi qu'en RDC avec la représentation conventionnelle des interfluves sableux de la cuvette en « alluvions, éluvions et colluvions, pleistocène et pliocène ». D'ailleurs J. Lepersonne lui-même signalait : « on a représenté conventionnellement le fond des vallées en Mésozoïque et tout le reste de la surface en Pliocène et Pléistocène ».

À l'est du Centrafrique, la découverte d'une série phosphatée uranifère dans la cuvette de Bakouma avait tout d'abord amené G. Bigotte et G. Bonifas (1968) à imaginer « une extension considérable et insoupçonnée jusqu'alors de la mer des phosphates tertiaires à l'intérieur du Continent Africain ». J.D. Miauton (1980) devait réduire à néant cette hypothèse en démontrant que ces phosphates néoformés étaient continentaux.

La multiplication des forages sur la cuvette de Bakouma et sur les fossés tchadiens de Doséo et du Salamat devait également (cf. Boulvert, 1996) permettre d'attribuer un âge Crétacé aux formations fluviatiles d'Ouadda et leur donner une limite supérieure : en effet au nord de Bakouma, les forages ont rencontré, reposant sur les grès d'Ouadda, la série des lignites du Haut-Mpatou, dont l'analyse de la microflore et de la microfaune indique un milieu purement continental, d'âge Paléocène.

1.4.4.4. - Crypto-Karsts

Les forages de Bakouma ont recoupé d'importantes formations carbonatées : dolomies ou calcaires, dont J.D. Miauton a décrit la karstification ancienne. Quelques pointements très limités de roches carbonatées le plus souvent épigénisées étaient connues dans la vallée de l'Oubangui ; les forages hydrauliques effectués autour de Bangui en ont multiplié les indices. La photo-interprétation systématique du Centrafrique a révélé, dans le bassin de l'Oubangui et de ses affluents, l'extension des plaines ou dépressions à modelé crypto-karstique sur près de 18 000 km^2 (Boulvert et Salomon, 1988). L'étude géologique de la plupart des bassins mis en évidence reste à faire ; on a vu qu'en RDC les niveaux carbonatés sont rapportés à des séries très diverses.

L'hydrologue retiendra surtout qu'avec ces formations, on se trouve en présence de réserves hydrogéologiques aussi importantes que celles connues au sein des grès de Carnot et de Mouka-Ouadda.

En conclusion, si l'étude lithologique de surface est assez avancée dans le bassin oubanguien, celle des formations sous-jacentes est à peine amorcée. Surtout les datations géochronologiques remettent progressivement en question ce que l'on savait sur le socle précambrien.

1.5. - Géomorphologie du bassin de l'Oubangui (Fig. 1-9)

1.5.1. Généralités

Jusqu'à une date récente (Y. Boulvert, 1996), la géomorphologie du Centrafrique avait seulement donné lieu à quelques aperçus comme celui de J. Dresch (1946) qui évoque, à l'occasion d'un transect entre Ngaoundéré et Bangui, des niveaux étagés : celui Crétacé du massif de Yadé (à la source de la Lobaye) nivelle granites et gneiss à environ 1 000 mètres. Le seuil séparant ces monts des reliefs de l'Oubangui oriental est recouvert dans l'Oubangui occidental par les sables du Kalahari supérieur (cf. grès de Carnot) ; il s'agirait donc bien de la surface miocène. On observe sur le versant oubanguien une nouvelle surface emboîtée, à larges vallées très mures et contact souvent brutal (cf. chutes de Boali).

Pour L.C. King (1951,1967) la surface la plus élevée du Gondwana domine la surface Africaine I, qu'il considère début plutôt que mi-Tertiaire. Fondamentale en Afrique, elle est parfaitement aplanie et parfois cuirassée. Deux cycles cuirassés fin Tertiaire l'incisent. L'induration est un processus lent ; les cycles quaternaires présentent seulement des indurations mineures.

L'étagement des surfaces est admis par les auteurs de la RDC (Cahen et Lepersonne 1948, 1951 ; Cahen, 1954 ; de Heinzelin 1952,1954). Ils distinguent les surfaces Crétacé supérieur PI (1 900-1 700 m dans le Haut Ituri), mi-Tertiaire PII (1 500-1 400 m) et fin Tertiaire PIII (subdivisée en PIIIA : 1 250-1 200 m et PIIIB : 1 100-1 000 m), presque toujours profondément latéritisée, limonitisée. Étudiant l'Ituri au NE du Congo, B. Ruhe (1954) distingue une surface d'érosion majeure fin Tertiaire avec des buttes résiduelles bien indurées témoins de la surface mi-Tertiaire. Les surfaces supposées antérieures n'existent pas, les étagements de terrain étant dus à des failles. Cet auteur identifie en revanche six surfaces quaternaires.

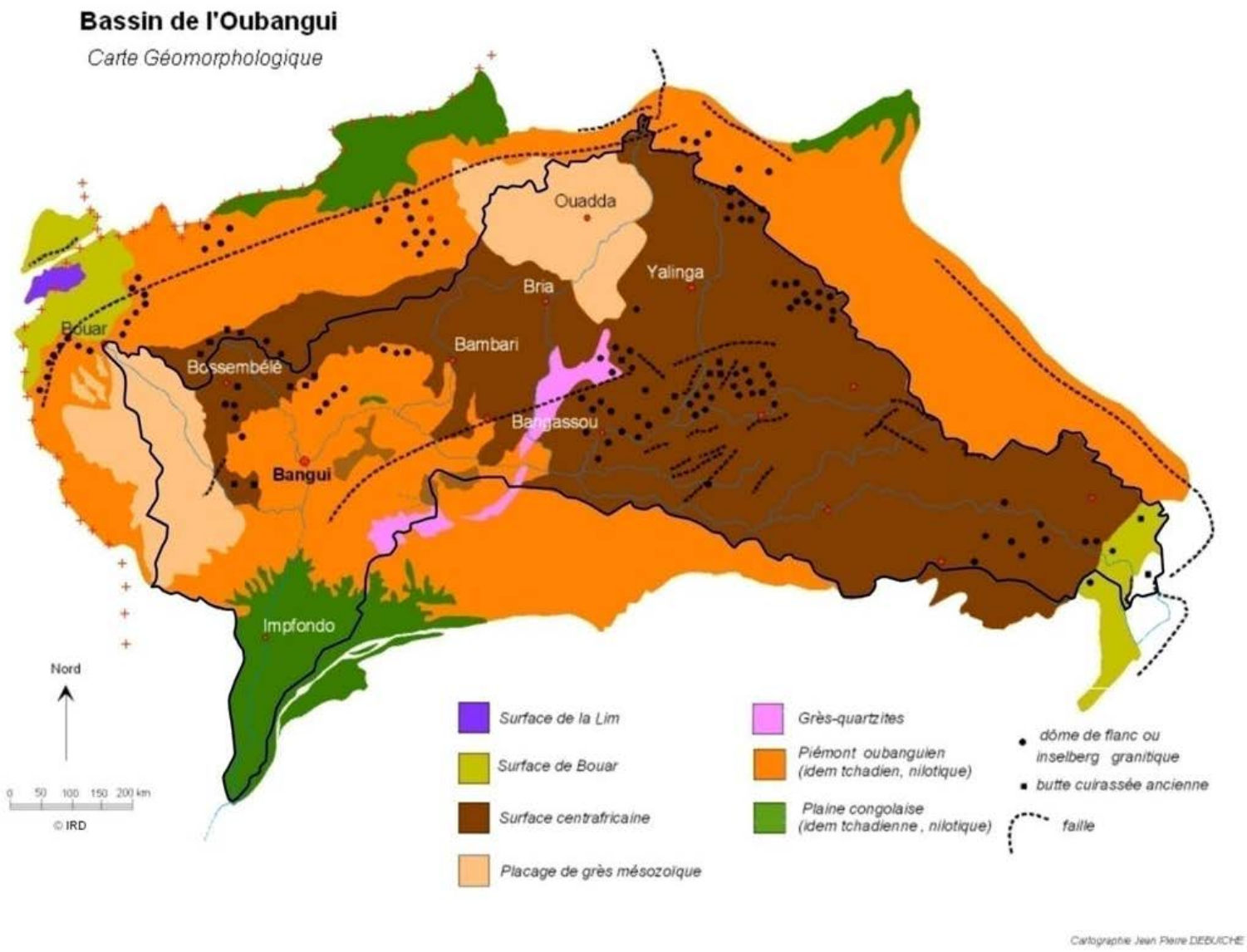


Figure 1-9
Carte Géomorphologique du Bassin de l'Oubangui

1.5.2. - Aplanissements de l'Ubangi-Uele

Selon R. Frankart (1960), dans l'Uele la surface pénéplanée supérieure, présumée fin Tertiaire (R1) forme l'élément caractéristique de la morphologie. Elle remonte de 600 à 900 m vers le nord-est et sa nappe latéritique se situe à 35-45 m au-dessus de la plaine alluviale. Un peu plus bas, un palier constitué d'une nappe graveleuse latéritique forme la surface pénéplanée intermédiaire (R2). Les surfaces pénéplanées inférieures ou basses terrasses (R3) assurent la transition à la plaine alluviale de l'Uele, dominée entre 7 et 8 m par une terrasse à galets.

Dans la région d'Isiro (ex-Paulis), sur Kibalien, la surface supérieure d'érosion est surmontée de 50 à 200 m par des collines itabiritiques avec des gravats latérisés, relictes d'un niveau d'aplanissement plus ancien. Le terme d'*inselbergs* est employé dans le sens de massif résiduel quelle qu'en soit la nature, granitique ou non.

Dans l'Ubangi, J.M. Berce (Jongen, 1960) met en évidence plusieurs niveaux d'aplanissement successifs :

- une surface, située entre 610 et 675 m (II), comportant un recouvrement latéritique de plusieurs mètres d'épaisseur, nivelant le plateau du Bembe moyen. *Elle semble se rattacher à la surface mi-Tertiaire de l'Oubangui occidental français* ;
- une surface, située entre 450 et 550 m (III), fortement latéritisée et profondément disséquée par les érosions subséquentes. Ce niveau, le plus distinct et le plus constant en Ubangi, se remarque le mieux à hauteur des crêtes de partage des eaux. *Elle semble de toute évidence se rattacher à la surface fin Tertiaire d'AEF* ;
- une surface, située entre 440 et 470 m (IV), latéritisée également s'intercale entre le niveau précédent et celui des replats*. Elle serait à rattacher au cycle fin Pliocène-début Pleistocène* ;
- le niveau des replats à termitières : 460 à 420 m, parsemé de débris latéritiques, constitue le fond de la topographie dans un grand nombre de secteurs de l'Ubangi.

L. Cahen (1954) ne décèle qu'un groupe unique de surfaces dessinant un large faîte orienté ouest-est, fin Tertiaire.

P. Jongen (1968) souligne les étroites relations entre le soubassement géologique et les grandes unités géomorphologiques dans cette région. Il

différencie :

- au centre et au nord : un substratum rocheux formant un bourrelet qui ceinture la cuvette centrale congolaise (cf. secteur décrit par J.M. Berce en 1960) ;
- au sud : des nappes de recouvrement sableux constituant la bordure naturelle de la cuvette : sables argileux ocre en larges coupoles, surmontant les dépôts alluvionnaires datés de l'Holocène.

Dans le bourrelet rocheux ceinturant la cuvette, il différencie les niveaux suivants :

- parmi les *inselbergs* dominant la surface pénéplanée d'une cinquantaine de mètres, les collines du Bembe inférieur, *témoins d'une surface ancienne qui n'a pas subi l'influence d'un cuirassement* ;
- un groupe de quatre surfaces fin Tertiaire différenciées par trois cycles d'érosion :
  - hauts-plateaux du Bembe moyen, 630 m, à rapporter au Pliocène supérieur,
  - collines latéritiques tabulaires, étagées de 520 à 480 m, elles constituent différents niveaux d'aplanissement de la période fin Pliocène-début Pleistocène,
  - nappes de concrétions ferrallitiques. Ce niveau d'aplanissement (460-470 m, période Pleistocène) est le plus constant en Ubangi,
  - niveau des replats à grandes termitières fossiles. Trait essentiel de la morphologie du paysage, cette surface 450 m prend une allure de pédiplaine à forme multiconcave et à relief mollement ondulé ;

P. Jongen, qui ajoute en outre des « surfaces actuelles et récentes », souligne le rôle des alternances climatiques.

Ayant procédé à une étude des cartes topographiques du NE de la RDC, complétée par photo-interprétation, J. Moeyersons (1975) distingue plusieurs secteurs d'aplanissements dont il établit les corrélations suivantes :

- collines situées le long de l'interfluve Congo-Nil (autour des sources de l'Ituri (affluent de l'Aruwimi-Congo)-Kibali (affluent de l'Uele-Oubangui), rattachées à la surface PI, fin Crétacé ;

- bassin 1 (hauts bassins de l'Ituri et du Kibali, à l'est de 30º) équivalent de la surface PII mi-Tertiaire ;
- bassin 2 (majeure partie du bassin de l'Uele) équivalent de PIII, groupe du Pliocène supérieur ou Pleistocène inférieur ;
- bassin 3A (majeure partie du bassin de l'Ituri-Aruwimi), équivalent de PIII, groupe de fin Pliocène ;
- terrasses, équivalent PIII, groupe de cycles subactuels.

L'intérêt de cette étude est de montrer que ces *bassins correspondent à des aplanissements différents*. Notamment entre les bassins de l'Uele et de l'Ituri-Aruwimi. *L'escarpement existe en réalité et forme sur toute sa longueur des crêtes de partage des eaux locales*. Il apparaît sous forme d'un interfluve asymétrique soit en vrai escarpement, souligné par une corniche cuirassée et en voie de dissection : entaille du bassin de l'Ituri-Aruwimi aux dépens du précédent, dont l'auteur évoque l'ancien écoulement vers le Tchad. *L'escarpement étudié ici ne coïncide certainement pas avec un gradin de failles*, quoique ces bassins aient subi des mouvements : torsion, surélévation, ...

1.5.3. - Aplanissements centrafricains

D'une synthèse consacrée à la géomorphologie du Centrafrique (Boulvert, 1996), on peut tirer d'une façon schématique les données suivantes : la dorsale séparant les trois grands bassins africains : congolais, tchadien et nilotique, apparaît constituée d'aplanissements étagés. Le plus important, dénommé surface centrafricaine, s'étend du sud Cameroun aux bassins du Mbomou et de l'Uele. D'une altitude voisine de 700 m, il s'affaisse au centre (région de Dékoa-les Mbrés) au voisinage de 550 m pour se relever aux extrémités nord-ouest (cf. plateau de Bouar, voisin de 1 000 m aux sources de la Lobaye, c'est le prolongement de l'Adamaoua camerounais), nord-est (cf. petit massif résiduel du Dar Chala, encadrant la source de la Kotto) et sud-est (cf. dorsale Congo-Nil, à l'est de la source de l'Uele).

Deux placages mésozoïques recouvrent partiellement cet aplanissement : cf. plateau gréseux d'Ouadda et de Gadzi-Carnot. La surface centrafricaine est également surmontée de quelques reliefs résiduels conservés en raison de leur résistance à l'érosion. Citons des crêtes appalachiennes quartzitiques (cf. quartzites du nord-ouest de Bria ou du Dar Chala), tout particulièrement des buttes résiduelles d'itabirites (cf. « greenstone des Bandas » près de Bakala, ou formations congolaises du Kibalien dans la région d'Isiro). On peut également observer des inselbergs granitiques tels ceux de la haute Douyou, ou de la Ouara-Ngoangoa. D'autres reliefs résiduels sont constitués par des grès quartzites du Précambrien supérieur tels ceux en dômes de Kembé-Nakando, ou les arêtes des grès de Kosho. Les grès de Morkia présentent ces divers aspects.

La surface centrafricaine offre également des secteurs déprimés dont on a mis récemment en évidence la relation avec des formations sous-jacentes carbonatées du Précambrien supérieur. Citons celles de la cuvette de Bakouma, de la plaine du Moyen Chinko, de celle de la Bakalé. Ces dépressions karstiques se prolongent au sud-est de Zémio, en RDC dans les bassins de la Gwane et de la Niangara. Ces formations carbonatées sont d'âge lindien entre 600 et 1300 MA.

Dans les bassins du Mbomou et de l'Uele, la surface centrafricaine se termine de manière plus ou moins abrupte sur l'interfluve Congo-Nil qui correspond à un escarpement de pseudo-cuesta, sur une entaille, suivi de glacis cuirassés : le piémont nilotique. Un escarpement cuirassé surmontant de même un « piémont tchadien », s'étend entre le massif résiduel du Dar Chala et le plateau gréseux d'Ouadda, pour lequel l'escarpement nord, dit des Bongo, est particulièrement marqué, tandis que vers l'ouest-sud-ouest cet aplanissement du piémont tchadien apparaît seulement affaissé par rapport à la surface centrafricaine.

Par contre le « piémont oubanguien » qui se développe de part et d'autre du cours supérieur de l'Oubangui, apparaît comme un aplanissement imparfait. Cette entaille, partiellement figée par le cuirassement, laisse subsister des seuils, des étranglements (cf. rapides de Satéma, Mobaye, de l'Éléphant, de

Bangui, ...), ainsi que de nombreux reliefs résiduels (cf. collines de Mobaye, de Bangui, mais aussi en RDC : dorsale de Kota-Koli, plateau de Lombo, cf. plateau du Bembé selon J.M. Berce).

Au sud, dans la boucle de l'Oubangui, l'importance de l'érosion différentielle en liaison avec la lithologie semble particulièrement marquée. Ainsi selon P.M. Thibaut (1983), à l'ouest, le plateau de Lombo correspond à des niveaux de quartzite (Liki-Bembien moyen) ; il se prolonge vers l'est par des surfaces tabulaires gréso-pélitiques du Liko-Bembien supérieur. Vers le centre-est une zone de reliefs arrondis, ondulés correspond aux grès quartzites de l'Ubangien supérieur ; elle s'allonge du sud-ouest vers le nord-est et Satéma. Vers le sud, les formations de couvertures du Mésozoïque apparaissent très aplanies. Tout au long de l'Oubangui, on relève de nombreux secteurs déprimés de type karstique : citons Zinga - Bobassa - Fatima - Possel, ... L'Oubangui semble avoir frayé son cours en liaison avec ces secteurs peu résistants, déprimés, ce qui explique son tracé contourné.

1.5.4. - Schéma d'évolution géomorphologique

Il a été démontré (cf. C. Censier 1989 *in* Boulvert, 1996) que les placages gréseux de Carnot et d'Ouadda étaient les témoins de deux anciennes gouttières par lesquelles les matériaux érodés du nord du craton congolais étaient entraînés, après l'ouverture de l'Atlantique, au Crétacé supérieur vers le nord-ouest tchadien et un ensemble de fossés transversaux au continent africain. La limite Crétacé-Tertiaire est marquée par des événements tectoniques ; un léger basculement de la dorsale centrafricaine a suffi pour assurer un renversement des axes de drainage du nord vers le sud.

L'affaissement de la cuvette congolaise ne se manifeste guère qu'au sud de 3°30', une ride souligne la bordure méridionale du bassin oubanguien dont elle explique la dissymétrie des formes. Au niveau charnière à peine soulevé, entre 3°30' et 5° N, s'est établi au Cénozoïque un réseau hydrographique transversal drainant la portion méridionale de la dorsale oubanguienne.

Après ces réajustements de la limite Crétacé-Cénozoïque s'est ouverte une longue période de stabilité tectonique pour le Centrafrique (biostasie) permettant sous des climats chauds et humides, correspondant, selon la théorie de la dérive des Continents, au passage du Centrafrique à l'Équateur à l'Oligo-Miocène. Des climats à saisons alternées auraient permis le développement d'importants épisodes cuirassés à l'Éocène : cf. buttes résiduelles de « cuirasses anciennes » hématitiques à faible résidu quartzeux, et surtout à la fin Pliocène : « cuirasses principales de type haut glacis, goethitiques, à important résidu quartzeux ».

Il est à noter que tandis que des buttes-témoins, cuirasses anciennes cénozoïques, jalonnent la surface centrafricaine (ainsi que le piémont tchadien), ces témoins n'ont pas été observés sur les glacis indurés du piémont oubanguien dont l'origine serait par conséquent plus récente.

1.6. - Les sols du bassin de l'Oubangui-Uele (Fig. 1-10)

Les sols de la partie congolaise du bassin ont été étudiés par les pédologues de l'INEAC (*Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge*). Après une présentation très générale de P.J. Livens (vers 1950), C. Sys (1960) est l'auteur de la première esquisse pédologique du pays au1/5 000 000. Cet essai de synthèse est basé sur des études régionales ou locales telles celles de R. Frankart en Uele (1960) et celles de P. Jonguen en Ubangi (1960, 1968). Parallèlement les pédologues de l'ORSTOM conduisaient des études sur les parties centrafricaines (P. Benoit-Janin, J. Boyer, Y. Boulvert, A. Beaudou, …) et congolaise (cf. P. de Boissezon et *al*. 1969) du bassin. Dans un premier mémoire, P. Quantin (1965) caractérisait les principaux types de sol centrafricain Les premières esquisses cartographiques de C. Sys et P. Quantin ont été utilisées dans les cartes de synthèse des sols d'Afrique de J.L. d'Hoore (1964) et de la FAO-Unesco (1974).

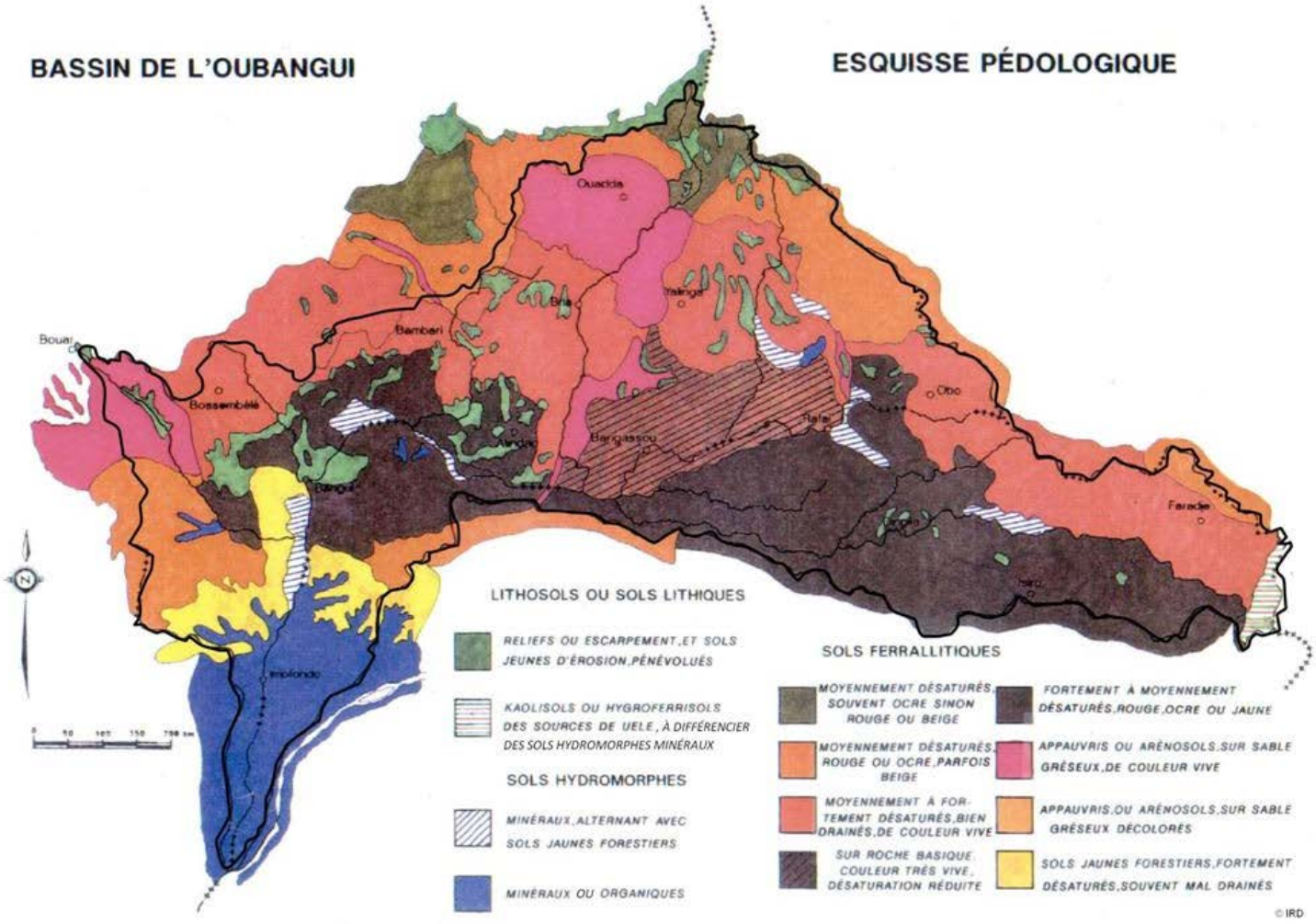


Figure 1-10
Carte Pédologique du Bassin de l'Oubangui

1.6.1. - Processus de formation des sols

Les processus de formation des sols du bassin oubanguien ressortent de trois types d'action :

- la décomposition et l'altération en place des roches aboutissent à la formation d'un « complexe d'altération » ;
- le développement de la végétation sur le sol l'alimente par sa décomposition en matière organique ;
- les transferts latéraux de l'eau en surface ou dans le sol entraînent l'érosion et la migration des éléments colloïdaux ou solubles.

1.6.1.1. - La ferrallitisation

La pluie chaude, tombant le plus souvent en abondance sur le bassin de l'Oubangui, provoque une hydrolyse des minéraux des roches avec élimination dans les eaux de percolation des bases alcalines et alcalino-terreuses et d'une partie de la silice. Il s'agit d'une hydrolyse neutre ou alcaline, les eaux d'infiltration étant pauvres en gaz carbonique et acides organiques solubles. L'hydrolyse totale des silicates libère, outre les oxydes de fer, de la silice et de l'alumine. L'écoulement hydrique évacue les bases et une partie de la silice tandis que s'accumulent relativement des produits de synthèse peu solubles alumineux ou ferrugineux.

La ferrallitisation se développe sur des roches mères très variées souvent sur une grande épaisseur. Le contenu minéral des sols est lié à la nature du drainage, de plus en plus réduit vers la base du bassin. Les secteurs à bon drainage (escarpements entaillés) sont favorables à la gibbsite et à la persistance d'illite résiduelle tandis qu'aplanissements, secteurs à drainage réduit sont favorables à la formation de kaolinite.

1.6.1.2. - L'induration

L'induration est un processus qui vient en complément de la ferrallitisation. Elle porte essentiellement sur les hydroxydes de fer et d'alumine. Dans le bassin oubanguien l'induration est ferrugineuse ou alumino-ferrugineuse, pratiquement jamais bauxitique. Le cuirassement est intense sur itabirites et roches basiques (cf. complexe amphibolo-pyroxénique du Mbomou).

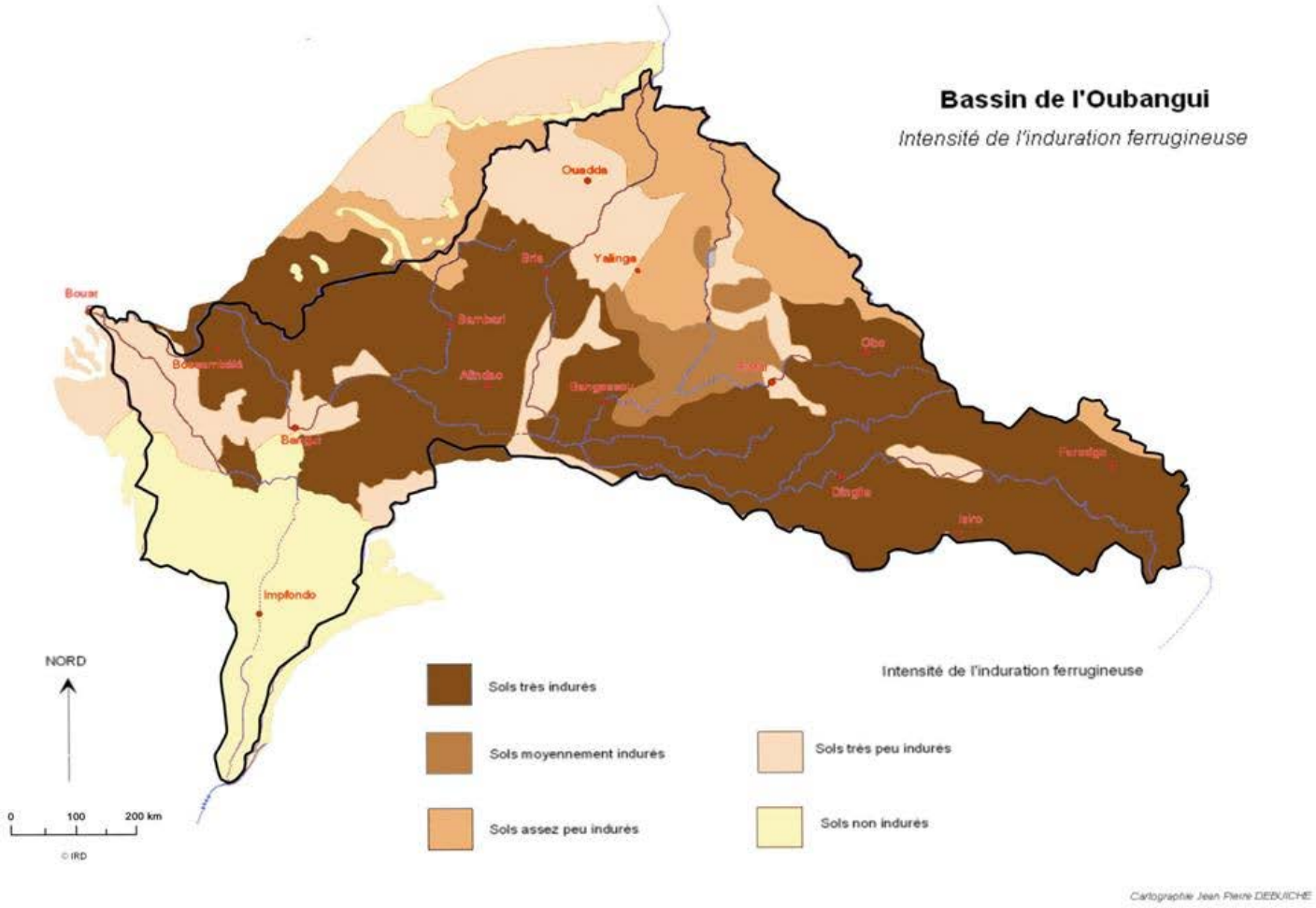


Figure 1-11
Carte de l'intensité des indurations ferrugineuses

1.6.1.3. - L'accumulation de matière organique

Normalement, température élevée et pluviométrie favorisent une minéralisation rapide de la matière organique. Les teneurs en matières organiques sont en général assez élevées (3 à 6 % dans l'horizon superficiel A1) sous couvert naturel. Autour de Bangui, on a noté que la teneur moyenne en matière organique de cet horizon s'abaisse de 5,7 % sous forêt à 2,6 dans les défrichements et de 3,2 % en savane à 2,2 en jachère.

Cependant en altitude, la baisse de température peut retarder la minéralisation de la matière organique dont l'accumulation peut atteindre 10 à 15 % (cf. source de l'Uele). Surtout, dans les zones marécageuses de la cuvette congolaise, on se trouve en présence de sols tourbeux ou semi-tourbeux avec 30 à 35 % de matière organique.

1.6.1.4. - Le lessivage

Lorsque le drainage est convenablement assuré et la pluviosité suffisamment abondante, l'eau percolant à travers le sol entraîne silice et bases ; on dit que le sol est lixivié. À un horizon A lessivé peut correspondre un horizon B d'accumulation. Ce cas n'est pas général, il peut y avoir exportation latérale des argiles et des bases par lessivage oblique. De même sur sable dérivant des grès, l'altération est très profonde, on n'observe pas d'horizon B d'accumulation et l'on parle de « sols appauvris ».

1.6.1.5. - L'hydromorphie

L'hydromorphie ou engorgement par l'eau peut s'accompagner d'une accumulation de matière organique (cf. sols hydromorphes organiques, sols tourbeux), mais ce n'est pas un cas général (cf. sols hydromorphes minéraux). Le plus souvent elle se traduit par la formation d'un horizon tacheté avec des plages grises, ocre ou rouges : c'est un « pseudo-gley ». Ces taches résultent d'une succession d'engorgements hydriques puis d'aérations du sol provoquant réductions et oxydations avec mises en mouvements suivies de précipitations du fer.

Lorsque l'engorgement est total, se développe un « gley », gris bleuté (dans les gammes de couleurs Munsell 2,5 ou 5 Y). La phase réductrice est alors la plus longue, le fer réduit est mis en mouvement et peut être évacué du profil. On comprend facilement que l'hydromorphie, liée à un drainage déficient, soit d'autant plus répandue que l'on se rapproche de la base du bassin oubanguien.

1.6.2. - Esquisse de classification des sols

1.6.2.1. - En RDC (ex-Congo belge), C. Sys (1960)

Les pédologues de l'INEAC utilisaient une classification de type morpho-génétique. Au premier niveau de classification (« l'ordre ») on distingue les matériaux récemment déposés (par exemple les sols tropicaux récents en grande partie hydromorphes sur alluvions de la plaine centrale congolaise, indiqués « FU » par Sys, et les matériaux altérés anciens, kaolinitiques : « kaolisols ». La subdivision en sous-ordres est en relation directe avec le pédoclimat. La loi de la zonalité horizontale et l'hydromorphie permettent de distinguer :

- sous forêt dense humide équatoriale, les « hygro-kaolisols » caractérisés par un profil bien drainé sans horizon de gley, mais sans dessèchement du profil au cours de l'année, avec un taux de saturation V inférieur à 50 % dans les horizons internes B et C. On les trouve donc au sud du 4e parallèle en Ubangi, du 3e en Uele ;
- sous savanes et forêts claires tropicales, les « hygro-xéro-kaolisols » caractérisés par un profil sans horizon de gley, qui subit un dessèchement temporaire au cours de l'année, avec toujours V < 50 %. On les observe au nord des précédents.

Dans ces deux sous-ordres, la plupart des sols constituent le grand groupe des « ferralsols » (RF), sols très évolués, à pédogenèse actuelle fortement réduite ou arrêtée, à teneur en argile supérieure à 20 %. La kaolinite y est mélangée à d'importantes quantités d'oxydes libres.

Un cas particulier important est représenté par les « ferralsols des plateaux de Yangambi » (YF) considérés comme dépôts éoliens ; on les observe sur le pourtour de la cuvette congolaise sous forêt dense humide ; leur texture argilo-sableuse au sommet devient sablonno-argileuse en descendant vers les vallées. Ils sont peu colorés.

En raison de leur intérêt agronomique, on distingue le groupe des « ferrisols » (RS), présentant un degré de saturation du complexe absorbant inférieur à 50 % dans les horizons B et C ; ils renferment un horizon B structural à revêtements argileux sur les surfaces des agrégats, avec un rapport limon/argile supérieur à 0,20 et plus de 10 % de minéraux altérables.

Les savanes d'altitude des sources de l'Uele sont caractérisées par un type de sols particuliers les « kaolisols à horizon sombre » (RR) avec un horizon humifère de surface A1 prononcé sans horizon A2 lessivé.

Dans d'autres régions du pays, était défini le groupe des « areno-ferrals » développé dans un matériau ferrallitique contenant moins de 20 % d'argile sur plus de 1 m de profondeur (cf. sols « appauvris », psammitiques sur sable dérivant des grès d'Ouadda, de Carnot, de Kembé se prolongeant en RDC sur la dorsale de Kota-Koli).

1.6.2.2. - Au Centrafrique, P. Quantin (1965)

La classification française, utilisée par les pédologues ORSTOM au Centrafrique et au Congo notamment, subdivisait la grande classe des sols à sesquioxydes (Fe_2O_3, Al_2O_3,...) fortement individualisés et à matière organique de décomposition rapide, en sols ferrugineux tropicaux et sols ferrallitiques (ex-sols latéritiques). Ils se différenciaient par l'intensité de l'altération des minéraux, celle-ci se traduisant finalement par la formation des produits argileux dont le rapport SiO_2/Al_2O_3 est au moins égal à 2 pour les sols ferrugineux, toujours inférieur à 2 pour les sols ferrallitiques dont l'altération intense et profonde se produit en milieu plus chaud et plus humide. L'intensité du phénomène de ferrallitisation était considérée comme limitée dans le cas des sols « faiblement ferrallitiques » à rapport SiO_2/Al_2O_3 compris entre 1,7 et 2) par opposition aux sols « fortement ferrallitiques » (à rapport SiO_2/Al_2O_3 toujours inférieur à 1,7).

Dans son esquisse pédologique du Centrafrique, P. Quantin (1965) distinguait :

- au nord d'une ligne Dékoa-Bria-Djéma (soit entre 6° et 6°50' N) un domaine de sols faiblement ferrallitiques avec sols ferrugineux tropicaux lessivés ;
- au nord d'une ligne Boda-Damara-Bakouma-Obo (soit entre 5° et 6° N) un domaine à sols faiblement ferrallitiques dominants ;
- au nord d'une ligne Mbaiki-Ouango-Rafaï (entre 3°30' et 5° N) un domaine à sols faiblement ferrallitiques dominants et fortement ferrallitiques associés, ces derniers devenant dominants au sud de cette ligne. Une distinction était faite suivant la nature extrême des matériaux : roches basiques ou sables quartzeux.

1.6.2.3. - Au Congo

Dans leur cartographie descriptive des sols du Congo, P. de Boissezon, G. Martin et F. Gras (1969) différencient les sols ferrallitiques suivant leur degré de désaturation et la nature des matériaux. Ils distinguent ainsi parmi les sols ferrallitiques fortement désaturés en B :

- des sols remaniés (caractérisés par une « nappe de gravats » ou *stone-line* comprise entre deux niveaux meubles) sur matériau dérivant du socle ;
- des sols appauvris modaux (rouges) sur grès de Carnot ou des sols appauvris jaunes sur matériaux en dérivant sur la bordure de la cuvette. Ces derniers sont associés à des sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley ou gley sous végétation forestière.

Enfin les sols inondables de la cuvette sont dénommés « sols hydromorphes organiques », ce sont des sols tourbeux ou semi-tourbeux, localement associés le long de la vallée de l'Oubangui à des « sols peu évolués d'apport hydromorphes, sous prairie flottante ».

1.6.2.4. - Cartes de synthèse

Tandis que la première carte de synthèse des sols d'Afrique établie par J. d'Hoore pour le CCTA (*Commission de Coopération Technique en Afrique au sud du Sahara*) en 1964, utilisait une légende, compromis entre les institutions et pays œuvrant en Afrique, la seconde fut préparée par J. Riquier pour la FAO-Unesco (1976) dans le cadre de la carte mondiale des sols avec une légende internationale, celle de la FAO. Cette synthèse présente l'intérêt de

donner une estimation chiffrée des superficies couvertes par les diverses unités cartographiques ; malheureusement cette superficie semble surestimée car la somme en atteint 690 000 km^2 pour le bassin de l'Oubangui.

La synthèse des cartes pédologiques à moyenne échelle du Centrafrique permit à Y. Boulvert (1983) de dresser une carte détaillée de ce pays et d'en déduire une carte à petite échelle pour l'*Atlas Jeune Afrique de RCA* (1984). La légende de cette carte peut être adaptée pour le bassin de l'Oubangui, en liaison avec la légende FAO.

Les reliefs rocheux résiduels surmontant la surface centrafricaine correspondent à des « lithosols » ou « sols lithiques ». Dans les entailles séparant par exemple la surface centrafricaine du piémont oubanguien, ces sols sont associés à des sols d'assez grand intérêt agronomique car érodés, proches de la roche mère, ils ont conservé des minéraux altérables (cf. sols « ferrallitiques pénévolués »). Ce sont les « cambisols » de la FAO : de *cambiare* = changer, terme évoquant les changements de couleur, structure et consistance, résultant de l'altération *in situ*.

Un premier domaine correspond à l'extrémité de la surface centrafricaine, pratiquement au nord du 8e parallèle : « sols ferrallitiques moyennement désaturés, ocre, rouges ou beiges ». En effet, contrairement à l'estimation de P. Quantin, il semble que dans le bassin de l'Oubangui, les sols ferrugineux tropicaux lessivés ne doivent être cités que pour mémoire alors qu'ils se développent largement dans les bassins nilotique et tchadien. Ce domaine correspond à une pluviométrie moyenne annuelle, P, comprise entre 1 200 et 1 350 mm avec 4 à 5 mois de saison sèche. Ces sols assez faiblement colorés (prédominance de sols ocre) sont moyennement indurés et, mal protégés par le couvert arbustif, assez souvent érodés, leur valeur agronomique est médiocre ; ils conviendraient au coton.

Dans les hauts bassins de la Ouaka, mais aussi du Chinko à la Ngoangoa, le long de l'interfluve Congo-Nil, le plus souvent donc au nord de 7°30', s'étend le domaine des « sols ferrallitiques moyennement désaturés, rouges ou ocre, parfois beiges ». On y observe le long des versants, la toposéquence classique de couleur : sols rouges sur les interfluves, puis ocre sur les versants et beiges en bas de pente. Ce domaine correspond à P entre 1 350 et 1 400 mm avec 3 à 4 mois de saison sèche.

La plus grande partie de la surface centrafricaine (bassins Uele-Mbomou mais aussi Ouaka, Mpoko) porte des « sols ferrallitiques moyennement à fortement désaturés, bien drainés de couleur vive » correspondant à P entre 1 400 et 1 550 mm avec 2 à 3 mois de saison sèche. De qualité moyenne, ils permettent la plupart des cultures de savane : manioc, paddy, maïs, ... Un facteur limitant leur mise en valeur et notamment la mécanisation des cultures, réside dans la généralisation d'une nappe de gravats (gravillons ferrugineux, débris de cuirasses ou de filons quartzeux) ou « stone-line » (cf. sols « remaniés »).

Ces trois domaines pédo-climatiques sont subdivisés sur la carte FAO en deux seulement « Ferralsols orthiques » (d'*orthos* = droit, cf. type représentatif classique) au sud et « plinthiques » au nord (de *plinthos* = brique, argile tachetée durcissant irréversiblement après exposition à l'air. Il nous semble que le terme d'orthique aurait pu être réservé au deuxième domaine, le terme de « rhodique » (rouge) étant attribué au troisième.

Sur la surface centrafricaine, plusieurs types de sols doivent être mis à part, notamment en raison de l'induration moyenne en général sur roches métamorphiques, particulièrement accentuée (cf. « cuirasses » ou phase « pétroferrique ») sur roches basiques, cf. séries de Dialinga ou complexe amphibolo-pyroxénique de part et d'autre du Mbomou. Argileux et vivement colorés, ces sols, s'ils ne sont pas indurés, conviennent particulièrement au café et même au cacao avec une pluviométrie qui atteint 1 700 mm et une saison sèche inférieure à deux mois. La carte FAO rattache certains de ces secteurs sur roches basiques aux « Nitosols » (de *nitidus*, évoquant les agrégats brillants, luisants).

De même en fonction du matériau, il importe de mettre à part les secteurs de « sols ferrallitiques appauvris en argile » sur matériaux sableux dérivant des grès mésozoïques (d'Ouadda, de Carnot) ou des grès-quartzites du Précambrien supérieur (de Kembé et de Kota-Koli). Correspondant aux « areno-ferrals » de Sys, ils sont dénommés « Arenosols ferrallitiques » par la FAO. Pauvres en éléments minéraux et fragiles, ces sols doivent être laissés sous couvert naturel, ils ne conviennent guère qu'à l'élevage extensif.

Dans certains secteurs déprimés (cf. crypto-karst) de la surface centrafricaine, on observe des sols couramment répandus sur le piémont oubanguien, aussi bien en RDC qu'en Centrafrique : « sols ferrallitiques fortement à moyennement désaturés rouges ou ocre ». Sur les glacis assez souvent indurés de ce piémont oubanguien on retrouve une toposéquence de couleur similaire de celle qui se développe plus au nord. Dans ces savanes périforestières, la pluviométrie est voisine de 1 500 mm avec 1 à 3 mois de saison sèche.

Sous couvert de forêt dense humide, l'induration ferrugineuse est très réduite - sauf sous la forêt du Mbomou - mais ce serait un signe de son extension assez récente. Les sols sont fréquemment décolorés et fortement désaturés « sols jaunes forestiers » ou « Ferralsols xanthiques » (= jaunes). Ces sols, s'ils sont meubles, avec plus de 30 % d'argile conviennent au palmier à huile, au café et à l'hévéa. Ils sont surtout fragiles notamment quant au défrichement par les engins mécaniques, leur fertilité se trouvant concentrée sur quelques centimètres de litière organique.

Les sols résultant d'un engorgement par l'eau sont de divers types :

- des « sols peu évolués d'apport alluvial ou colluvial », le long des grands cours d'eau, cf. « fluvisols » (de *fluvius* = fleuve) de la FAO ;
- des sols hydromorphes minéraux (cf. « gleysols dystriques » de la FAO). Ils parsèment les dépressions karstiques de la surface centrafricaine ou du piémont oubanguien et se développent surtout dans la plaine entre Oubangui et Congo ;
- des sols hydromorphes organiques (cf. « gleysols humiques » correspondant aux étendues marécageuses de la cuvette congolaise, qu'il serait très difficile de drainer et de mettre en valeur. On peut y ajouter quelques « sols tourbeux » ou « histosols » de la FAO (de *histos* = tissu, en raison de l'abondance de matière organique fraîche ou partiellement décomposée).

Le potentiel foncier disponible du bassin de l'Oubangui apparaît considérable étant donné l'extension du couvert forestier et la faible densité de la population. L'exubérance de la végétation ne doit pas être confondue avec la fertilité des sols. On ne trouve pas dans ce bassin de riches terres volcaniques ; quant aux secteurs sur roches basiques, ce sont les plus indurés ; or une cuirasse compacte et superficielle rend ces sols dits *lakéré*

inutilisables pour l'agriculture.

1.6.3. - Aperçu sur la perméabilité des sols du bassin oubanguien (Fig. 1-12)

La perméabilité des sols du bassin oubanguien dépend des matériaux originels, des types de sols et de leur position dans le paysage.

La plus grande partie de ces sols repose sur le socle précambrien, souvent imperméable ; c'est notamment le cas des sols ferrallitiques indurés en carapaces ou cuirasses compactes (du type *bowal* ou *lakéré*). Sur un même matériau comme les grès-quartzites précambriens, la perméabilité varie largement selon qu'il s'agit d'affleurements en arêtes rocheuses dures (imperméables) ou de leurs produits de décomposition sableux (perméables).

En revanche, les grès mésozoïques d'Ouadda (localement indurés en cuirasses) et surtout de Carnot, sont en majeure partie décomposés ou altérés en sables pulvérulents. La maille du réseau hydrographique y est beaucoup plus lâche que sur le socle, correspondant à un modelé en larges interfluves convexes, sableux, perméables et bien drainés.

Les produits de décomposition de la cuvette congolaise, souvent sableux, sont saturés sinon ennoyés. Les formations précambriennes carbonatées, perméables elles-mêmes, mais profondément décomposées, altérées, ne s'observent guère que dans des secteurs déprimés ; ces derniers apparaissent parsemés de multiples mares circulaires (cf. dolines) dans un modelé dit crypto-karstique plus ou moins ennoyé.

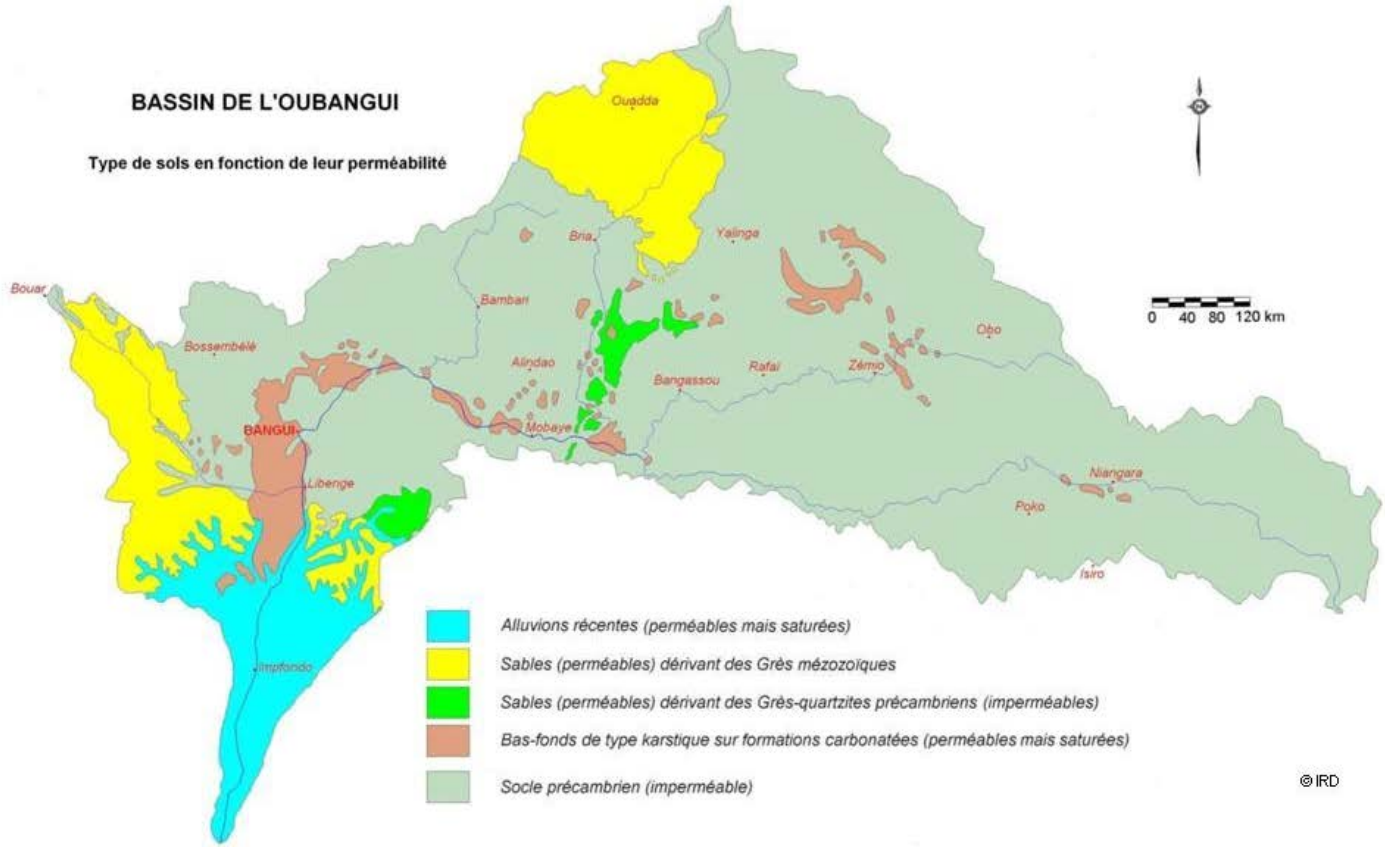


Figure 1-12
Carte des types de sols en fonction de leur perméabilité

1.7. - La végétation du bassin de l'Oubangui (Fig. 1-13)

La végétation constitue, avec le relief, l'élément le plus déterminant des paysages, c'est également un des facteurs les plus importants du régime des cours d'eau. La végétation est en relation étroite avec le climat qui varie avec la latitude mais également avec l'altitude. C'est ainsi que, tout comme la pluviosité, la végétation est de moins en moins humide vers le nord certes, mais également vers le nord-est et l'interfluve Congo-Nil. Il a été montré par ailleurs (Boulvert 1986b, 1990) que cet interfluve n'est pas une simple ligne de partage des eaux mais un escarpement de pseudo-cuesta qui joue un rôle important sur la morphologie, le relief, le climat et la végétation. Les explorateurs tels G. Schweinfurth (1871), W. Junker (1890), Dr A. Cureau (1901) avaient noté le contraste entre l'escarpement nilotique à écoulement torrentiel et surtout temporaire et le versant congolais peu incliné, sur lequel le développement de galeries forestières freinait l'écoulement des eaux.

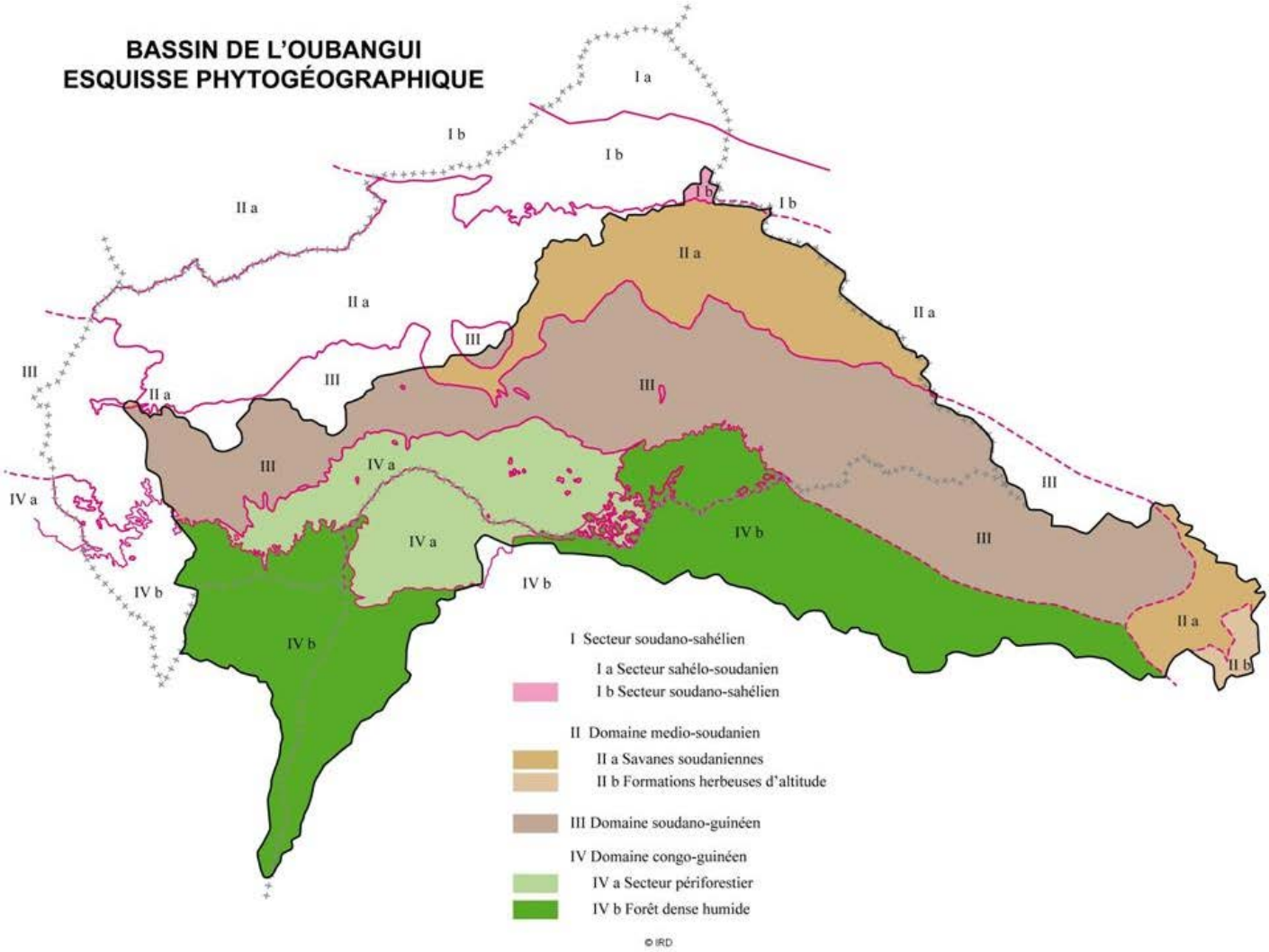


Figure 1-13
Carte de la végétation

1.7.1. - Facteurs affectant la végétation

Dans le bassin de l'Oubangui, l'altitude varie de 1 700 à 300 m mais très progressivement ; il n'y a pas de « formations montagnardes », non plus que de reliefs accentués. La partie méridionale de ce bassin est encore très largement occupée par la forêt dense ombrophile (qui aime la pluie) ou sempervirente, c'est-à-dire toujours verte. Les influences édaphiques s'y font difficilement sentir et le sol, tout au moins en apparence, modifie peu la physionomie et la composition de la forêt. Toutefois, dans la cuvette congolaise, en amont du confluent Oubangui-Congo, l'excès d'eau favorise la forêt dense marécageuse.

L'influence de l'Homme sur la végétation se fait surtout sentir dans le secteur périforestier englobant la grande forêt, tout particulièrement dans les secteurs, relativement peuplés, correspondant aux grandes vallées : Oubangui, Uele, Mbomou, tout particulièrement de part et d'autres des axes routiers le long desquels la population s'échelonne. Par ailleurs, la grande région des savanes est, chaque saison sèche, traversée par des feux courants. La végétation ligneuse a dû s'adapter pour subsister, en se protégeant par exemple d'une écorce liégeuse. Les espèces les plus communes sont dites pyrophiles ou mieux pyrotolérantes. Les hauts bassins de la Kotto, du Mbomou peu peuplés, sont en voie de désertion, depuis au moins un siècle et demi. Cette diminution de la pression anthropique peut permettre à la végétation forestière de se reconstituer comme on le voit de nos jours sur le plateau gréseux d'Ouadda (Boulvert, 1996).

1.7.2. - Données de délimitation phytogéographique

L'ancien Congo belge donna lieu le premier à des essais de synthèses floristiques ou phytogéographiques avec les ébauches de J. Léonard (1953) et W. Robyns (1948), suivies de l'essai de carte de végétation de R. Devred (1958), le tout s'appuyant sur *la Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi*, publiée par l'INEAC (*Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge*) en fascicules de 1948 à 1963. J. Hecq et D. Froment (1960) apportent quelques précisions sur la végétation d'altitude du Haut-Uele.

Ces données seront utilisées dans les cartes de végétation de l'Afrique d'A. Aubreville *et al*. (1959) et F. White (1981), de même que l'esquisse phytogéographique du Congo de B. Descoings (1969). Pour le Centrafrique, les territoires phytogéographiques, esquissés par R. Sillans (1958), ont été précisés par Y. Boulvert (1986a). À noter les *Atlas Jeune Afrique* qui donnent par pays une présentation schématique du couvert végétal, cf. B. Peyrot

(1977) au Congo, A.K. Fahem en RDC (1980) et J.P. Régner (1984) en Centrafrique.

1.7.3. - Forêt guinéo-congolaise ombrophile

F. White (1986) rattache le bassin de l'Oubangui à trois des subdivisions chorologiques principales d'Afrique : les deux centres régionaux d'endémisme : guinéo-congolais (I) au sud, soudanien (III) au nord, séparés par la zone de transition guinéo-congolaise-soudanienne (XI).

Réservant le terme de sempervirent à la forêt côtière hygrophile, F. White dénomme « forêt ombrophile semi-sempervirente humide mélangée », la forêt de la cuvette congolaise à pluviosité moyenne annuelle comprise entre 1 600 et 2 000 mm avec une courte saison sèche, inférieure à trois mois. Cette forêt se rencontre sur sols bien drainés, un peu partout dans le sud du bassin de l'Oubangui-Uele. Une espèce comme *Oxystigma oxyphyllum*, le « tchitola » des forestiers, en est significative.

Des arbres géants, présents en abondance, sont des témoins de l'ancienne forêt primaire. Citons des Méliacées : *Entandrophragma angolense* (« tiama »), *. candollei* (« kosipo »), *. cylindricum* (« sapelli »), *. utile* et des Sapotacées : *Autranella congolensis* (« mukulungu »), *Manilkara sp. …*

1.7.4. - Forêt semi-caducifoliée de bordure

Des espèces, absentes dans les types humides méridionaux, se rencontrent sur la périphérie nord de la forêt qui est de type semi-décidue ou semi-caducifoliée. D'avion ou sur les photographies aériennes on peut suivre la densité des cimes défeuillées qui apparaissent comme autant de points blancs. Citons à côté des Celtis : *C. mildbraedii*, *C. philippensis* (« ohia »), *C. tessmanii* (« diana »), *Afzelia africana* (« doussié »), *Aningeria altissima*, (« mijikali »), *Aubrevillea kerstingii*, *Khaya grandifoliola* (cf. acajou). À noter qu'une espèce du versant atlantique camerounais comme *Mansonia altissima* (« bété »), inconnue en RDC et au Congo, peut encore se rencontrer dans la partie centrafricaine du bassin.

Cette forêt de lisière est fortement secondarisée. On y rencontre des espèces caractéristiques des forêts secondaires : *Ricinodendron heudelotii*, *Pycnanthus angolensis* (« ilomba ») à côté de *Musanga cecropioides* (« parasolier »), *Myrianthus arboreus*, *Trema orientalis*, *Harungana madagascariensis*. Deux essences héliophiles d'exploitation commerciale, à croissance rapide sont particulièrement intéressantes : *Triplochiton scleroxylon* (« ayous ») et *Terminalia superba* (« limba »). À noter qu'elles disparaissent sur les larges interfluves sableux dérivant des grès : la forêt y est peu secondarisée car, faute de points d'eau, ils étaient difficiles à défricher. En raison de l'éloignement de la mer, l'exploitation forestière se réduit à quelques espèces de haute valeur commerciale : sapelli, ayous, limba, ...

La limite nord de la forêt dense humide présente des indentations. Elle remonte un peu au-delà de Bangui-Zongo le long de l'Oubangui, redescend vers l'intérieur de la boucle de ce cours d'eau avant d'en longer la rive sud, en amont entre Mobaye et Yakoma. Toutefois, contrairement à ce qu'indique la carte de végétation de l'Afrique, un lambeau notable de ce type forestier se conserve au nord-ouest de Bangassou. À partir du bassin du Bili demeuré boisé, la limite septentrionale du domaine forestier s'incurve vers le sud-est. En Uele elle suit l'hysoplèthe de quatre-vingts jours sans précipitations et le front d'influence des vents secs du Soudan, selon R. Devred (1958). Cette forêt lisière du Mbomou se distingue par la présence d'espèces arborescentes facultatives de savanes telles *Anogeissus leiocarpus* et *Afzelia africana* et par l'abondance du palmier à huile : *Elaeis guineensis*, espèce absente du bassin nilotique : on ne l'observe qu'au sud de l'interfluve Congo-Nil. R. Devred (1958) distingue des forêts denses humides sempervirentes mélangées des forêts denses humides semi-décidues subéquatoriales et guinéennes des basses vallées de l'Oubangui et de l'Uele, celles, mélangées d'essences forestières semi-décidues suborophiles, du haut-bassin du Bomokandi au-dessus de 800 m.

1.7.5. - Forêt ombrophile guinéo-congolaise à une seule espèce dominante

À côté de la forêt ombrophile mélangée, hétérogène, on rencontre sur la bordure sud du bassin oubanguien de petits îlots sempervirents à une seule espèce dominante. On les observe un peu partout dans une large auréole encadrant le centre de la cuvette congolaise. Parmi les cinq espèces de légumineuses césalpinioédées qui dominent ces îlots, la plus commune dans le bassin de l'Oubangui est *Gilbertiodendron dewevrei*. La strate supérieure d'une hauteur habituelle de 35 à 45 m est uniforme et dense. Venant du fouillis végétal des forêts lisières hétérogènes, secondarisées et souvent dégradées, on est frappé par ces peuplements purs aux sous-bois clairs. Les entrelacements de lianes en sont absents et on circule aisément sur un épais tapis de feuilles mortes. C. Evrard (Jongen, 1960) considère cette forêt à une seule dominante comme le climax type. *Gilbertiodendron dewevrei* croît en forêt riveraine ou marécageuse sur sol sablonneux mais aussi sur sols à argiles rouges bien drainés et bonne rétention d'eau en Ubangi-Uele. Le bilan hydrique des sols sous cette formation est toujours favorable. Au Centrafrique, on le retrouve sur grès de Carnot au sud du Bodingué. La distribution de *Julbernardia seretii* est moins étendue, on en connaît un peu dans l'Uele entre 500 et 800 m d'altitude. Inversement la forêt à *Brachystegia laurentii* s'observe dans la cuvette centrale au-dessous de 500 m d'altitude.

1.7.6. - Forêts inondables et marécageuses

Une place doit être réservée à la forêt riveraine guinéo-congolaise et à la forêt marécageuse qui s'étend largement de part et d'autre du confluent Oubangui-Congo. Elle est restée pratiquement vierge en raison de ses difficultés d'accès. Les palmiers grimpants (*Ancistrophyllum*, *Eremospatha* et *Calamus*) y sont particulièrement caractéristiques à côté de *Guibourtia demeusei* (« bubinga »), *Uapaca guineensis* (« rikio »), *Mitragyna ciliata* et *M. stipulosa* (« bahia »), *Carapa procera* (« crabwood »), *Entandrophragma palustre*, *Oubanguia africana*, *Pandanus candelabrum*, *Raphia spp*. Beaucoup de ces arbres ont des pneumatophores et certains possèdent des racines-échasses. En Ubangi, selon R. Devred (1958), par atterrissement progressif des vallées, la composition floristique de ces forêts évolue vers une forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*.

En première approximation, la forêt dense guinéocongolaise couvrirait dans le bassin oubanguien 161 000 km^2 dont 133 000 km^2 pour la forêt de terre ferme et 28 300 km^2 pour la forêt marécageuse.

1.7.7. - Savanes périforestières

Le domaine guinéo-congolais s'étendrait sur 345 000 km^2 soit un peu plus de la moitié du bassin oubanguien, les savanes périforestières et incluses en forêt avec les résidus mixtes et galeries forestières en recouvrant un peu plus de la moitié (183 500 km^2). On peut les différencier suivant leur origine soit édaphique sur cuirasses ferrugineuses ou sols hydromorphes soit anthropique. Elles sont souvent parsemées d'espèces arbustives pyrotolérantes : *Bridelia ndellensis*, *Hymenocardia acida*, *Annona senegalensis* et *Terminalia glaucescens*. À côté du rônier : *Borassus aethiopum*, souvent abondant dans les plaines karstiques, on y rencontre également *Vitex madiensis*, *V. doniana*, *Crossopteryx febrifuga*, *Nauclea latifolia*.

D'après la strate herbacée on distingue de la même façon trois principaux groupements végétaux. Celui à *Hyparrhenia* : *H. diplandra*, *H. familiaris* accompagné de *Urelytrum thyrsioides* et *Jardinea congoensis*. Le groupement à *Pennisetum purpureum* (« sissongo » ou « herbe à éléphants ») forme transition entre les savanes à *Hyparrhenia* et les recrus forestiers. Les mises en cultures répétées conduisent fréquemment à l'envahissement par *Imperata cylindrica* (« herbe-baïonnette »).

Il faut également signaler la présence tout au long de la lisière forestière des savanes d'aspect mamelonné à termitières géantes dues à *Bellicositermes bellicosus rex*. Ces édifices de plusieurs dizaines de mètres cubes s'allongent depuis les grès de Carnot jusqu'à l'Uele de part et d'autre de l'Oubangui ; ils sont particulièrement remarquables dans les environs d'Alindao.

Signalons enfin que R. Devred (1958) cartographie le secteur des sources de l'Uele en « savanes herbeuses (*Hyparrhenia* - *Themada* - *Loudetia*) et boisées remplaçant les forêts denses humides semi-décidues sub-montagnardes de transition à *Turraea vogelioides*, *Beilschmiedia oblongifolia*, en voie de complète disparition ».

Vers la source de l'Uele, J. Hecq et D. Froment rattachent le haut-versant sud-ouest de l'Uele au domaine périguinéen avec, à côté des lambeaux forestiers, une dominance des groupements herbeux, les uns à *Pennisetum purpurem*, les autres à *Seteria sphacelata*.

1.7.8. - Domaine soudano-guinéen de transition

Limites

Exceptionnellement sur le plateau gréseux de Carnot, la forêt dense guinéenne passe, sans l'intermédiaire des savanes périforestières, aux savanes soudano-guinéennes à *Burkea-Lophira*. Plus à l'est, cette limite sud du domaine soudano-guinéen suit l'escarpement séparant la surface centrafricaine du piémont oubanguien via Boali-Bambari. Elle emprunte la limite sud du plateau gréseux de Nakando (au sud de Bakouma), puis s'infléchit vers le sud-est au travers du plateau cuirassé du Mbomou dans lequel les plateaux cuirassés se rattachent au domaine soudano-guinéen et les forêts vallicoles à celui guinéen de la forêt dense humide. Depuis Zémio vers l'est-sud-est, cette limite rejoint la vallée de l'Uere et les sources de l'Uele.
La limite nord de ce domaine de transition se traduit par l'apparition des premières savanes boisées soudaniennes à *Isoberlinia-Monotes-Uapaca*, des bambousaies ou du karité. Franchissant l'interfluve Congo-Tchad, elle apparaît le long des arêtes quartzitiques des Mbrés-Bakala. Elle remonte ensuite vers le nord (une grande partie du plateau gréseux d'Ouadda s'y rattache) avant de redescendre vers le sud-est par le confluent Bita-Vovodo jusqu'au sud du mont Dangoura à partir duquel elle se prolonge dans le bassin du Nil. Des îlots du domaine soudanien situés plus au sud -parfois à 200 km- semblent correspondre à des témoins paléoclimatiques d'une ancienne extension. Citons au Centrafrique ceux de Boali, de Tilo et des grès de Nzako auxquels il faut rajouter en RDC les témoins du parc de la Garamba sur l'interfluve Congo-Nil. Ainsi délimité, ce domaine soudano-guinéen couvre un peu plus de 200 000 km^2, soit 32 % du bassin oubanguien.

Dans ce domaine de transition, on est avant tout frappé par la conservation de témoins des « forêts denses semi-humides » (Boulvert, 1986a) très improprement dénommées par F. White (1986), « forêt claire de transition soudanienne ». Par cette appellation on veut souligner que -notamment sur le plateau gréseux d'Ouadda- subsistent tous les intermédiaires entre les forêts denses humides et sèches. Le sous-bois y est dense, sans graminées, il reste vert en saison sèche et les feux courants le contournent. À côté d'*Anogeissus leiocarpus* et *Albizia zygia*, on y relève en sous-bois *Rothmania whitfieldii*, *Anthocleista oubanguiensis*, *Allophylus africanus*, *Magnistipula butayei*, *Chaetacme aristata*, *Ochthocosmus africanus*, *Santaloides afzelii* ...

Dans le secteur des plateaux cuirassés étagés du moyen Mbomou, on observe localement une différenciation altitudinale des formations végétales, les savanes et couronnes forestières soudano-guinéennes surmontent des forêts vallicoles lisières guinéennes avec *Spathodea campanulata* (« tulipier »), *Myrianthus arboreus* ...

À côté de ces témoins forestiers qui se prolongent vers le nord en suivant les galeries forestières, on rencontre des savanes arborées à espèces dominantes : *Burkea africana*, *Lophira lanceolata*, particulièrement remarquables sur le plateau gréseux de Carnot au Centrafrique. D'autres sont à espèces mélangées, les unes d'affinités soudaniennes : *Terminalia laxiflora*, d'autres guinéennes : *Terminalia glaucescens*, certaines anthropiques : *Daniellia oliveri*, sans compter les savanes arbustives banales pyrotolérantes.

Assez fortement dégradée par l'Homme, au nord de Bangui (bassin Mbi-Mpoko), la végétation de ce domaine l'est beaucoup moins dans l'est centrafricain, de même au nord-est de la RDC.

La strate herbacée présente certaines caractéristiques comme celles de la végétation des clairières sur cuirasses subaffleurantes dites *bowe* en Afrique Occidentale, *lakéré* en Centrafrique, ou *pengbele* dans l'Uele. Seules parviennent à s'y installer des petites herbacées annuelles : *Panicum*, *Eragrostis*, *Loudetia* (*annua*, *coarctata*), *Ctenium* (*elegans*, *newtonii*), *Cochlospermum tinctorium*, *Bulbostylis coleotricha*. La surface de ces lakéré est souvent parsemée de termitières champignons édifiées par *Cubitermes fungifaber*. Ces lakérés légèrement incurvés en auge, servent au rassemblement des eaux de pluies. Le ruissellement y est intense par rapport aux savanes et surtout aux forêts environnantes. Dans les bassins de l'Oubangui, les lakérés couvrent près de 15 000 km^2 ; ils sont particulièrement répandus sur le complexe amphibolo-pyroxénique de part et d'autre du Mbomou.

Les associations de graminées sont de meilleures indicatrices de la nature des sols que les ligneux. Ainsi *Loudetia arundinacea* affectionne les sols sableux ou gravillonnaires. *Brachiaria brizantha*, d'écologie plus stricte se cantonne sur les sols sableux. *Setaria sphacelata* est une plante pionnière virulente tandis que *Panicum phragmitoïdes* est le dernier rempart contre le surpâturage, développé autour de Bambari. Sur colluvions de vallées

Hyparrhenia diplandra prédomine. Les bordures des plaines inondables sont dominées par des graminées hautes, telles *Hyparrhenia rufa*, *Loudetia phragmitoïdes*, *Jardinea congoensis, ...*

Dans le haut-bassin de l'Uele (versant nord-ouest), J. Hecq et D. Froment distinguent deux grands groupements herbeux : les savanes à *Loudetia arundinacea* avec souvent *Protea madiensis* sur les versants érodés des collines et *Brachiaria fulva* avec *Hyparrhenia filipendula* sur les sols les plus profonds.

1.7.9. - Domaine soudanien

Le domaine soudanien, ou plus précisément médio-soudanien selon la terminologie de R. Letouzey (1968) est le domaine d'élection des savanes à espèces dominantes (autrefois dénommées « forêts claires ») telles *Uapaca-Isoberlinia-Monotes*, outre *Burkea-Lophira* à côté de savanes à espèces mélangées (Sillans, 1958) : *Terminalia laxiflora-Grewia mollis* et *Combretum hypopilinum*. L'espèce ligneuse la plus répandue est le karité : *Butyrospermum paradoxum ssp. parkii*.

Une formation particulière est également typique de ce domaine : la bambousaie à *Oxytenanthera abyssinica*, aux fourrés difficilement pénétrables. Les peuplements les plus denses s'observent à la périphérie nord du plateau gréseux de Mouka-Ouadda. À partir des arêtes quartzitiques des Mbrés, on les retrouve tout au long de l'interfluve Congo-Nil (Mt Abourassein, Mt Dangoura), jusqu'en RDC où R. Devred (1958) les signale à l'est de la source de l'Uele. L'aire de répartition d'une cycadacée : *Encephalartos septentrionalis* présente des analogies avec la précédente. On la suit depuis les Mbrés-Ouadda tout au long et de part et d'autre de l'interfluve Congo-Nil.

Dans ces régions dépeuplées, les formations ligneuses sont bien conservées : savanes arborées ou forêts claires. À l'extrémité nord du domaine médio-soudanien qui couvre 94 500 km^2, soit 14,6 % du bassin oubanguien, on voit apparaître sur les contreforts du massif du Dar Chala des espèces soudano-sahéliennes telles *Boswellia papyrifera*, *Haplocoelum gallaense*, *Tricalysia djurensis*. Tandis qu'*Aframomum sp*. se raréfie dans le domaine médio-soudanien, les *Andropogonées* dominent la strate herbacée : *Hyparrhenia* (*H. rufa*, *H. diplandra*), *Andropogon gayanus* et surtout *Cymbopogon giganteus*.

Ainsi les savanes qu'elles soient arbustives périforestières ou arborées soudano-guinéennes ou médio-soudaniennes couvrent 460 000 km^2 soit 70 % du bassin oubanguien. Toutes sont susceptibles d'être traversées chaque année par les feux courants dont les images satellites montrent que le front de progression peut dépasser la centaine de kilomètres. Ces feux nettoient la savane et permettent une repousse de l'herbe appréciable pour les troupeaux. Dénudant le sol, ils sont par contre néfastes, surtout juste avant les premières pluies en mars-avril.

Retour en haut du Chapitre

Sommaire de la monographie

Chapitre 2

LA CLIMATOLOGIE DU BASSIN OUBANGUIEN

Facteurs généraux du climat. La circulation des masses d'air

Le vent

La température de l'air

La psychrométrie

Le rayonnement solaire

L'évaporation, la pression atmosphérique

La pluviométrie

Le climat du bassin oubanguien

2.1. - Les facteurs généraux du climat. La circulation des masses d'air

Généralités

Les données utilisées dans ce chapitre sont issues principalement :

- pour le Centrafrique et le Congo, des archives de la Météorologie Nationale (1959) française ;
- pour la RDC, des publications (Bultot, 1971-1977) et des archives (1950-1958) de l'INEAC (*Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge*).

Nous avons consulté les ouvrages concernant la climatologie, tels ceux de R. Genève (1957), H. Grisollet et *al.* (1962), P. Queney (1974), J. Triplet et G. Roche (1971) ainsi que l'*Aperçu sur la climatologie de l'AEF* (Météorologie Nationale, 1956).

Le bassin oubanguien se trouve à cheval sur les zones tropicale et équatoriale.

Facteurs généraux du climat

La météorologie tropicale, dont l'étude a été trop longtemps considérée comme réservée à de rares spécialistes, est depuis quelques décennies en pleine mutation. Il se confirme, plus particulièrement depuis la PEMG – Première Expérience Mondiale du GARP (*Programme de recherche sur l'Atmosphère globale*) – en 1979, qu'elle a un rôle prépondérant dans l'explication des phénomènes atmosphériques à l'échelle du Globe (la plus grande partie de la troposphère se situant entre les deux Tropiques).

Une synthèse des travaux effectués sur ce sujet, depuis 1922, a été tentée par les météorologues du bureau d'études de l'ASECNA (*Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar*) à Dakar (1973). Cette synthèse a bénéficié de l'utilisation des satellites météorologiques d'observation de la Terre (Météosat, Goes, Noaa) et de l'analyse des données sur ordinateur (Dhonneur, 1985).

Il en résulte que les schémas classiques des années 50 ont été un tant soit peu revus et corrigés.

2.1.1. - Le front intertropical (FIT)

Le FIT est une zone de convergence séparant deux masses d'air, l'une boréale et l'autre australe. C'est en fait le nom « africain » de la Zone de convergence intertropicale (ZCIT) dont la PEMG a montré qu'elle ceinturait la Terre : c'est pour cette raison qu'elle est également appelée *Équateur Météorologique* (ASECNA, 1973). La continuation de la ZCIT sur l'Atlantique sud est aussi appelée *Pot au Noir*.

La position en latitude de la ZCIT est conditionnée par la position de cellules anticycloniques situées au nord et au sud de cette zone.

Pour l'Afrique ces cellules sont :

- au nord : l'anticyclone des Açores, plus ou moins associé à l'anticyclone continental ;
- au sud : l'anticyclone de Sainte Hélène.

2.1.1.1. - Variations saisonnières du FIT (Leroux, 1983)

Situation en janvier

En hiver boréal, l'anticyclone des Açores, soudé à l'anticyclone continental, est axé vers 25° nord, un peu au- dessus du Tropique du Cancer. L'anticyclone de Sainte Hélène est à sa position la plus méridionale, 21° sud, soit légèrement au nord du Tropique du Capricorne.

Le FIT est également à sa position la plus méridionale : 07 à 08° nord en Afrique occidentale (longitude 000° à 020° E), ensuite nette inflexion vers le sud pour l'Afrique orientale (8° sud à la longitude 030° est).

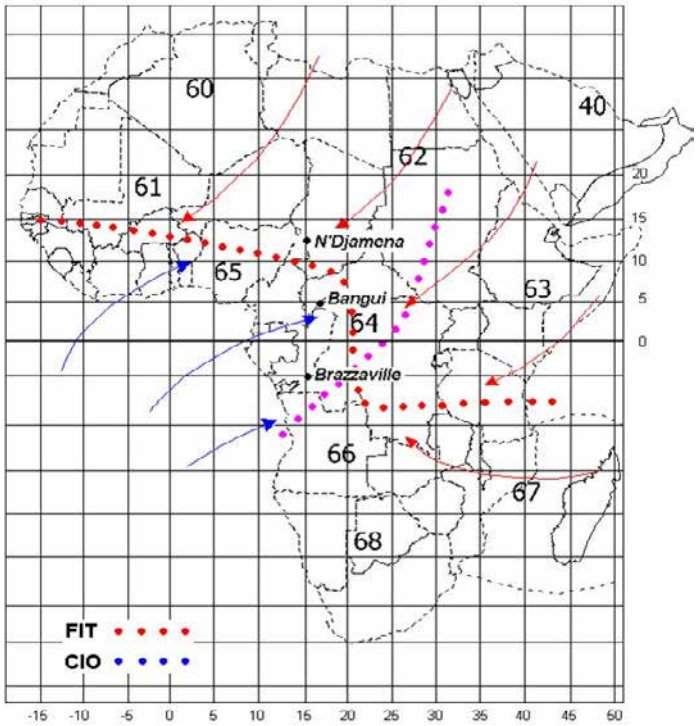


Figure 2-1

Position du FIT sur l'Afrique en Janvier

Situation en juillet-août

L'anticyclone des Açores se décale vers le nord (40° nord), sur le Maghreb et la Méditerranée, tandis que l'Anticyclone de Sainte Hélène remonte également vers 15° sud.

Le FIT est alors sur sa position la plus septentrionale, aux environs de 20°-22° nord.

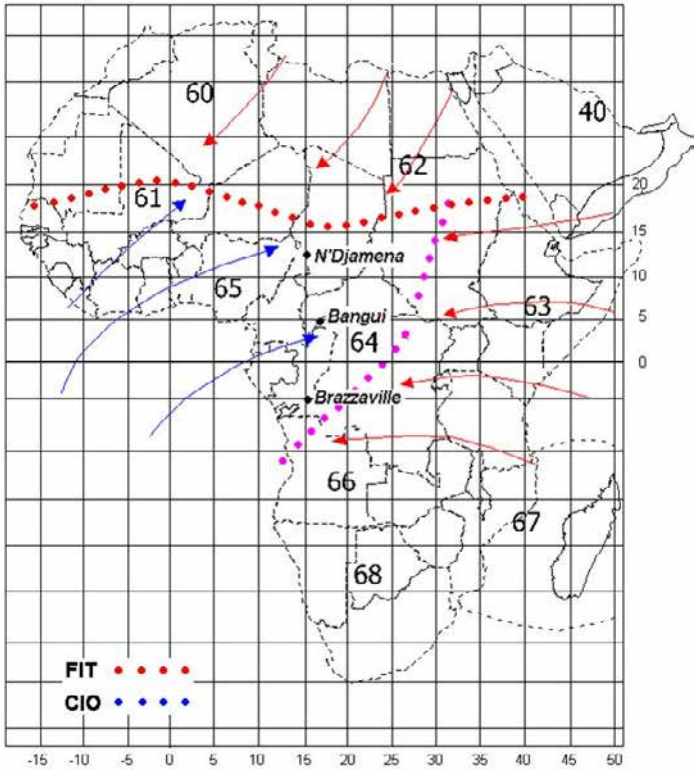


Figure 2-2
Position du FIT sur l'Afrique en Juillet

Il existe également une variation diurne du FIT, que nous ne traiterons pas ici. Elle est très limitée géographiquement et change beaucoup d'un jour à l'autre et d'une année à l'autre.

2.1.1.2. - La trace au sol du FIT

Le FIT, zone de discontinuité, sépare deux masses d'air de caractéristiques bien différentes.

Au sol, cette discontinuité sera caractérisée par :

- le vent ;
- la température de l'air ;
- la température du point de rosée.

- le vent

Au nord du FIT, le vent chaud et sec (harmattan) souffle du secteur nord-est à est.

Au sud du FIT, le vent frais et humide (mousson) souffle du secteur sud-ouest.

- la température de l'air

Au nord du FIT, l'amplitude nycthémérale de la température de l'air est de 13 à 16°C tandis qu'au sud elle n'est que de 4 à 7°C.

- la température du point de rosée

La température du point de rosée caractérise le degré d'humidité d'une masse d'air. C'est la température fictive d'abaissement de cet air pour qu'il y ait condensation.

Au nord du FIT, cette température est bien souvent proche de 0°C et généralement toujours inférieure à 12°C.

Au sud du FIT, elle est de l'ordre de 16 à 18°C.

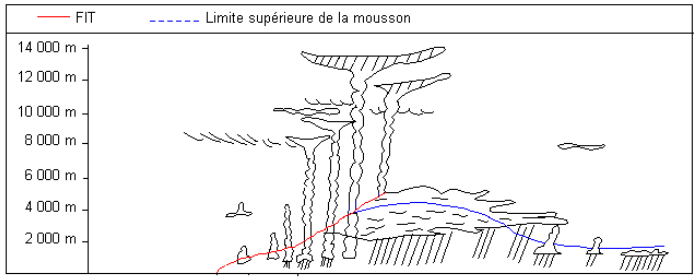
Les météorologues ne sont pas tous d'accord sur cette valeur limite de 12°C : certains admettent 13, 15 et même 16°C.

2.1.1.3. -. Types de temps liés à la position du FIT

La figure 2-3. (Leroux, 1972) donne la coupe méridienne de la tropopause au droit du FIT :

- en zone **A** nous sommes au nord du FIT. Le ciel est clair ou obscurci par la brume sèche (particules très fines de sable, en provenance du Sahara, en suspension dans l'air). Pratiquement aucun risque de précipitations : c'est la *saison sèche* ;
- la zone **A/B** est une zone de transition, avec risque de pluies ;
- la zone **B** est celle du passage du FIT, avec des cumulus de beau temps et de rares cumulo-nimbus. Il y a risque de pluies orageuses : nous entrons dans la *saison des pluies* ;
- la zone **C1** est également celle des cumulo-nimbus, des orages et des lignes de grains tandis que **C2** est celle des pluies continues (pluies de mousson) ;
- en zone **D** l'importance des pluies diminue : nous sommes en *saison sèche estivale*.

Il est cependant possible d'avoir, à titre très exceptionnel, des pluies en zone **A**. Les 25 et 26 décembre 1960, il a plu au Tchad (Tibesti et sud du pays) avec 52 mm de pluie à Moïssala et 24 mm à Léré. Ces pluies sont liées à une invasion d'air polaire (pluies dites de *heug*).



Zone	A	A/B	B	C1	C2	D
Largeur moyenne			200 km	200 à 400 km	200 à 500 km	
Nébulosité	Ciel clair	variable	peu nuageux	ciel couvert		peu nuageux
Nuages		Ci Ac variable	Cu Cb	Cb	Ac As Sc	St Sc Cu
Phénomènes	Brume sèche	Précipit. liées au FIT	Orages isolés	Averses Orages Lg. de grains	Pluie continue	Pluies faibles ou bruines
Saison	Sèche	de transition	des pluies			Sèche estivale

Figure 2-3
Coupe méridienne du FIT (d'après M. Leroux)

2.1.1.4. - La confluence interocéanique (CIO)

C'est une zone de convergence qui marque la limite d'influence des flux de mousson en provenance de l'océan Atlantique et de l'océan Indien.

Sa trace au sol n'est pas facile à déterminer.

Pour le bassin oubanguien, la mousson provenant de l'océan Indien perd beaucoup de son humidité sur les reliefs éthiopiens par effet de *fœhn*.

Actuellement, la notion de FIT sud peut être considérée comme obsolète.

2.2. - Le vent

Les résultats des observations du vent nous sont disponibles aux stations suivantes :

- Au Centrafrique :
  - Bangui,
  - Bambari,
  - Bangassou,
  - Berbérati,
  - Birao,
  - Bouar,

- Bouca,
- Bria,
- Ndélé,
- Obo,
- Yalinga ;

(période d'observation : 1951-1959 sauf pour Bambari, Obo et Yalinga où l'on ne dispose que des années 1958 et 1959 et de Birao où la période est 1953-1959)

- Au Congo :
  - Impfondo (1951-1957) ;
- En RDC :
  - Mbandaka (période d'observation inconnue, sur 10 ans environ).

Les observations se font entre 5,5 et 12 m de hauteur au-dessus du sol, généralement (Centrafrique, Congo) avec un *télévent*. Cet appareil est utilisé ponctuellement à 06, 12 et 18 h : il indique la vitesse du vent et, sur une rose à 16 directions, montre la direction d'où il souffle.

2.2.1. - Direction d'où vient le vent

Le tableau 2.1 donne les résultats de notre analyse.

Du fait du peu de hauteur du capteur par rapport au sol, la direction d'où souffle le vent est assez souvent influencée par un effet orographique ou par un masque proche.

La figure 2.5 montre les divers diagrammes de vent en fonction de l'emplacement des stations.

Birao, Bouar et Ndélé ont une alternance des vents bien marquée : secteur nord-est en saison sèche, secteur sud à sud-ouest en saison des pluies. Nous sommes en climat tropical à deux saisons tranchées.

Ce caractère s'estompe au fur et à mesure que la latitude diminue, avec souvent une même direction du vent pour la saison sèche et la saison des pluies (Bangui, Bangassou, Berbérati, Bouca, Obo).

En zone équatoriale, le vent souffle pratiquement toujours du sud ou de l'ouest. Sur le bassin de l'Uele (Bultot, 1971-1977) les vents sont de secteur ouest, ouest-sud-ouest ou sud durant toute l'année.

Tableau 2.1 - Direction du vent

Stations	Saison sèche		Saison des pluies		Année		Calmes
	Vent prépondérant	Quadrant	Vent prépondérant	Quadrant	Vent prépondérant	% des observations	% des observations
Bangui	S	SE-W	W	S-NW	S	8,2	58,2
					SE	4,4	
Bambari	W	S-W	W	S-W	W	5,4	74,8
					S	4	
Bangassou	SW	NE-SE	SW	S-W	SW	8,9	55,9
					W	6	
Berbérati	W	S-W	W	S-N	W	11	56,8
					NW	5,4	
Birao	E	NE-SE	W	SW-W	E	10,2	67
					SW	4	
Bouar	N	N-E	SW	S-W	NE	9,5	38,9
					E	8,8	
Bouca	NW	NW-E	SW	S-NW	N	4,9	65,8
					E	4,9	
Bria	NE	N-ESE	SW	S-N	S	8,7	61
					SW	4,4	
Ndélé	NE	N-ESE	SW	S-W	E	9,9	50,3
					NE	8,2	
Obo	N	N-NE	W	SW-NW	W	3,7	79,9
					E	3,2	
Yalinga	N	N-E	S	SE-SW	S	6,4	72,8
					SW	3,7	
Impfondo	S	SE-SSW	S	SE-S	W	6,3	62,7
					SW	5,8	
Mbandaka	SW	SSW-WSW	W	WSW-W	WS	8,3	62,6
					SW	7,3	

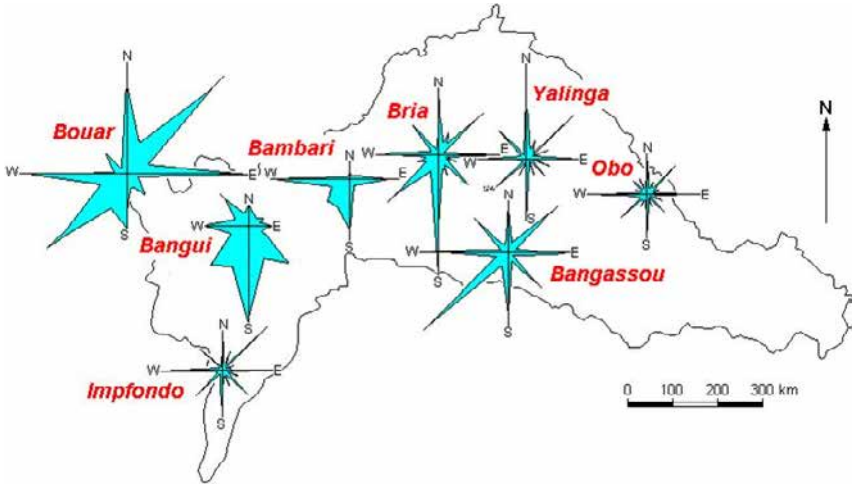


Figure 2-4

Variation dans la direction d'où souffle le vent à divers postes climatologiques

2.2.2. - Force du vent

Nous n'avons pu utiliser que les résultats de l'année 1958 pour analyser la force du vent.

Dans ces conditions les résultats diffèrent quelque peu de ceux du tableau 2.1 en ce qui concerne la fréquence des vents calmes (vitesse inférieure à 1 m/s).

Néanmoins nous pouvons voir que ces vents calmes sont très fréquents (Bambari, Birao, Bouca, Bria, Obo, Yalinga, Impfondo et Mbandaka) avec plus de 60 % des observations. C'est à Bouar que les vents sont les plus fréquents : seulement 36 % de calmes. Une explication pourrait être la situation de cette ville, à 1 000 m d'altitude, en rebord de plateau.

Tableau 2.2 - Force du vent

Stations	% des observations de vitesse (en m/s)					
	< 1 m/s	1 à 4	4 à 6	6 à 14	14 à 21	> 21 m/s
Bangui	52,8	46,3	0,7	0,2	0	0
Bambari	81,7	17,5	0,5	0,3	0	0
Bangassou	53,2	43,7	2,8	0,3	0	0
Berbérati	40,9	50,5	7,7	0,9	0	0
Birao	64,5	29,4	4,9	1,2	0	0
Bouar	35,7	44,2	14,2	5,8	0,1	0
Bouca	43,2	56	0,7	0,1	0	0
Bria	64,2	31,7	3,1	1	0	0
Ndélé	40,6	47,4	10	2	0	0
Obo	79,9	18,1	1,8	0,2	0	0
Yalinga	79,7	19,9	0,3	0,1	0	0
Impfondo	67,8	29,6	2	0,6	0	0
Mbandaka	62,6	37,4	0	0	0	0

Au passage des lignes de grains, le vent est généralement assez violent. Il a été mesuré :

- à Bangui : 22 ou 25 m/s ;
- à Berbérati : 22 m/s.

Mais ces coups de vent ont une durée limitée, de l'ordre de la dizaine de minutes, et c'est pour cela qu'ils échappent bien souvent à l'observation synoptique.

Notons qu'à Bangui, R. Richard R (1934) signalait, pour le 27 mai 1932, un grain orageux d'une rare violence, causant d'importants dégâts à la ville (vérandas projetées en l'air, tôles arrachées, piliers en maçonnerie abattus, troncs d'arbres inclinés et même déracinés). La zone sinistrée, centrée sur l'Oubangui, ne faisait que 250 m de largeur et 2 500 m de longueur.

Il a été signalé à Bambessa (RDC) (Bultot, 1971-1977) un vent de 26 m/s. Néanmoins, sur le bassin de l'Uele, les vents dépassent rarement la vitesse de 3,5 m/s (5 % maximum des observations).

2.3 - La température de l'air

Les valeurs caractéristiques sont les suivantes :

Tx : moyenne mensuelle des températures maximales journalières

Tn : moyenne mensuelle des températures minimales journalières

$Tmoy$: température moyenne = $(Tx + Tn) / 2$

$Tx - Tn$: écart diurne moyen mensuel

Le tableau 2.3 résume les variations de ces paramètres pour les stations de :

- Au Centrafique :
  - Bangui ,

- Alindao,
- Bambari,
- Bangassou,
- Berbérati,
- Birao,
- Bossembélé,
- Bouar,
- Bouca,
- Bria,
- Ndélé,
- Obo,
- Yalinga ;

- Au Congo :
  - Impfondo ;

- En RDC :
  - Bambessa,
  - Boketa,
  - Buta,
  - Isiro,
  - Libenge,
  - Mbandaka,
  - Nioka.

Tableau 2.3 - Températures maximales, moyennes et minimales (unité : °C)

Stations	Période : 1950-1959					
	Températures					Ecart
	Max. absolu	Max. moyen	Moyenne	Mini. moyen	Mini. absolu	diurne moyen
Bangui	39,2	31,0	26,0	20,9	12,0	10,1
Alindao	41,8	32,1	26,0	19,9	10,0	12,2
Bambari	41,0	32,2	26,1	19,9	9,0	12,3
Bangassou	39,8	31,3	25,5	19,7	10,4	11,6
Berbérati	39,6	30,5	24,8	19,1	11,0	11,4
Birao	44,2	34,7	26,4	18,1	3,1	16,6
Bossembélé	37,5	30,6	24,8	18,9	10,1	11,7
Bouar	37,4	29,1	23,9	18,7	12,3	10,4
Bouca	41,2	32,2	25,7	19,1	7,5	13,1
Bria	43,0	31,8	25,1	18,4	7,1	13,4
Ndélé	41,2	33,0	26,6	20,2	6,5	12,8
Obo	39,6	31,6	25,3	19,0	9,0	12,6
Yalinga	40,0	31,7	24,8	17,8	4,4	13,9
Impfondo	36,3	30,1	25,4	20,7	14,0	9,4
Bambessa	39,5	31,4	24,9	18,3	7,6	13,1
Boketa	36,8	30,5	24,9	19,2	11,8	11,3
Buta	39,6	32,0	25,9	19,8	9,0	12,2
Isiro	37,0	30,8	24,1	17,4	8,3	13,4
Libenge	37,4	30,8	25,4	20,0	10,0	10,8
Mbandaka	36,4	30,2	25,3	20,3	14,0	9,9
Nioka	32,4	27,0	20,0	12,9	7,0	14,1

La période d'observation a été imposée par le nombre d'années disponibles en RDC – dix – (de 1950 à 1959). Ceci n'est pas trop grave pour les valeurs moyennes mensuelles, qui ne varient que de quelques dixièmes de degrés d'une année à l'autre. Ainsi, pour Bangui, nous avons :

	Période	
	1931-1971	1950-1959
Tx	31,4	31,0
Tn	20,5	20,9
Tmoy	26,0	26,0

Les figures 2-5 à 2-7 montrent la variation spatiale des températures annuelles.

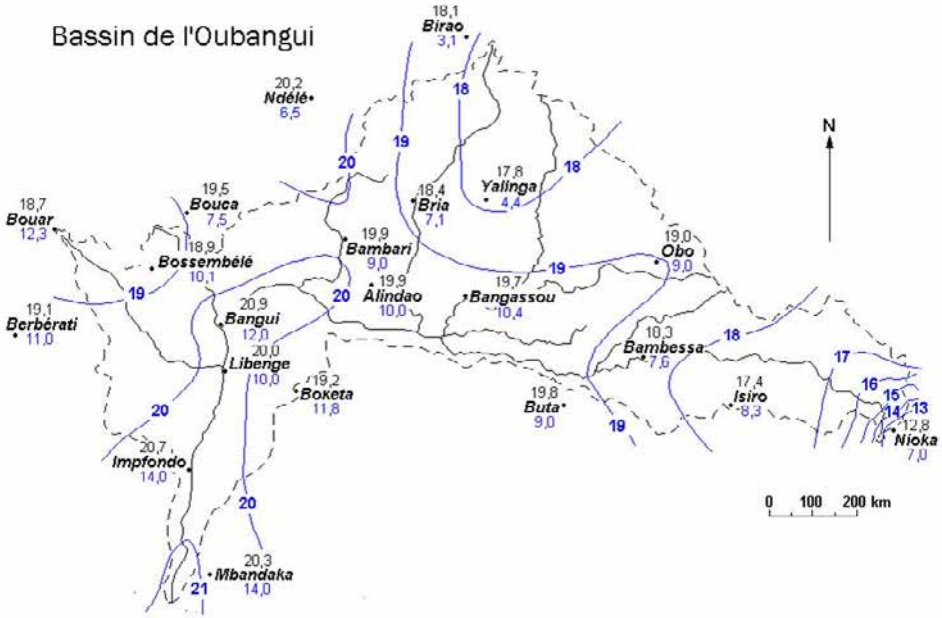


Figure 2-5

Courbes isothermes des Températures minimales moyennes annuelles (°C). 10,4 *: température minimale absolue*

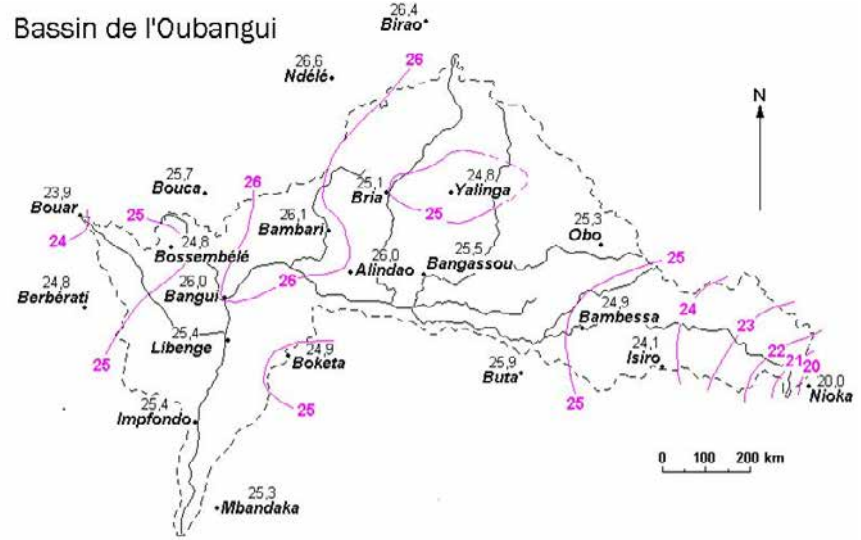


Figure 2-6

Courbes isothermes des Températures moyennes interannuelles (°C)

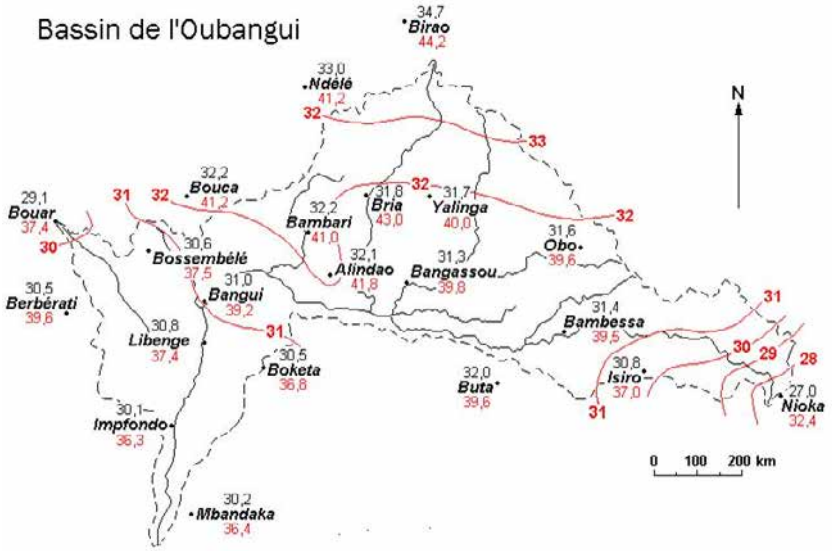


Figure 2-7

Courbes isothermes des Températures maximales moyennes annuelles (°C). 41,8 : température maximale absolue

Les figures 2-8 à 2-12 montrent la variation mensuelle des températures à Bangui, Bria, Impfondo et Isiro.

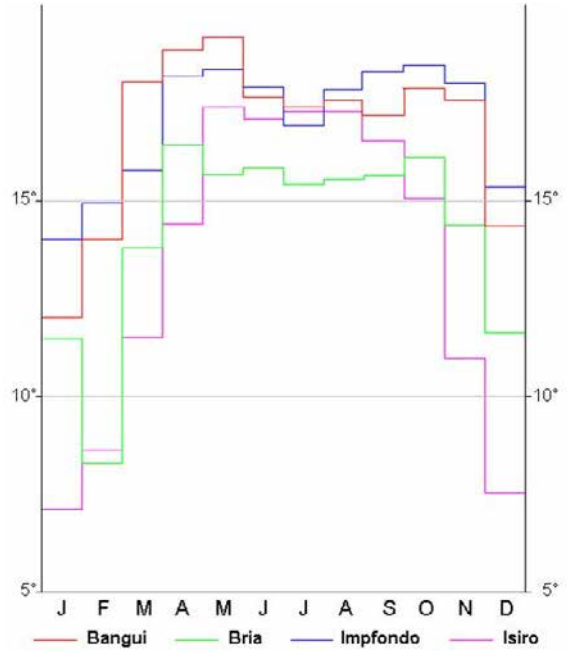


Figure 2-8

Températures minimales absolues (°C)

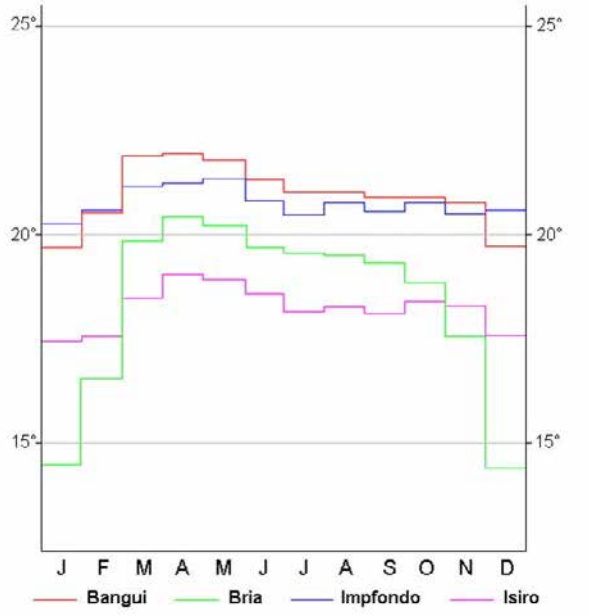


Figure 2-9
Températures minimales moyennes (°C)

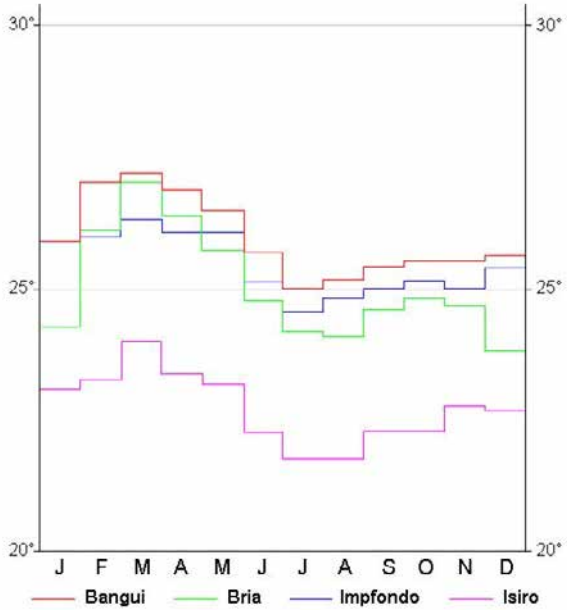


Figure 2-10
Températures moyennes (°C)

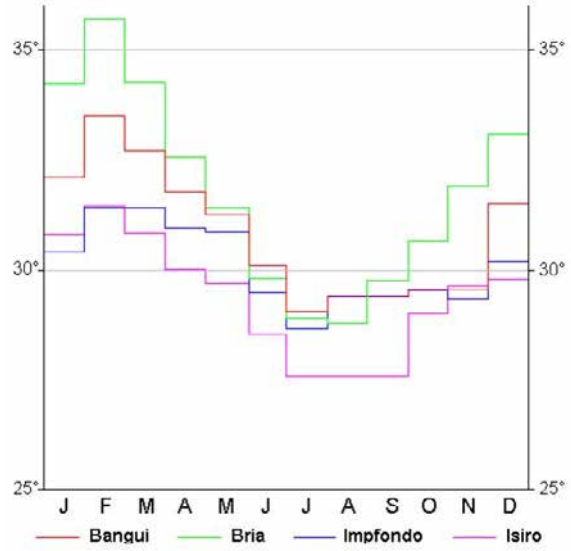


Figure 2-11
Températures maximales moyennes (°C)

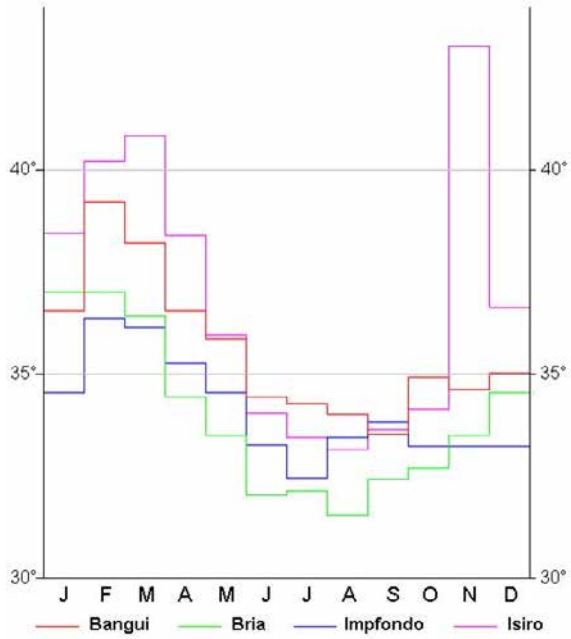


Figure 2-12
Températures maximales absolues (°C)

Les températures moyennes annuelles varient très peu d'une station à l'autre (24 à 26°) sauf sur le haut bassin de l'Uele où le relief fait chuter ces moyennes jusqu'à 18°.

Ceci est également valable pour les moyennes des minima et des maxima où, excepté le haut bassin de l'Uele, l'écart d'une station à l'autre ne dépasse pas 3°.

Néanmoins l'écart diurne moyen annuel est très sensible à la position climatique de la station. Les stations au nord du bassin, en climat tropical, ont des amplitudes de l'ordre de 13° (Bouca, Bria, Yalinga). Dés que l'on descend vers le sud, cet écart diurne diminue : 11,6° à Bangassou, 10,1° à Bangui. En climat équatorial, il n'est que de 9,4° à Impfondo et 9,9° à Mbandaka. L'altitude joue un rôle : elle fait augmenter l'écart diurne (Bouar, haut bassin de l'Uele).

La variation de la température mensuelle, bien qu'ayant à peu près la même allure d'une station à l'autre, montre également l'influence de la position climatique. L'écart d'un mois sur l'autre est bien plus marqué pour Bria que pour Impfondo. Ce phénomène est encore amplifié sur les minima et les maxima absolus.

2.4 - La psychrométrie

L'humidité relative est l'expression la plus connue pour caractériser la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air.

Sa définition s'écrit :

$$U = 100.\frac{e}{e_w(t)}$$

où

- U = humidité relative (en %)
- e = tension de vapeur
- $e_w(t)$ = tension de vapeur saturante, à la température t

Cette définition a été modifiée en 1947 par l'Organisation météorologique mondiale : actuellement on utilise le rapport de mélange de l'air ambiant et le rapport de mélange saturant (Triplet et Roche, 1986). La différence entre les 2 définitions n'est que de quelques centièmes sur U.

L'humidité relative varie donc entre 0 % (air parfaitement sec) et 100 % (saturation, donc condensation). Elle entre pour une large part dans les phénomènes et sensations physiologiques : un air trop sec ou trop humide n'est pas agréable à l'organisme humain. C'est également une caractéristique du climat.

Le tableau 2.4 donne, mois par mois, à 8 stations du Centrafrique et du Congo :

- l'humidité relative moyenne mensuelle (Moy.) ;
- l'humidité relative maximale moyenne mensuelle (Ux) ;
- l'humidité relative minimale moyenne mensuelle (Un) ;
- la différence entre Ux et Un.

ceci pour l'année 1959, la variation de l'humidité relative, d'une année à l'autre, n'étant pas très significative. Les données concernant la RDC ne sont malheureusement pas disponibles.

Ce tableau nous indique que :

- située en climat tropical pur, la station de Birao présente une humidité relative plus faible que les autres stations ;
- Obo et Yalinga sont assez comparables, tout comme Bangui, Bangassou et Bambari ;
- les 1 000 m d'altitude de Bouar ont une influence certaine sur la faiblesse de l'humidité relative à cette station ;
- en climat équatorial (Impfondo), l'humidité relative est proche de la saturation d'un bout de l'année à l'autre.

Impfondo mis à part (à cause de son climat équatorial), les écarts (Ux - Un) sont à peu prés comparables d'une station à l'autre, mois par mois.

Tableau 2.4 - Humidité relative (en %) sur le bassin oubanguien (Année 1959)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
						Centrafrique							
Bangui													
Moy	71	68	70	75	80	81	82	81	82	79	81	72	77
Ux	95	92	95	94	95	95	95	95	95	95	96	94	95
Un	45	42	47	56	63	63	65	64	65	59	62	46	56
Ux-Un	50	50	48	38	32	32	30	31	30	36	34	48	38
Bambari													
Moy	66	60	62	74	80	81	83	82	82	81	79	67	75
Ux	95	91	90	94	97	98	98	98	98	98	97	96	96
Un	37	32	37	51	61	59	64	61	61	60	56	37	51
Ux-Un	58	59	53	43	36	39	34	37	37	38	41	59	45
Bangassou													
Moy	68	61	63	75	80	79	81	80	79	79	78	70	74
Ux	95	93	91	96	97	97	97	97	97	97	96	97	96
Un	41	30	36	52	60	57	60	59	56	54	54	40	50
Ux-Un	54	63	55	44	37	40	37	38	41	43	42	57	46
Birao													
Moy	39	31	30	41	58	72	78	82	81	67	55	41	56
Ux	68	56	55	71	85	95	99	98	99	94	88	68	81
Un	14	11	11	17	35	49	56	61	58	38	25	19	33
Ux-Un	54	45	44	54	50	46	43	37	41	56	63	49	49
Bouar													
Moy	46	34	53	74	78	79	84	83	82	75	67	46	67
Ux	71	64	81	93	93	94	97	95	95	93	90	70	86
Un	24	14	28	54	59	59	69	65	63	52	42	26	46
Ux-Un	47	50	53	39	34	35	28	30	32	41	48	44	40
Obo													
Moy	55	45	54	75	76	77	79	80	79	76	73	63	69
Ux	87	83	80	96	97	97	97	97	98	97	96	95	93
Un	29	22	32	52	53	53	57	58	56	51	49	34	46
Ux-Un	58	61	48	44	44	44	40	39	42	46	47	61	47
Yalinga													
Moy	59	55	59	71	79	81	83	83	82	80	77	67	73
Ux	93	91	90	95	98	98	99	99	98	99	99	98	96
Un	25	21	30	44	57	59	62	62	59	54	47	29	46
Ux-Un	68	70	60	51	41	39	37	37	39	45	52	69	50
						Congo							
Impfondo													
Moy	85	79	78	80	84	85	86	87	86	86	86	84	84
Ux	99	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99
Un	68	57	55	59	65	66	69	71	67	65	70	64	65
Ux-Un	31	41	43	39	33	33	30	28	32	34	29	35	34

L'humidité relative est un facteur important pour caractériser un climat. Mais elle est très sensible aux variations de la température de l'air au cours du cycle thermique journalier. Aussi préférons-nous utiliser la tension de vapeur pour caractériser l'humidité d'une masse d'air car ce paramètre varie lentement au cours du cycle annuel.

Rappelons que la tension de vapeur (*e*), exprimée en hectopascals, est la pression qu'atteindrait, à l'intérieur d'un volume dans lequel on aurait préalablement fait le vide parfait, la vaporisation de la quantité d'eau contenue dans ce même volume d'air. Si la quantité d'eau est suffisamment importante, il y a saturation : la pression est alors la tension de vapeur saturante $e_w(t)$, dépendante de la température de la masse d'air humide (Triplet et Roche, 1986).

Le tableau 2.5 et la figure 2-13 donnent la variation spatiale de la tension de vapeur moyenne annuelle.

Tableau 2.5 - Moyenne annuelle de la Tension de vapeur à quelques stations du bassin oubanguien

Unité : hPa

Stations	e
Bangui	24,8
Alindao	24,4
Bambari	23,9
Bangassou	23,9
Berbérati	23,6
Birao	19,6
Bossembélé	21,6
Bouar	19,0
Bouca	22,4
Bria	22,4
Ndélé	20,5
Obo	22,0
Yalinga	22,1
Impfondo	27,0
Bambessa	23,6
Boketa	25,4
Buta	25,9
Mbandaka	26,4
Nioka	15,4

Comme il fallait s'y attendre, la tension de vapeur moyenne annuelle croît régulièrement du nord vers le sud, du climat tropical vers le climat équatorial. L'altitude provoque des anomalies tant à Bouar que sur le haut bassin de l'Uele. Pour ce dernier, il y a probablement aussi un effet de *fœhn*, comme l'indique la figure 2.13 :

.

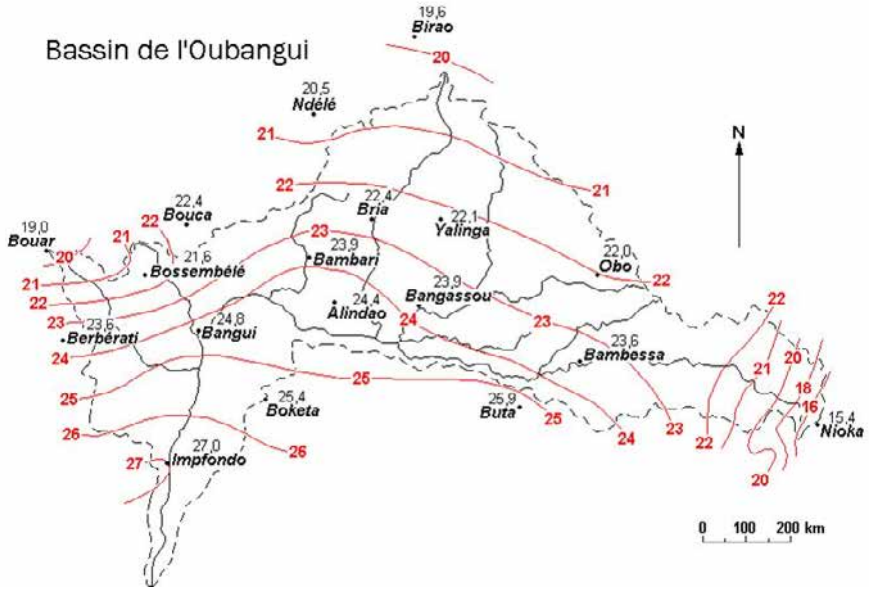


Figure 2-13
Courbes isobares de la tension de vapeur moyenne interannuelle

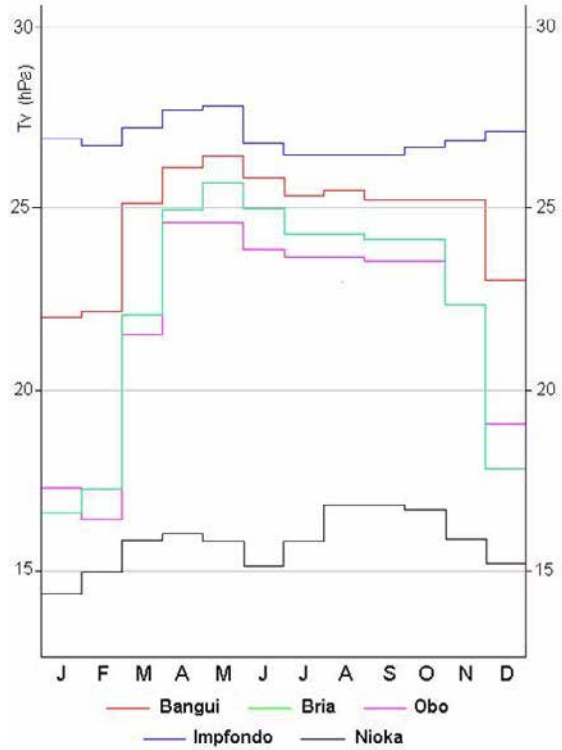


Figure 2-14

Tension de vapeur moyenne mensuelle (unité : hPa)

Cette figure montre la variation de la tension de vapeur d'un mois sur l'autre. À Nioka, il n'y a pratiquement pas de changement de masse d'air au cours de l'année, avec des tensions de vapeur nettement plus basses que pour les autres stations.

C'est la même chose à Impfondo, mais là nous restons constamment en air humide.

Les plus fortes variations s'observent à Bria et Obo, où la tension de vapeur décroît nettement en saison sèche.

La température du point de rosée est un autre paramètre de la psychrométrie. C'est la température à laquelle il faut abaisser la masse d'air humide pour qu'il y ait condensation, c'est-à-dire atteindre la tension de vapeur saturante $e_w(t)$ où t représente alors la température du point de rosée.

2.5 - Le rayonnement solaire

À l'origine, le rayonnement solaire global était déterminé indirectement à partir de la durée d'insolation (formule d'Angström), mesurée le plus souvent avec un héliographe de Campbell-Stokes qui, jusque vers 1970, coûtait trois fois moins cher qu'un pyranomètre. Le dépouillement des bandes était délicat et les résultats variaient d'un opérateur à l'autre (Callède et Arquisou, 1972). Aussi nous ne traiterons pas la durée d'insolation sur le bassin oubanguien.

La mesure du rayonnement solaire global s'est effectuée à Bangui, Bossangoa et Bria. Sur la partie congolaise, nous avons les observations (Bultot, 1971-1977) de Bambessa et de Nioka.

À Bangui, les premières mesures sont l'œuvre de C. Perrin de Brichambaut (Météorologie Nationale) pour la période 1957-1961. L'ORSTOM a effectué des mesures de 1968 à 1973 (Callède et Arquisou, 1972) sans que nous disposions des relevés 1972-1973.

Sous l'égide de l'ASECNA, les mesures à Bossangoa et à Bria ont commencé en 1971. Nous disposons des relevés de Bossangoa pour la période 1972-1976. Ceux de Bria sont trop fractionnaires pour pouvoir être utilisés.

Voici les résultats des mesures de rayonnement solaire global :

Tableau 2.6 - Rayonnement solaire global moyen journalier (en Joules par cm^2)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Bangui (1958-1971)	1534	1788	1986	2010	1919	1714	1533	1636	1778	1798	1709	1612	1751
Bossangoa (1972-1976)	1692	1873	1973	1999	1863	1860	1726	1574	1915	1909	1880	1646	1826
Bambessa	1839	1986	1940	1956	1965	1785	1605	1764	1948	1914	1944	1843	1874
Nioka	2107	2153	1998	2065	1973	1793	1526	1576	1818	1860	2169	2165	1934

Nous ignorons la manière dont ont été effectuées les mesures du rayonnement global à Bambessa et à Nioka, les valeurs paraissant un peu élevées.

La variation mensuelle pour Bangui est représentée sur la figure 2-18 (*voir sous-chapitre 2.6 - L'évaporation*).

Le rayonnement, à Bossangoa, est légèrement plus fort (4 %) qu'à Bangui. Ceci est normal : d'une part nous ne travaillions pas sur la même période d'observation (bien que d'une année à l'autre, les écarts ne soient pas significatifs vu la constance du rayonnement) et, d'autre part, Bossangoa est 250 km plus au nord que Bangui. L'*Atlas climatique du bassin congolais* (Bultot, 1971-1977) indique que le rayonnement solaire global varie de 1 550 J.cm^{-2} (au confluent Oubangui-Congo) à 2 200 J.cm^{-2} pour l'extrémité nord du bassin.

2.6 - L'évaporation

Dans l'étude du cycle de l'eau, l'évaporation tient une grande place.

Il faut distinguer :

- l'évaporation d'une grande nappe d'eau libre ;
- l'évapotranspiration du couvert végétal (évapotranspiration potentielle – *ETP* – et évapotranspiration réelle – *ETR* –).

L'évapotranspiration potentielle se mesure, généralement, sur un lysimètre de Thornthwaite (Fig. 2-15). C'est un appareil peu onéreux à construire et à exploiter, mais qui demande un anneau de garde, soigneusement entretenu, de bonne dimension (400 m^2 pour un appareil de 4 m^2).

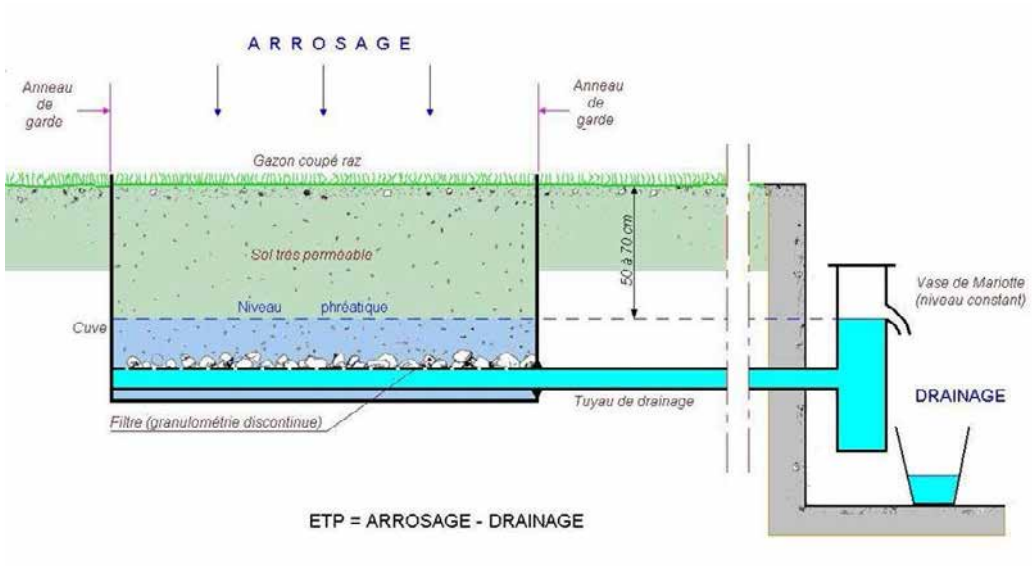


Figure 2- 15
Schéma du lysimètre à niveau constant de Thornthwaite

Ensemencé en gazon qui sera ensuite coupé ras, ce lysimètre donne théoriquement des valeurs de l'ETP identiques à celle de l'évaporation d'une grande nappe d'eau. Les hydrologues de l'ORSTOM l'ont confirmé, dans la pratique, par le bilan du lac Tchad (Touchebeuf de Lusigny, 1969 ; Roche, 1973) et par celui du lac de Bam (Pouyaud, 1986).

Une autre méthode pour déterminer l'ETP consiste à utiliser des formules. Certaines, pour la détermination de l'ETP du couvert naturel, sont strictement empiriques : elles ne donnent des résultats valables que dans une zone plus ou moins restreinte. D'autres, plus élaborées, se réfèrent à des concepts physiques : la plus précise et la plus générale est la formule de Penman (1948), basée sur le bilan énergétique et sur la loi de Dalton.
Pendant de nombreuses années, il avait été admis que l'ETP était indépendante du couvert végétal. En réalité, ce couvert a une influence certaine (Callède, 1977). En RDC, E.A. Bernard (1953) a mesuré diverses ETP et a trouvé les coefficients multiplicateurs suivants :

- ETP d'un gazon coupé ras : 1
- ETP d'un gazon développé : 1,10

- ETP de la forêt congolaise : 1,15

Dans la région de Bruxelles, F. Bultot et G.L. Dupriez (1974) ont déterminé :

- ETP d'un gazon coupé ras : 1
- ETP des feuillus : 1,06
- ETP des résineux : 1,15

Dans le sud de la France, J. de Boisson *et al.* (1971) ont trouvé :

- ETP de la fétuque (gazon) coupée ras : 1
- ETP de la fétuque fourrage : 1,11 à 1,20
- ETP de la luzerne fourrage : 1,04 à 1,20
- ETP de la luzerne graine : 1,25 à 1,50
- ETP du maïs : 0,85

Pour cette raison, la formule de Penman a été modifiée par quelques bioclimatologues pour mieux l'adapter aux divers couverts végétaux (Monteith, 1965 ; Shiau et Davar, 1973). C. Riou (1975) y introduit un facteur de réduction (de l'ordre de 0,8) pour rester en concordance avec ses mesures de l'ETP d'un gazon coupé ras, c'est-à-dire pour déterminer l'évaporation d'une grande nappe d'eau.

C. Riou (1975) a également établi, pour l'axe N'Djamena-Brazzaville (donc éventuellement pour le bassin oubanguien) une formule empirique basée sur la température maximale moyenne de l'air :

$$E = 0{,}30.Tx - 5{,}9$$

où

E = ETP journalière en mm d'un gazon coupé ras

Tx = température maximale moyenne mensuelle de l'air (en °C)

L'expérience nous a montré que cette formule n'est plus valable en région d'altitude (Bouar, haut bassin de l'Uele) (Callède, 1974).

Sauf dans quelques jardins d'agrément, le gazon coupé ras ne se rencontre pas en Afrique et plus précisément sur le bassin oubanguien. La détermination de l'ETP du couvert naturel a été effectuée par P. Franquin, R. Diziain, J.P. Cointepas et Y. Boulvert (1988) pour le Centrafrique en utilisant la formule de Penman sur 75 stations.

Le tableau 2.7 donne les valeurs suivantes :

- ETP calculée par P. Franquin *et al.*, d'après Penman, pour le couvert naturel ;
- ETP calculée par la formule empirique de C. Riou, c'est-à-dire relative à l'évaporation d'une grande nappe d'eau ;
- ETP Penman de P. Franquin *et al.*, corrigée par un facteur réducteur de 0,82 pour estimer l'évaporation d'une grande nappe d'eau.

Tableau 2.7- Évapotranspiration potentielle pour quelques stations du bassin oubanguien (mm par an)

	ETP			
Stations	**Penman couvert naturel**	**Riou gazon raz**	**Penman corr. pour gazon**	**RDC gazon raz**
Bangui	1533	1243	1257	
Alindao	1618	1361	1327	
Bambari	1612	1372	1322	
Bangassou	1576	1274	1292	
Berbérati	1466	1186	1202	
Birao	1861	1646	1526	
Bossembélé	1595	1153	1308	
Bouar	1714	1033	1405	
Bouca	1670	1372	1369	
Bria	1610	1329	1320	
Ndélé	1776	1460	1456	
Obo	1559	1307	1278	
Yalinga	1594	1318	1307	
Impfondo	1334	1142	1094	
Bambessa	1359	1285		1322
Boketa		1186		
Buta		1351		
Isiro		1219		
Libenge	1394	1219	1143	
Nioka				1146

Y figurent également des valeurs tirées de l'*Atlas climatologique du bassin congolais* (Bultot, 1971-1977) et qui sont en accord avec les mesures de C. Riou (mesures sur gazon coupé ras).

Les ETP « Riou » et « Penman corrigée » sont très proches, sauf en variante d'altitude comme nous l'avons dit plus haut.

Les mesures sur lysimètre de Thornthwaite donnent les résultats suivants :

- Bangui : 1 243 mm (période 1966-1971) ;
- Bouar : 1 400 mm (année 1972).

Ces valeurs sont en parfait accord avec le tableau ci-dessus et correspondent à l'évaporation d'une grande nappe d'eau et non au couvert végétal naturel.

La figure 2.16 montre la variation spatiale de l'évapotranspiration potentielle calculée avec la formule de Penman pour un couvert naturel.

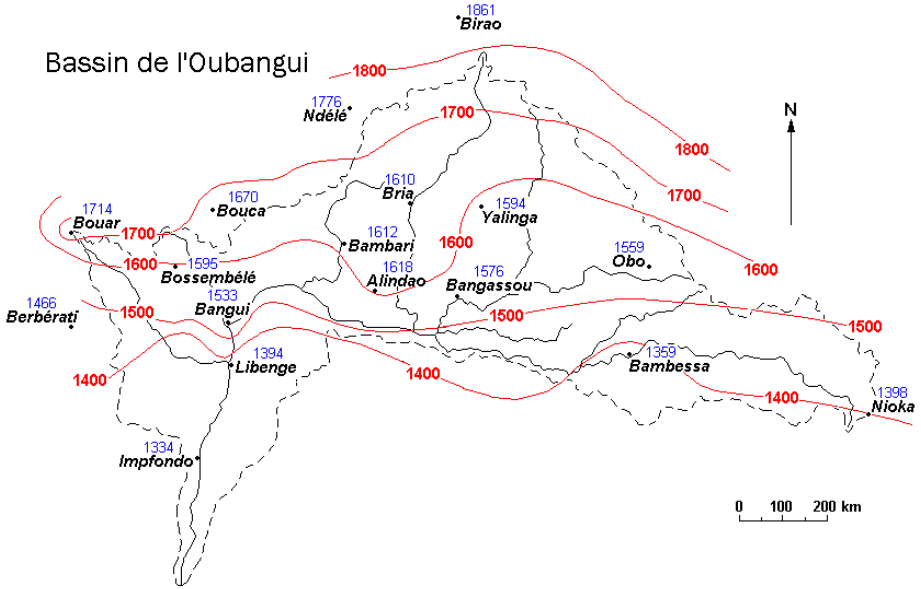


Figure 2-16
Courbes d'égale valeur de l'Évapotranspiration potentielle (mm/an) pour un couvert naturel (d'après FRANQUIN et al.)

La figure 2.17 montre la variation spatiale de l'évaporation d'une grande nappe d'eau.

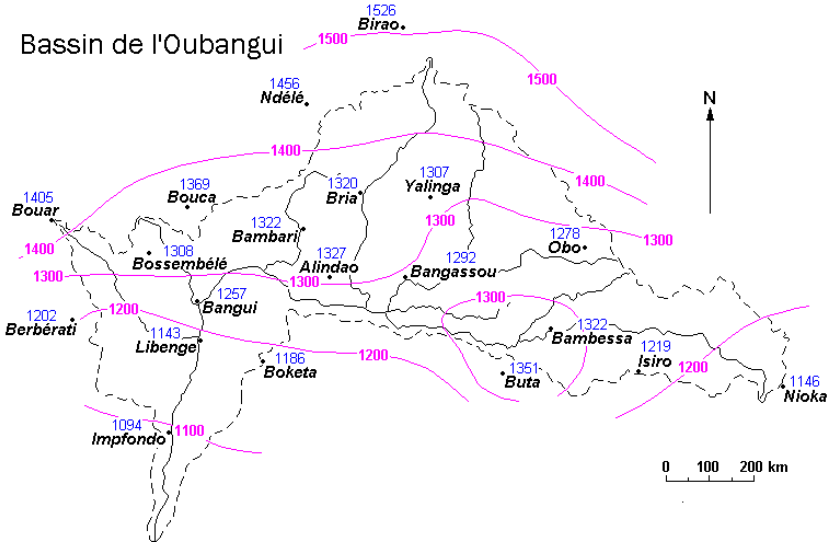


Figure 2-17

Courbes d'égale valeur de l'Évapotranspiration potentielle (mm/an) d'un gazon coupé ras

La variation mensuelle de l'ETP d'un gazon coupé ras, à Bangui (évaporation d'une grande nappe d'eau) est la suivante :

Évapotranspiration potentielle mensuelle (sur gazon) mesurée à Bangui (en mm)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
97	101	125	131	121	98	89	95	94	102	96	94	1243

Cette variation est également représentée figure 2.18. Elle est en bonne corrélation avec celle du rayonnement solaire global.

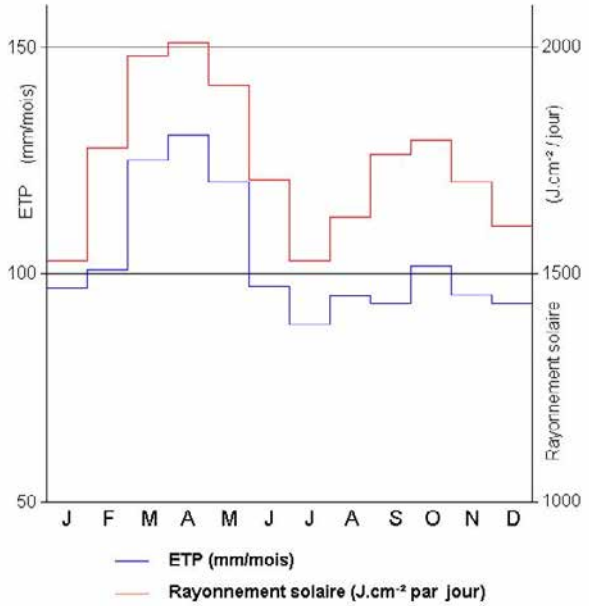


Figure 2-18

La détermination de l'évapotranspiration réelle (ETR) ne peut se faire que :

- par des mesures effectuées sur d'onéreux et délicats évapotranspiromètres à pesée ;
- plus simplement, par le biais du bilan hydrologique (voir Chapitre 4).

2.7 - La pression atmosphérique

Pour l'hydrologue, la pression atmosphérique est un paramètre sans grand intérêt en zone intertropicale.

Elle est d'une très grande régularité d'un jour à l'autre. Les accidents de pression (au passage des lignes de grain, par exemple) ont une valeur inférieure à celle de la marée barométrique journalière (de l'ordre de 5 hectopascals).

2.8 - La pluviométrie

La pluviométrie reste, pour l'hydrologue, le facteur climatologique primordial du cycle de l'eau.

2.8.1 - Divers aspects des précipitations

Sur le bassin oubanguien, les précipitations sont essentiellement le fait de nuages à grand développement vertical (cumulus congestus et cumulonimbus) qui donnent lieu à des orages pouvant prendre 2 formes :

- des orages convectifs isolés ;
- des lignes de grains.

Le sommet des cumulonimbus peut atteindre le niveau de la tropopause, soit en France, 11 km d'altitude. En zone intertropicale, la tropopause est plus élevée : elle se situe entre 13 et 18 km d'altitude (Viaut, 1964).

Il existe aussi, au plus fort de la saison des pluies, des précipitations non orageuses, à caractère continu, liées à la mousson.

2.8.1.1 - Orages convectifs isolés

Lorsque l'air humide (mousson) arrive au contact d'un sol surchauffé, des phénomènes convectifs se déclenchent.

Il y a tout d'abord formation de cheminées d'ascendance. Si la température du sol est suffisante pour que ces mouvements ascendants aient une assez longue durée et si l'air est suffisamment humide, alors la condensation se produit et des cumulus apparaissent (Leroux, 1972).

Si la température du sol augmente, ces cumulus évoluent en cumulonimbus.

C'est pour cette raison que les orages isolés n'éclatent que vers 15 heures, soit 2 à 3 heures après l'heure du maximum de température. Cette activité peut se poursuivre en fin de soirée ou en début de nuit.

Le facteur orographique joue également un rôle en favorisant la formation des cumulus par effet de *fœhn*.

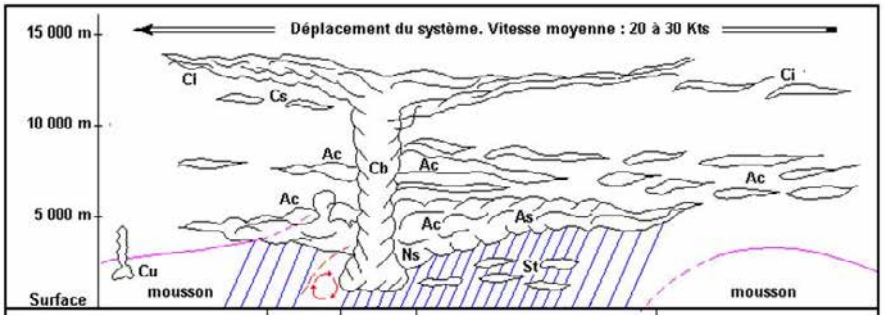
En début de saison des pluies, quand le sol est surchauffé, ce type d'orage peut occasionner des averses à très fortes intensités de précipitations.

2.8.1.2 - Lignes de grains

Les lignes de grains constituent les plus spectaculaires phénomènes météorologiques de l'Afrique dont elles contribuent à caractériser le climat (Leroux, 1972).

Appelée improprement *tornade*, la ligne de grains se présente comme une ligne, plus ou moins continue, de cumulonimbus. Orientée nord-sud, cette ligne se déplace de l'est vers l'ouest, en contre-courant avec le vent au sol qui est généralement du secteur sud-ouest. Cette ligne peut avoir des dimensions considérables, pouvant atteindre 1 500 km.

Le passage d'une ligne de grains (figure 2.19) se présente de la façon suivante :



Heure Durée moy.		- 30 mn		0	+ 30 mn		+ 120 mn	
Vent en surface	SW faible	Calme	Coup de vent	Est - 30 Kts	Est - 15 Kts		Variable-Faible-Retour au SW	
Pression	Normale	Baisse relative		Hausse brusque	Baisse		Baisse	Retour à la normale
Nébulosité	peu nuageux	Nuageux		Couvert	Couvert		peu nuageux	
Nuages	Cu - Ci - Cs	Ac - Ci - Cs		Cb - Ns - Ac	Ns - Ac - As		Ci - Ac	
Précipitations		Parfois faibles		Fortes averses	Fortes pluies continues	Faibles pluies		
Température	Légèrement supérieure à la normale			Baisse nette - rapide	Remontée lente			
Phénomène particulier		Tornade sèche tonnerre		Orage Rafales de vent				

Figure 2-19
Coupe schématique ouest-est d'une ligne de grains (d'après M. Leroux)

- le ciel, clair ou peu nuageux, se couvre progressivement : cirrus, cirro-cumulus, altocumulus ;
- le vent en surface, de secteur généralement sud-ouest, se calme ;
- apparaît alors la ligne soudée des cumulo-nimbus. Le vent se lève et souffle de secteur est en rafales turbulentes, le tout accompagné d'averses à forte intensité, d'éclairs, de tonnerre, de rafales de poussière et d'eau ;
- puis le ciel s'éclaircit progressivement. La pluie cesse, le vent se calme et repasse au secteur sud-ouest.

La genèse des lignes de grains est très controversée. Nous citerons plus particulièrement les travaux de G. Dhonneur (1970) et de G. Tschirhart (1959). Pour sa part J. Callède (1981) a profité de missions hydrologiques au Soudan, dans le delta intérieur du Nil blanc (marais du *Sudd*), pour questionner les météorologues et les pilotes d'avions soudanais sur ce sujet. Ceux-ci lui ont indiqué que les lignes de grains n'existaient pas à l'est de cette zone. Elles naîtraient ainsi sur une des plus grandes zones humides du Monde (115 000 km²).

2.8.1.3 - Pluies de mousson

Elles sont le fait de masses d'air très humide, en provenance du secteur sud-ouest ou ouest. La température du point de rosée de ces masses est suffisamment élevée pour qu'elle soit atteinte durant le cycle thermique journalier et qu'il y ait alors condensation. La durée de ces pluies est de plusieurs heures, avec des intensités relativement faibles (10 mm/heure au maximum).

2.8.2 - Les postes pluviométriques

Nous disposions, dans la banque de données *PLUVIOM* (Raous et al., 1990) de :

- 144 stations pluviométriques au Centrafrique, tous bassins confondus ;
- 1 station au Congo.

Nous avons saisi sur support informatique :

- 5 stations au Soudan ;
- 24 stations en RDC (ex-Zaïre).

Nous n'avons conservé, en prime abord, que les stations intéressant le bassin oubanguien (ou suffisamment proches). Ensuite un traitement par le *Vecteur Régional* (voir plus loin en 2.8.3.) a permis de ne garder que les stations de qualité acceptable. Lorsque plusieurs postes existaient dans une même ville, ils ont été regroupés en un seul, après analyse par ce même vecteur.

Ceci nous a amené à ne prendre en compte que :

- 49 stations au Centrafrique ;
- 1 station au Congo ;
- 3 stations au Soudan ;
- 22 stations en RDC.

Le tableau 2.8 et la figure 2-20 donnent l'emplacement de ces postes pluviométriques.

Tableau 2.8 – Liste des postes pluviométriques utilisés pour la Monographie de l'Oubangui.
La numération est celle des hydrologues de l'ORSTOM

Numéro	Stations	Latitude Nord	Longitude Est
	Centrafrique		
002	Bangui (Direction)	04°22'	018°34'
010	Alindao (Météo)	05°03'	021°12'
022	Bakouma	05°42'	022°47'
027	Bambari (Ville)	05°45'	020°40'
040	Bangassou	04°44'	022°50'
049	Bayanga-Didi	05°17'	015°47'
055	Berbérati	04°13'	015°47'
070	Birao (Météo)	10°17'	022°47'
073	Boali (Mission)	04°50'	018°05'
079	Boda Poste	04°19'	017°29'
081	Boganangone	04°41'	017°11'
082	Bogangolo	05°34'	018°15'
085	Bossangoa (Météo)	06°29'	017°26'
088	Bossembélé	05°16'	017°39'
091	Bouar (Aéro)	05°58'	015°38'
094	Bouca	06°30'	018°16'
097	Boukoko	03°55'	017°56'
100	Bozoum	06°19'	016°22'
103	Bria	06°32'	021°59'
106	Carnot	04°56'	015°52'
109	Kaga-Bandoro (ex-Crampel)	06°59'	019°11'
112	Damara	04°58'	018°42'
115	Dekoa (Poste)	06°19'	019°04'
118	Dembia	05°07'	024°25'
121	Djéma	06°03'	025°19'
124	Gambo	04°39'	022°15'
127	Grimari	05°42'	020°04'
136	Ippy (Poste)	06°15'	021°12'
139	Kadjema	05°15'	026°12'
142	Kembé	04°35'	021°54'
151	Kouango	05°00'	019°58'
175	Les Mbrès	06°40'	019°48'
181	Loko Safa	03°42'	018°05'
193	Mbaiki (Poste)	03°53'	018°00'
197	Mobaye	04°19'	021°11'
199	Mongoumba	03°38'	018°35'
205	Ndélé	08°24'	020°39'
217	Niakari	04°50'	022°45'
223	Nola	03°31'	016°04'
226	Obo	05°24'	026°30'
227	Ouadda	08°04'	022°24'
229	Ouanda-Djallé	08°53'	022°48'
238	Rafai	04°58'	023°54'
241	Salo	03°15'	016°10'
247	Sibut	05°43'	019°04'
259	Yalinga	06°31'	023°16'
262	Yaloké	05°19'	017°05'
265	Zangba	04°29'	020°56'
268	Zémio (Poste)	05°02'	025°09'
	Congo		
800	Impfondo	01°37'	018°04'
	RDC		
931	Bafuka	04°15'	027°57'
932	Bambésa	03°27'	025°43'
933	Bondo	03°48'	023°41'
934	Bongabo	03°06'	020°32'
935	Bosobolo	04°11'	019°53'
936	Bunia	01°33'	030°15'
937	Businga	03°25'	020°49'
939	Buta	02°48'	024°44'
940	Dingila	03°38'	026°01'
941	Faradjé	03°44'	027°42'
942	Ibambi	02°24'	027°37'
943	Irumu	01°27'	029°51'
944	Mahagi	02°19'	031°01'
945	Lebo	04°30'	023°53'
946	Libenge	03°39'	018°38'
948	Nebangumu	02°58'	026°00'
949	Niangara	03°42'	027°54'
950	Nioka	02°07'	030°38'
951	Isiro (ex Paulis)	02°46'	027°37'
952	Wamba	02°08'	028°00'
953	Watsa	03°05'	029°32'
955	Mbandaka	00°03'	018°17'
	Soudan		
900	Maridi	04°55'	029°28'
902	Raga	08°28'	025°41'
903	Yei	04°05'	030°40'

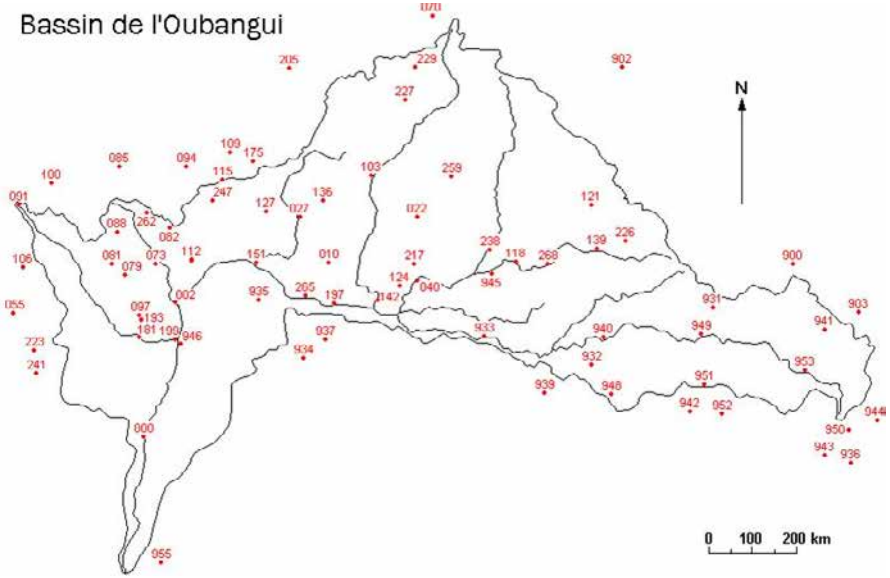


Figure 2-20
Emplacement des postes pluviométriques

2.8.3 - Pluviométrie annuelle

En préalable à l'étude statistique, l'ensemble des pluviométries annuelles a été traité par le *Vecteur régional* en vue d'homogénéiser l'échantillon et de déceler les observations manifestement erronées.

Cette méthode, imaginée par G. Hiez et mise au point par Y. Brunet-Moret (1979), consiste à traiter un ensemble de postes pluviométriques situés dans une même zone climatique. Il est alors calculé un vecteur qui représente la valeur la plus probable de la pluviométrie. Ensuite chaque station est comparée (méthode des doubles cumuls) à ce vecteur : les variations dans la pente de la droite des doubles cumuls représentent soit une modification de l'emplacement de la station, soit une erreur d'appareillage, soit une erreur d'observation.

Nous avons travaillé sur la période 1940-1975. Malheureusement les observations sur la RDC s'arrêtent en 1961, tandis que celles sur le Soudan ne sont disponibles que de 1951 à 1976.

2.8.3.1 – Période d'observation 1940-1961

Dans ces conditions, l'étude des pluviométries annuelles et mensuelles ne portera que sur la période 1940-1961.

Le tableau 2.9 donne les résultats de l'analyse sur 48 postes pluviométriques pour lesquels nous disposions des 22 années d'observations de la période 1940-1961.

Tableau 2.9 - Résultat de l'analyse sur 48 postes pluviométriques (22 années observations 1940-1961)

Station	Moyenne (mm)	Ecart-type (mm)	Décennale séche (mm)	Décennale humide (mm)	K_3
			Centrafrique		
Bangui (Dire	1524	151	1330	1717	1,29
Alindao (Mé	1564	171	1344	1783	1,33
Bakouma	1603	216	1326	1880	1,42
Bambari(Vill	1390	211	1119	1660	1,48
Bangassou	1707	261	1374	2041	1,49
Berbérati	1550	174	1328	1773	1,34
Birao (Météo	853	112	710	996	1,40
Boda (Poste	1344	289	974	1714	1,76
Bossangoa (	1453	217	1180	1725	1,46
Bouca	1418	169	1203	1634	1,36
Boukoko	1706	210	1438	1974	1,37
Bozoum	1414	229	1121	1708	1,52
Bria	1567	166	1354	1779	1,31
Carnot	1414	202	1156	1672	1,45
Kaga-Bando	1376	178	1151	1602	1,39
Damara	1344	118	1193	1495	1,25
Gambo	1534	190	1291	1777	1,38
Grimari	1497	220	1216	1779	1,46
Ippy (Poste)	1372	142	1191	1554	1,30
Kouango	1391	169	1175	1606	1,37
Mbaiki (Post	1690	226	1400	1980	1,41
Mobaye	1460	186	1222	1699	1,39
Mongoumba	1605	156	1406	1805	1,28
Ndélé	1300	189	1059	1542	1,46
Niakari	1584	231	1289	1879	1,46
Nola	1460	195	1210	1710	1,41
Obo	1397	147	1209	1585	1,31
Ouadda	1377	147	1188	1565	1,32
Rafaï	1682	251	1361	2003	1,47
Sibut	1404	194	1156	1651	1,43
Yaliga	1548	190	1304	1791	1,37
Zémio (Post	1591	169	1375	1808	1,31
			Congo		
Impfondo	1783	233	1485	2082	1,40
			RDC		
Bafuka	1725	213	1453	1997	1,37
Bondo	1530	168	1316	1745	1,33
Bosobolo	1618	128	1454	1782	1,23
Buta	1640	200	1385	1896	1,37
Dingila	1836	164	1626	2046	1,26
Faradjé	1432	253	1109	1755	1,58
Ibambi	2057	175	1833	2281	1,24
Lebo	1710	234	1411	2010	1,42
Libenge	1684	193	1437	1930	1,34
Mahagi	1472	252	1150	1794	1,56
Mbandaka	1772	170	1555	1989	1,28
Nébanguma	1922	189	1680	2164	1,29
Nianfara	1725	210	1456	1994	1,37
Wamba	1946	224	1660	2233	1,35
Watsa	1780	319	1372	2189	1,60

Le coefficient K_3 est le rapport entre l'année décennale humide et l'année décennale sèche. Boda (Poste) mis à part (K_3 = 1,76), ce coefficient varie entre 1,2 et 1,6 ce qui dénote une faible irrégularité interannuelle.

Les isohyètes interannuelles sont représentées sur la figure 2.21.

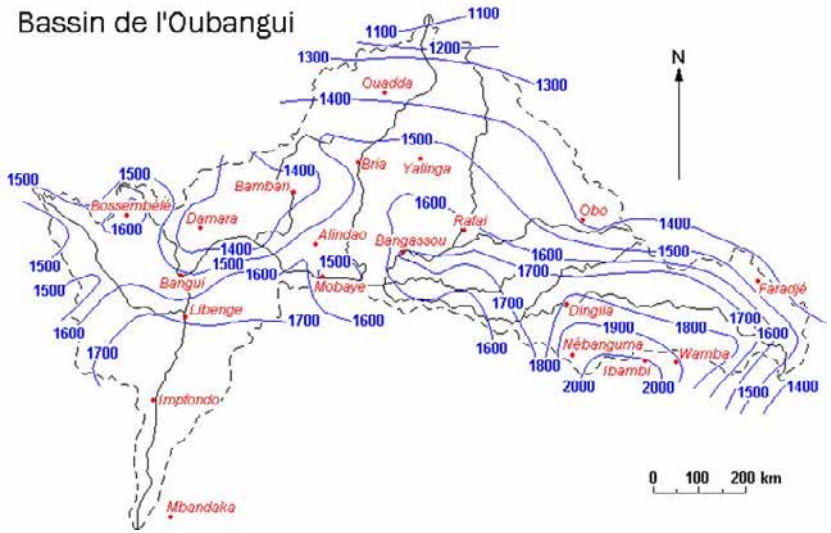


Figure 2-21
Isohyètes interannuelles
(période 1941 - 1961)

L'examen de cette figure amène les commentaires suivants :

- la pluviométrie croît du nord vers le sud, du climat tropical vers le climat équatorial, ce qui est tout à fait normal. La progression dans l'extrême sud est peu marquée : 1 605 et 1 684 mm pour Mongoumba et Libenge (même latitude : 03°38' N et distance 5 km entre les 2 stations !), 1 783 mm pour Impfondo (01°17' N) et 1 772 mm pour Mbandaka (00°03'N), le confluent étant à la latitude 00°30' S ;
- il y a un surcroît de pluviométrie dans la région de Bossembélé (phénomène remarqué depuis longtemps par les météorologues centrafricains, probablement dû à des orages convectifs isolés plus nombreux là qu'ailleurs) et un déficit sur l'axe Damara-Bambari (seuil Congo-Tchad) et dans la région de Mobaye (cf. la région déprimée de Possel-Kouango) ;
- le maximum de la pluviométrie est observé en RDC, dans la région Nébanguma-Ibambi-Wamba, avec 2 000 mm annuel. Cette région coïncidant avec les premiers reliefs à 600-700 m d'altitude, le surcroît de pluviométrie serait probablement dû à un effet de *fœhn*, d'autant plus qu'à l'est de cette région le total annuel chute rapidement ;
- l'axe Bangassou-Dingila présente, lui aussi, un surcroît de pluviométrie.

La place de l'échantillon 1940-1961 dans la série chronologique de Bangui et des stations synoptiques du Centrafrique

Il est intéressant de voir comment se place l'échantillon 1940-1961 dans la série des pluviométries observées à Bangui (période 1931-1988) et aux stations synoptiques centrafricaines (1940-1988).

À cet effet, nous avons calculé les moyennes mobiles sur 3, 5 et 10 ans :

- pour la pluviométrie annuelle de Bangui ;
- pour la pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin de l'Oubangui limité à Bangui.

La figure 2.22 donne le résultat de ces moyennes mobiles :

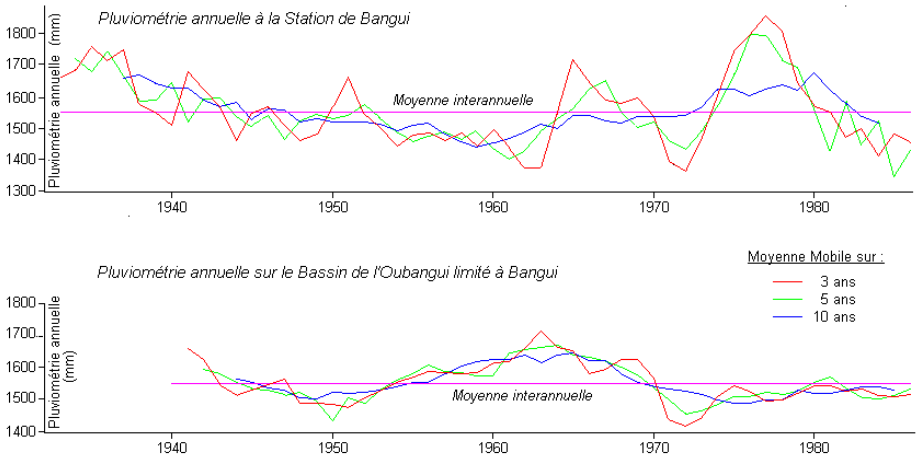


Figure 2-22
Moyennes mobiles de la pluviométrie annuelle.

- à Bangui, la pluviométrie annuelle est supérieure à la normale de 1931 à 1943 et reste à peu près égale à la normale de 1944 à 1953. Elle est nettement inférieure de 1954 à 1964, mais devient excédentaire de 1965 à 1970. Ensuite il y a chute de la pluviométrie annuelle de 1971 à 1973, reprise d'une pluviométrie excédentaire de 1974 à 1980, et rechute sévère à partir de 1981 ;
- sur le bassin de l'Oubangui à Bangui, nous retrouvons la même allure jusqu'en 1954 mais 1955-1969 sont des années excédentaires. Il y a toujours chute de la pluviométrie à partir de 1970. Jusqu'en 1988 la pluviométrie annuelle est inférieure à la moyenne.

Cette analyse est en accord avec la variation des débits annuels de l'Oubangui à Bangui (voir chapitre 5).

Nous pouvons admettre, pour la pluviométrie 1940-1961, un léger déficit pour la période 1940-1954 et un petit excédent de 1955 à 1961. Finalement la pluviosité, sur l'ensemble de la période 1940-1961, est proche de la "normale", telle qu'elle apparaît sur des périodes plus longues à Bangui (58 ans) ou aux stations synoptiques (49 ans).

2.8.3.2 – La sécheresse de 1970

Il est nécessaire d'évoquer, en quelques lignes, cet affaiblissement de la pluviométrie qui a conduit à une sécheresse catastrophique en Afrique sahélienne à partir de 1970.

Vers le milieu de la décennie 1960, la pluviométrie du bassin oubanguien diminue brusquement (voir fig. 2-22). Conséquence directe, le débit de l'Oubangui et de ses affluents régresse aussitôt. Cette décroissance perdurait encore en 1994 (voir Compléments n° 4 (Wesselink et *al.*) dans les *Références récentes* de cette *Monographie*).

Ce phénomène ne se limite pas au seul bassin de l'Oubangui. Il affecte (Rodier et Roche, 1973 ; Sircoulon, 1984) Sénégal, Mali, Niger, Tchad, Burkina Faso, Cameroun (à l'exception du Sud), Congo (Laraque *et al.*, 2001), Soudan et Egypte (Omar-Haroun, 1995).

L'analyse statistique des séries chronologiques – tant de la pluviométrie que des débits – avec des tests spécifiques (tests de Pettit, Lee et Heghinian, Hubert) qui sont rassemblés l'utilitaire *Khronostat* (téléchargement à http://www.hydrosciences.org/spip.php?article239), montrent une « rupture », terme employé par les statisticiens pour désigner un changement dans la tendance de la série, en 1970.

À l'échelle de la Circulation générale de l'atmosphère, le plus surprenant est que loin d'être une simple sécheresse, nous avons affaire à un effet de bascule entre l'Afrique sahélienne et tropicale (*déficitaire*) et l'Amérique du Sud (*excédentaire*) où le même phénomène est observé, mais en sens inverse. Ceci sur l'Amazone (Callède *et al.*, 2004, 2008), l'Uruguay, le Negro, le Paraguay (Genta *et al.,* 1998 ; Müller *et al.,* 1998 ; Cutim *et al.*, 2000 ; Collischonn *et al.,* 2001) et dans le Nord-Ouest argentin (Planchon et Rosier, 2005).

Jusqu'à présent, aucune explication crédible de cet accident n'a encore été donnée par les climatologues.

2.8.4.- Pluviométrie mensuelle

Le tableau 2.10 donne la pluviométrie mensuelle moyenne (période 1940-1961) pour 24 postes pluviométriques, tandis que la figure 2.23 représente cette même pluviométrie pour 10 postes seulement.

Tableau 2.10 - Pluviométrie mensuelle moyenne à quelques stations du bassin versant de l'Oubangui

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
					Centrafrique								
Bangui (Direction)	25	43	106	133	172	133	180	218	186	194	103	31	1524
Bambari (Ville)	11	32	76	94	167	141	212	223	175	187	56	16	1390
Bangassou	17	38	117	146	226	188	186	204	193	260	94	38	1707
Berbérati	23	51	87	143	167	153	140	188	222	258	94	24	1550
Bïrao (Météo)	0	1	2	19	95	110	212	208	166	39	1	0	853
Boda (Poste)	20	44	68	118	149	119	144	208	196	169	79	30	1344
Bossangoa (Météo)	1	7	48	85	146	144	235	310	253	200	23	1	1453
Boukoko	23	51	129	156	180	165	197	243	207	216	95	44	1706
Bria	7	15	70	105	182	179	222	312	235	185	50	5	1567
Kaga-Bandoro(ex Crampel)	2	10	33	72	140	172	243	237	268	166	26	7	1376
Gambo	18	36	114	120	181	173	191	181	189	209	92	30	1534
Grimari	11	29	81	117	167	160	177	227	220	212	70	26	1497
Ippy (Poste)	5	22	82	102	142	175	181	232	212	162	50	7	1372
Mbaiki (Poste)	28	53	130	146	173	156	179	232	202	215	134	42	1690
Mobaye	18	49	110	144	169	146	163	182	186	169	104	20	1460
Mongoumba	35	45	128	133	164	156	168	229	189	195	121	42	1605
Ndélé	1	8	30	50	142	147	205	261	272	168	13	3	1300
Nola	31	41	102	143	149	159	136	172	200	178	116	33	1460
Sibut	5	29	69	82	150	154	208	209	215	209	57	17	1404
Zémio (Poste)	16	29	83	137	178	178	184	226	235	232	70	23	1591
					Congo								
Impfondo	73	78	155	167	187	149	137	172	173	215	173	104	1783
					RDC								
Buta	21	65	125	166	178	128	175	174	193	237	134	45	1641
Mbandaka	116	130	152	152	146	114	97	119	199	211	206	130	1772
Watsa	40	56	129	196	202	192	186	226	167	207	139	40	1780

La répartition des mois pluvieux varie du nord vers le sud, c'est-à-dire du climat tropical (une seule saison sèche) vers le climat équatorial (deux saisons sèches).

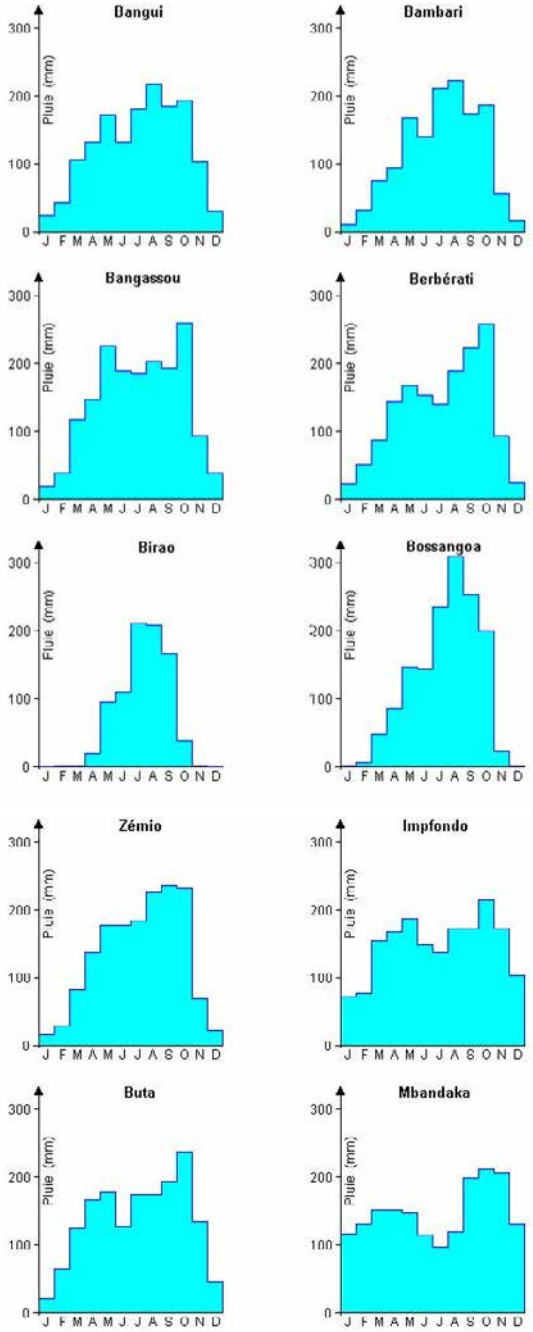


Figure 2-23
Variation de la pluviométrie mensuelle (période 1940 - 1961)

Nous avons repris l'idée de G. Dhonneur et reporté, sur la figure 2.24, la répartition des mois pluvieux en fonction de la latitude. Nous y voyons que la petite saison sèche commence vers le 06° nord.

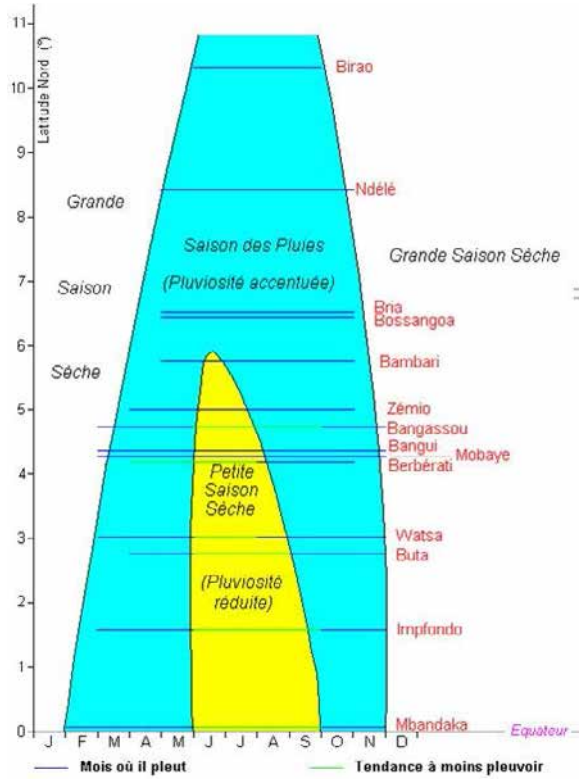


Figure 2.24
Répartition de la saison des pluies en fonction de la latitude

Ce n'est pas tout à fait en concordance avec le schéma classique d'E. de Martonne (1909) qui date du début du siècle, donc avec un nombre restreint de postes d'observations. Notons que la saison sèche principale ne commence à être sérieusement sèche qu'au nord de Bria et d'Ippy, tandis qu'elle ne dure jamais plus de deux à trois mois au sud. Une saison sèche correspond à un échantillon avec beaucoup de jours sans pluie et, de temps en temps, un mois à 40 mm. En plus il y a l'effet de la coupure à l'échelle du mois qui réduit artificiellement la durée de la saison sèche.

2.8.5. - Pluviométrie journalière

L'étude de la pluviométrie journalière porte sur 28 stations dont la plupart ont plus de 20 années d'observations.

Le tableau 2.11 donne les résultats de cette analyse. Les figures 2.25 et 2.26 donnent l'allure des isohyètes pour des averses de période de retour de 1 et 10 ans.

Tableau 2.11 - Pluies journalières sur le bassin oubanguien

Stations	Nombre d'années d'observations	Période de retour					
		1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
		Centrafrique					
Bangui	44	80	93	112	126	140	159
Alindao	40	72	83	99	111	122	138
Bakouma	30	80	93	110	122	135	153
Bangassou	48	80	93	109	122	135	152
Bambari	27	74	87	103	116	129	146
Berbérati	30	71	82	98	110	122	138
Birao	37	61	72	88	100	113	130
Bossangoa	34	74	86	103	115	128	144
Bossembélé	28	74	86	102	114	126	142
Bouar	10	66	77	92	103	115	130
Boukoko	31	78	90	106	118	130	146
Bozoum	41	74	86	103	115	128	144
Bria	40	73	85	101	113	125	141
Ippy	36	75	86	101	112	123	138
Kaga-Bandoro	41	79	92	110	123	137	154
Kembé	26	83	97	115	129	143	162
Kouango	27	75	88	104	117	129	146
Mobaye	37	83	97	115	129	143	161
Ndélé	43	69	80	96	108	120	136
Obo	29	71	83	99	111	123	140
Ouanda-Djallé	15	61	71	85	95	106	119
Rafai	35	76	87	102	113	125	140
Salo	22	79	92	109	122	135	152
Yalinga	29	74	87	103	116	129	147
Zémio	42	77	89	105	117	129	145
		Congo					
Impfondo	49	80	93	110	124	137	155
		RDC					
Bambessa		72	81	90	97	103	110
Bambessa					98	105	117
Nioka		50	56	64	70	76	85

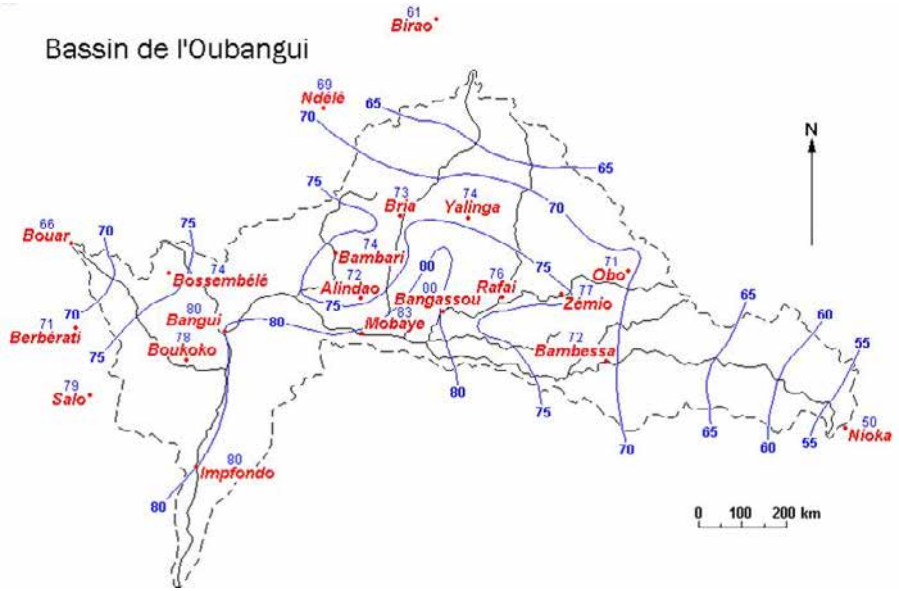


Figure 2-25
Averse annuelle (mm)

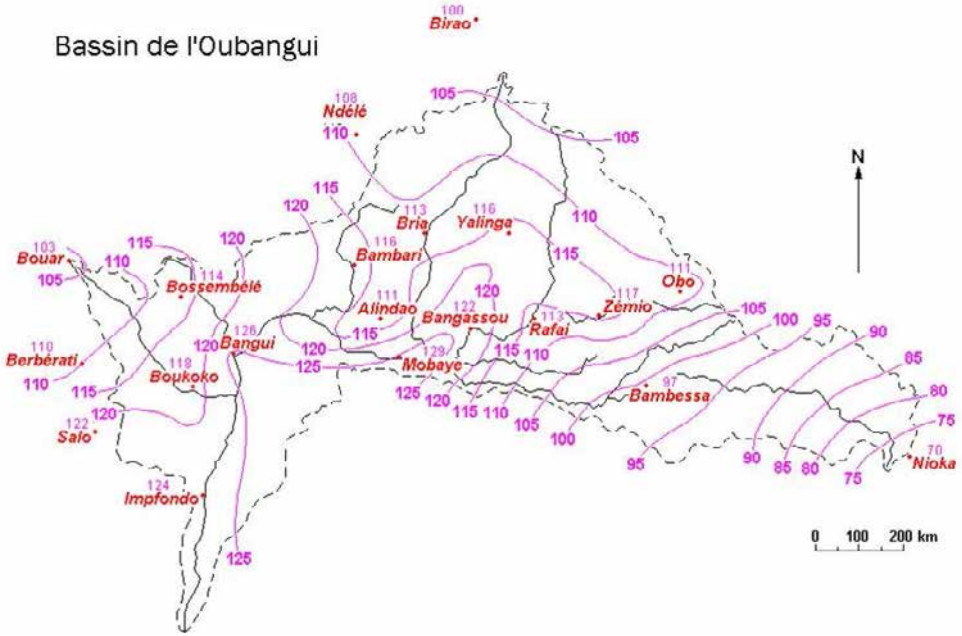


Figure 2-26
Averse décennale (mm)

Nous avons également utilisé les résultats donnés par les publications (Devroey, 1948-1959 ; Bultot, 1971-1977) concernant la RDC. Pour Bambessa nous avons 2 sources d'information qui donnent des valeurs très voisines.

Il apparaît que le nombre d'années d'observations n'a que peu d'importance sur les résultats, comme l'indique le tableau 2.12.

L'analyse statistique est faite en utilisant les programmes de traitement écrits par Y. Brunet-Moret vers 1974 et qui ont fait leurs preuves. Deux lois sont utilisées :

- la loi Gamma incomplète ;
- la loi exponentielle généralisée.

Le seuil de troncature a été fixé à 5 mm. Les résultats de ces 2 lois étant identiques, à quelques pour cent près, nous avons adopté leur valeur moyenne.

Tableau 2.12 - Influence de la durée d'observation sur les pluies journalières

Stations	Nombre d'années d'observations	Période de retour			
		1 an	10 ans	20 ans	50 ans
Bangui					
1931-1980	44	79	124	137	156
1950-1975	21	74	115	127	143
Alindao					
1935-1980	40	72	110	121	136
1950-1980	29	72	109	120	135
1950-1975	24	70	107	117	132
Bangassou					
1928-1980	48	80	122	134	151
1950-1975	26	76	116	128	144
Bïrao					
1939-1980	37	60	99	111	127
1950-1975	26	59	96	107	122
Zémio					
1927-1980	42	77	117	130	146
1950-1975	24	78	118	130	146
Impfondo					
1932-1980	49	80	124	137	154
1950-1975	26	82	126	139	157

L'examen des isohyètes des averses montre un phénomène qui avait été découvert lors de l'élaboration de la *Monographie de la Sanaga* (Dubreuil *et al*., 1975) : les averses en zone climatique d'altitude (Bouar, haut bassin de l'Uele) sont plus faibles que les autres.

Dans la zone d'altitude 300-500 m, les averses sont remarquablement constantes d'un poste à l'autre, avec cependant une croissance générale de la pluie décennale du nord vers le sud (altitude et exposition mises à part).

Enfin il faut indiquer l'averse exceptionnelle du 22 août 1967 à Bangui, où il est tombé 171,5 mm. Cette averse, de période de retour d'ordre de grandeur centenaire, est à rapprocher des averses mémorables de Bamako (163,3 mm le 27 août 1954) et de N'Djamena (181 mm le 12 août 1950).

2.8.6. - Intensité des précipitations

L'analyse de l'intensité des averses n'est effectuée qu'à Bangui, en utilisant les 7 années d'observations pluviographiques de la station bioclimatologique de l'ORSTOM (Callède et Arquisou, 1972), complétées par 3 années provenant du pluviographe de la station météorologique officielle de Bangui-Mpoko (méthode des stations-années).

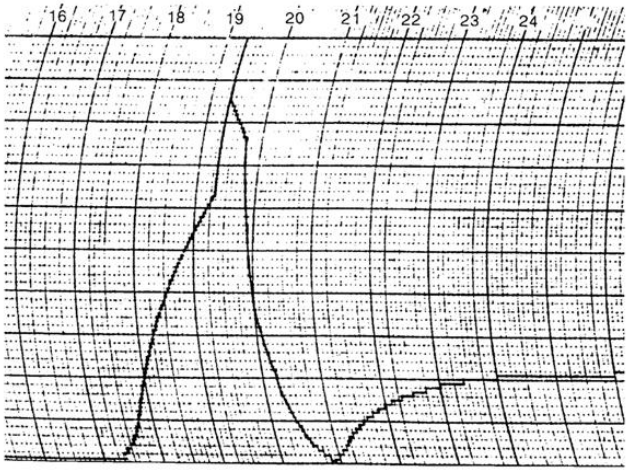
41 averses sont analysées, toutes supérieures à 50 mm. Six dépassent les 100 mm. Ce nombre d'averses est bien faible pour une étude statistique valable. Cependant, grâce à 2 averses exceptionnelles (22 août 1967 et 11 mai 1969) il est possible d'enregistrer des intensités remarquables, de période de retour au moins cinquantenaire.

Bien que le pluviographe ait eu des ennuis de fonctionnement, il est quand même possible de tracer la courbe intensité-durée de l'averse du 22 août 1967 (171,5 mm).

La pluie du 11 mai 1969 (Callède, 1969) n'a pas cette importance (118,2 mm seulement) mais, sans aucun doute possible (figure 2.27), cette averse présente des intensités extrêmement importantes :

- 600 mm/h en 3 mn ;
- 420 mm/h en 5 mn ;
- 270 mm/h en 10 mn ;
- 200 mm/h en 15 mn.

De telles intensités sont très rares. Il est quand même signalé, à la Guadeloupe, 516 mm/h en 5 mn et 220 mm/h en 15 mn (Klein, 1971).



2 000 cm² : un trait fort, tous les millimètres de pluie.

Figure 2-27
Pluviogramme à augets basculeurs (modèle M.N.)
(Pluviogramme de l'averse du 11 mai 1969 à Bangui)

Les 41 averses sont réparties en 4 classes :

- 50-70 mm (24 averses) ;
- 70-90 mm (5 averses) ;
- 90-110 mm (9 averses) ;
- 110-130 mm (2 averses).

L'averse du 22 août 1967 est classée à part. Dans chaque classe, les courbes intensité-durée de chaque averse déterminent une valeur moyenne pour chaque pas de temps. Le tableau 2.13 donne les résultats de cette analyse, tandis que la figure 2.28 représente ces courbes.

Tableau 2.13 - Intensité des précipitations à Bangui (unité : mm/h)

Hauteur de l'averse	Durée										
	Minutes					Heures					
(mm)	5	10	15	30	45	1	1.30	2	3	4	5
60	115	100	88	68	55	45	33	27	19	15	12
80	135	115	100	78	65	55	42	34	24	18	15
100	150	130	115	90	75	63	50	40	27	22	18
120	*190*	*165*	*145*	115	93	80	63	*51*	*37*	*29*	*23*
Averse du 22/08/1967											
171,5	*250*	*210*	185	146	117	100			45	41	34

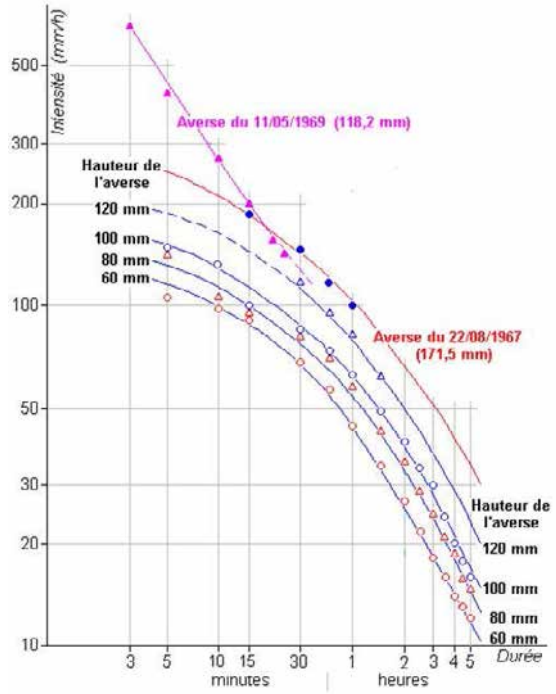


Figure 2-28
Courbes intensité-durée des précipitations à Bangui-ORSTOM

2.8.7. - Écarts dans la mesure de la pluie

La station bioclimatologique de l'ORSTOM, à Bangui, était équipée de divers pluviomètres dont certains servaient à corriger le mieux possible, en cas de pluie, les mesures des bacs d'évaporation (Callède et Arquisou, 1972).

Sur un millier de mètres carrés (superficie suffisamment faible pour pouvoir admettre une pluie homogène sur cette surface) il existait, en 1972 :

- un classique pluviomètre *Association*, 400 cm², installé en septembre 1968 à 1,50 m au-dessus de la pelouse, suivant les normes en vigueur à cette époque ;
- un pluviomètre SPIEA modifié Météorologie nationale, à lecture directe, situé à 1,00 m au-dessus de la pelouse (installé en août 1971) ;
- un pluviomètre au sol, avec grille anti-rebonds, installé en conformité avec la recommandation de l'Organisation météorologique mondiale en date du 17 février 1971 (installé en juillet 1971) ;
- trois pluviomètres *Association*, au sol, destinés aux corrections de bac : l'un était à 5 cm au-dessus de la pelouse, les deux autres à 10 cm. Un de ces deux pluviomètres était au milieu d'une petite fosse de 60 cm de diamètre, destinée à éviter les rebonds. Ces pluviomètres ont été installés de 1962 à 1967.

La comparaison des mesures effectuées sur ces différents instruments, pour une même averse, porte sur la période 1967-1971.

Chaque averse est classée dans une des tranches : 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-80, >80 mm. L'analyse se fait tranche par tranche. Nous ne donnerons ici que les résultats globaux, pluviomètre par pluviomètre. Le pluviomètre de référence est le pluviomètre *Association* situé à 1,50 m au-dessus de la pelouse.

Pluviomètre au sol (à 5 cm) **Nombre total d'averses** : 545 **Coefficient de corrélation** : entre 0,86 et 1 **Rapport avec le pluviomètre "Association"** :	 **valeur moyenne** : **0,95** **entre 0,93 et 0,98 (moyenne : 0,97)**
Pluviomètre au sol (à 10 cm, sans fosse) **Nombre total d'averses** : 527 **Coefficient de corrélation** : entre 0,82 et 1 **Rapport avec le pluviomètre "Association"** :	 **valeur moyenne** : **0,95** **entre 0,95 et 0,98 (moyenne : 0,97)**
Pluviomètre au sol (à 10 cm, avec fosse antirebonds) **Nombre total d'averses** : 528 **Coefficient de corrélation** : entre 0,82 et 1 **Rapport avec le pluviomètre "Association"** :	 **valeur moyenne** : **0,95** **entre 0,94 et 0,98 (moyenne : 0,97)**
Pluviomètre au sol, type Organisation Météorologique Mondiale, avec grille antirebonds **Nombre total d'averses** : 54 **Coefficient de corrélation** : entre 0,93 et 1 **Rapport avec le pluviomètre "Association"** :	 **valeur moyenne** : **0,98** **entre 0,92 et 1,05 (moyenne : 0,99)**
Pluviomètre installé à 1,00 m au-dessus de la pelouse **Nombre total d'averses** : 55 **Coefficient de corrélation** : entre 0,95 et 1 **Rapport avec le pluviomètre "Association"** :	 **valeur moyenne** : **0,99** **entre 0,92et 1,01 (moyenne : 0,96)**

L'analyse des 2 derniers pluviomètres porte sur un nombre insuffisant d'averses – dont plus de la moitié sont inférieures à 5 mm – pour que les résultats, à ces 2 instruments, puissent être considérés comme significatifs.

Nous constatons que le pluviomètre *Association*, situé à 1,50 m au-dessus de la pelouse, capte 3 % de plus que les 3 premiers pluviomètres au sol. L'écart entre les mesures effectuées sur ces 3 pluviomètres au sol est pratiquement nul.

Ces résultats sont en accord avec ceux de C. Riou (1975) concernant N'Djamena et Brazzaville. Là aussi le pluviomètre à 1,50 m capte un peu plus que le pluviomètre au sol. C. Riou indique que *la comparaison des pluviomètres [...] a été l'objet d'un grand nombre de travaux et il est traditionnel d'affirmer qu'un pluviomètre placé près du sol reçoit plus d'eau que le pluviomètre standard par suite de la moindre turbulence. Ceci n'a, en fait, été vérifié que pour le pluviomètre placé dans la fosse (60 cm de diamètre) au milieu d'une parcelle de sol nu.*

2.9. Le climat du bassin oubanguien

Le climat du bassin de l'Oubangui varie depuis le tropical (au nord) jusqu'à l'équatorial (au sud).

Plusieurs classifications existent.

2.9.1. - La classification de W. Köppen (Köppen et Geiger, 1936)

Bien qu'à l'échelle du bassin oubanguien la classification de W. Köppen n'ait pas la souplesse requise pour différencier les sous-climats, elle demeure la base de référence pour les agronomes dans la détermination des écoclimats.

L'ensemble du bassin oubanguien est classé en zone **A**, caractérisée par une température moyenne du mois le plus froid supérieure à 18°C. Seule, la station de Nioka (à l'est du bassin) est classée en zone **C** mais elle se situe un peu en hors de la limite du bassin oubanguien.

La classe A des climats de W. Köppen comprend (figure 2.29) comme sous-divisions :

- le climat de type **Af**, auquel appartiennent les régions dont la hauteur mensuelle des pluies du mois le plus sec reste supérieure à 60 mm. Ce climat est celui de la cuvette congolaise (cf. stations d'Impfondo et de Mbandaka) ;
- le climat de type **Aw** auquel appartiennent les régions où la hauteur mensuelle des pluies du mois le plus sec descend au-dessous de 60 mm. L'indice w signifie que la saison sèche survient durant l'hiver de l'hémisphère dans laquelle la région est située. C'est le cas du cours moyen de l'Oubangui et de toute la partie centrafricaine du bassin ;
- enfin le climat de type **Am**, climat de transition entre **Af** et **Aw**. La pluviométrie mensuelle du mois le plus sec est inférieure à 60 mm mais supérieure à (100 - P/25) où P est la pluviométrie annuelle en mm.

En 1955, F. Bultot a utilisé la classification de W. Köppen pour sa carte des zones climatique du Congo et ensuite pour son *Atlas climatique du bassin du Congo* (Bultot, 1971-1977).

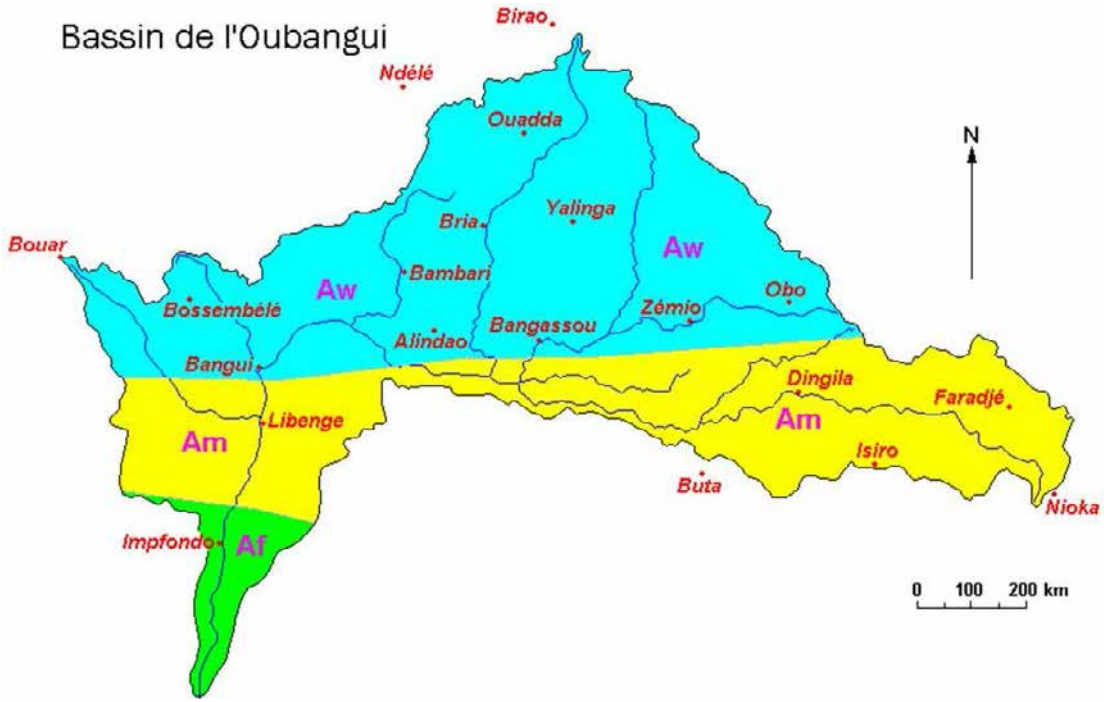


Figure 2-29
Classification climatique (selon W. Köppen)

2.9.2. La classification d'A. Aubréville (Aubréville, 1950)

Selon A. Aubreville les climats écologiques tropicaux sont caractérisés fondamentalement par la longueur des saisons sèches et pluvieuses. Cet auteur a donc proposé de définir commodément, par un groupe de trois chiffres, le régime pluviométrique d'un climat : nombre de mois très pluvieux (pluviométrie supérieure ou égale à 100 mm), nombre de mois intermédiaires, nombre de mois secs (pluviométrie inférieure ou égale à 30 mm). C'est l'indice pluviométrique.

On peut établir, avec cet indice, une carte (figure 2.30) de corrélation climat-formations végétales.

Les stations avec moins de 2 mois secs correspondent au climat guinéen forestier avec les subdivisions suivantes :

- forêt dense sempervirente (0 mois sec) cf. Impfondo (10.2.0) et, *a fortiori*, Mbandaka (11.1.0) ;
- forêt dense semi-caducifoliée de lisière (1 mois sec) cf. Bambessa ou Mbaiki (9.2.1) :
- savane guinéennes périforestières (2 mois secs) cf. Mobaye (9.1.2) ou Rafaï (8.2.2).

Le climat soudano-guinéen correspond au domaine des savanes boisées. Il présente plusieurs variantes autour de l'orthotype des savanes à *Burkea-Lophira* cf. Bossembélé (6.3.3). Les unes sont plus humides, cf. variante soudano-oubanguienne des forêts semi-humides à *Anogeissus-Albizia* comme à Yalinga (7.2.3). Les autres plus sèches cf. sous-domaine médio-soudanais, comme à Ouadda (6.2.4), des savanes à *Monotes-Isoberlinia-Uapaca* que l'on retrouve en RDC (ex-Zaïre) sur l'interfluve Congo-Nil : Aba (8.0.4).

On relève qu'à l'extrémité septentrionale du bassin, le nombre de mois secs est équivalent au nombre de mois humides.

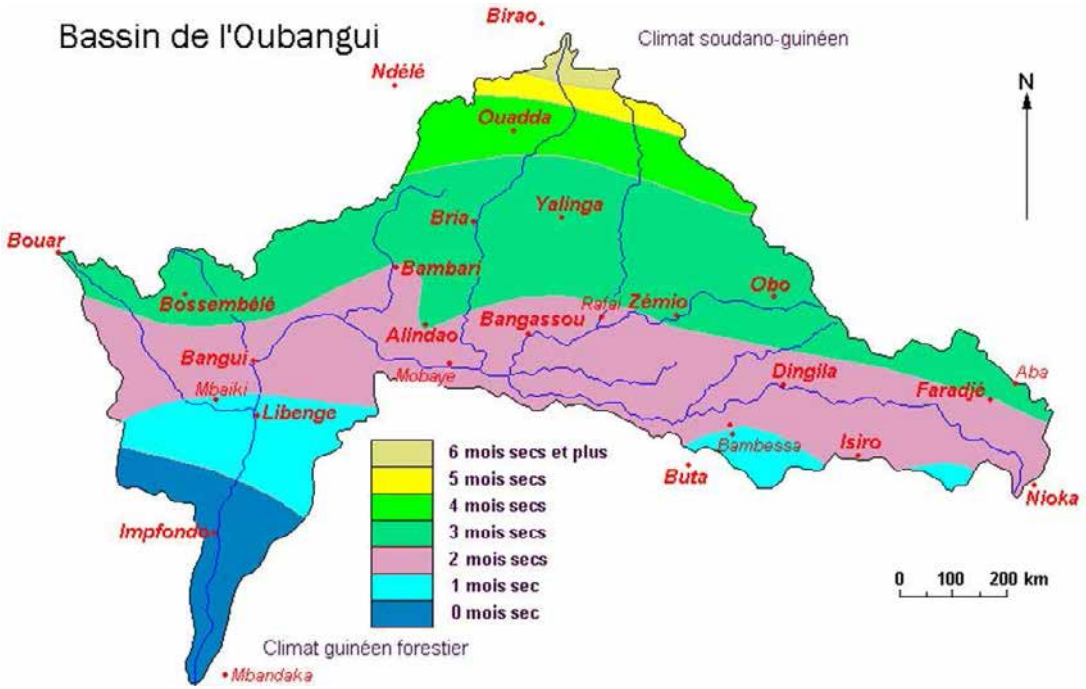


Figure 2-30
Classification climatique
selon l'indice pluviométrique de A. Aubréville

2.9.3. - La classification hydrologique de J. Rodier

Cette classification (Rodier, 1964) se base surtout sur la grandeur de la pluviométrie annuelle.

- climat tropical pur, avec une pluviométrie comprise entre 750-800 mm et 1 200-1 300 mm. Il correspond à la limite septentrionale du bassin oubanguien ;
- climat tropical de transition, avec une pluviométrie annuelle supérieure à 1 200 m. Il s'étend jusqu'à la limite sud du FIT (soit, *grosso modo*, le parallèle 04°N). Ce type de climat englobe le nord des bassins de l'Oubangui et du Mbomou ;
- climat équatorial de transition, qui s'étend depuis le parallèle 04°N jusqu'au parallèle 01°N. Il caractérise la plus grande partie du bassin de l'Uele et tout l'Oubangui au sud de Bangui ;
- climat équatorial pur. Situé au sud du parallèle 01°N, c'est le climat de l'extrême aval de l'Oubangui.

La figure 2.31 donne les limites de ces classes de climat.

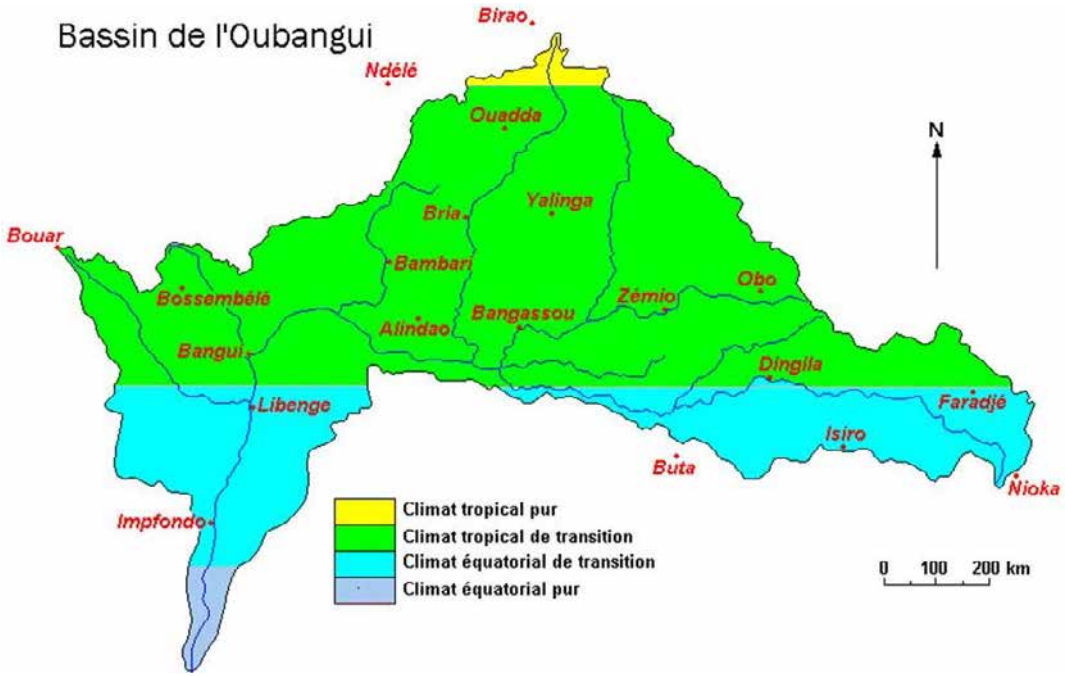


Figure 2-31
Le climat du bassin de l'Oubangui
(classification hydrologique de J.Rodier)

2.9.4. La classification des Atlas Jeune Afrique (1977,1980, 1984)

Elle a été réalisée par C. Bouquet (Centrafrique), P. Vennetier (Congo) et M. Pain (RDC). La classification est très proche de celle d'A. Aubreville (1950).

La figure 2.32 donne les limites des diverses classes.

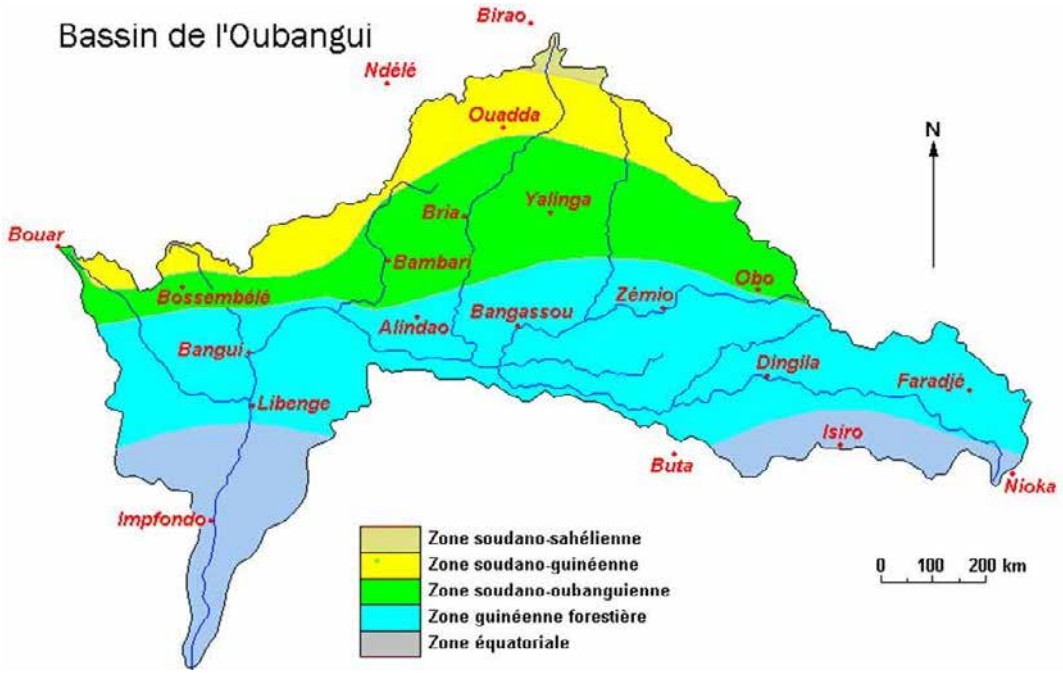


Figure 2-32
Le climat du bassin de l'Oubangui
(d'après les atlas Jeune Afrique*)*

2.9.5. - Types de climats hygrothermiques d'Afrique (W. Lauer et P. Frankerberg)

La carte de W. Lauer et P. Frankenberg (figure 2.33) est plus sommairement basée sur la combinaison entre deux échelles : température et nombre de mois humides. La plus grande partie du bassin oubanguien (dont la totalité de la partie centrafricaine) se rattache au groupe II (à température moyenne comprise entre 24 et 27°C) avec un nombre de mois humides croissant de 5 (à l'extrémité septentrionale : source de la Kotto) jusqu'à 11-12 au sud : cuvette congolaise. L'altitude induit un rafraîchissement de la température moyenne annuelle qui serait sensible, selon ces auteurs, pour le seul haut bassin de l'Uele, rattaché au groupe III à température annuelle comprise entre 18 et 24°C, avec 8 à 10 mois pluvieux. Un domaine similaire s'observe dans l'Adamaoua camerounais ; il n'apparaît que sur la frontière Centrafrique-Cameroun ; en fait la température moyenne annuelle de Bouar (23,9°C) est déjà légèrement inférieure à 24°C.

Il doit en être de même à la source de la Kotto et pour les sommets du massif du Dar Chala pour lesquels nous ne disposons évidemment pas de stations météorologiques.

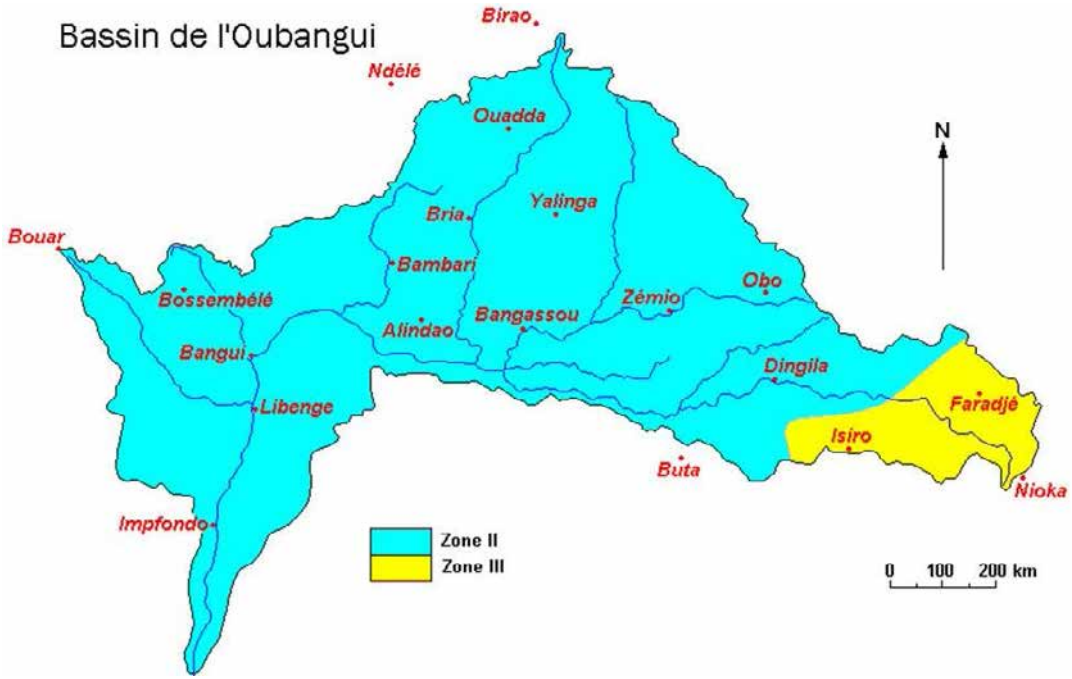


Figure 2-33
Types de climats hygrothermiques
d'après W. Lauer et P. Frankerberg

2.9.6. - Régions climatiques du bassin de l'Oubangui selon M. Leroux (1983)

M. Leroux fonde les délimitations des domaines et régions climatiques à partir de tonalités physionomiques résultantes : tonalités hygrométrique, thermique et pluviométrique.

Dans les cartes climatiques d'Afrique de cet auteur, le bassin de l'Oubangui se répartit sur quatre domaines.

Au sud le domaine de la mousson atlantique permanente correspond, pour l'essentiel, à l'espace couvert par la forêt dense (et les savanes périforestières). Sa définition aérologique nécessitera quelques réajustements dans l'est de la cuvette congolaise, qui demeure l'archétype du climat forestier (cf. Mbandaka). L'amplitude annuelle est de l'ordre de 1 à 2°C, la température modérément chaude avoisine 25 à 23°C, les écarts diurnes n'excèdent pas 10°C, les températures maximales dépassent rarement 30°C, les températures minimales sont peu fréquemment inférieures à 20°C et uniquement sur les pourtours ; les précipitations sont, dans l'ensemble, supérieures à 1 500 mm par an, de régime bimodal soutenu, aucun mois n'étant véritablement non pluvieux ; l'humidité relative est constamment supérieure à 80 %, excepté sur les marges où elle reste toutefois proche de cette valeur.

Les contreforts orientaux de la cuvette (cf. Niangara), où le relèvement de l'altitude maintient la faiblesse de l'amplitude annuelle et entraîne une tonalité thermique fraîche, disposent de pluies annuelles supérieures à 2 000 mm. Le rebord occidental de la cuvette congolaise (cf. Aba), limité par l'isotherme annuelle 25°C, est scindé en deux parties par la vallée de l'Ogoué dans laquelle s'insinue la région côtière gabonaise ; l'altitude, quoique modeste, conduit à un véritable rafraîchissement.

À l'intérieur du domaine de l'Afrique orientale, les hautes terres du Rift occidental (cf. Nioka) ont des températures moyennes inférieures à 20°C, particulièrement représentatives avec une amplitude voisine de 2°C ; la tonalité froide est associée à de fortes précipitations supérieures à 2 000 mm sur le versant occidental qui se rattachent au domaine du flux atlantique permanent, décroissant ensuite vers l'est ; le même gradient organise l'hygrométrie.

Bordé au sud par le domaine de la mousson permanente, le domaine sud-soudanien possède une tonalité humide grâce à la présence du flux d'origine austral pendant plus de huit mois, avec des précipitations supérieures à 1 000 mm par an. L'abondance de la pluviométrie estivale explique l'entretien, sur l'essentiel du domaine austral, du régime thermique bimodal ; l'iso-amplitude annuelle est en moyenne de 5°C et les écarts diurnes sont modérés, la tonalité thermique est encore chaude mais principalement due à la saison non pluvieuse. À l'ouest, la dorsale camerounaise (cf. Bouar), cernée au nord par l'isotherme annuel 25°C, est fraîche. Le régime pluviométrique y est unimodal avec un maximum en août-septembre. Il en est de même des régimes thermiques.

Le domaine septentrional (nord-soudanien) représente la partie nord du domaine aérologique de la mousson atlantique ; il est bordé au sud par l'isohyète 1 000 mm qui correspond, pour l'essentiel, à la limite nord des aires baignées pendant huit mois par la mousson. Il est à noter que cette caractérisation, qui correspond bien à la région de Birao au nord-est du Centrafrique, ne semble pas en fait s'étendre jusqu'à la source de la Kotto (extrémité septentrionale du bassin oubanguien) en raison des reliefs correspondant au massif du Dar Chala, qui entraîne localement un accroissement de la pluviosité.

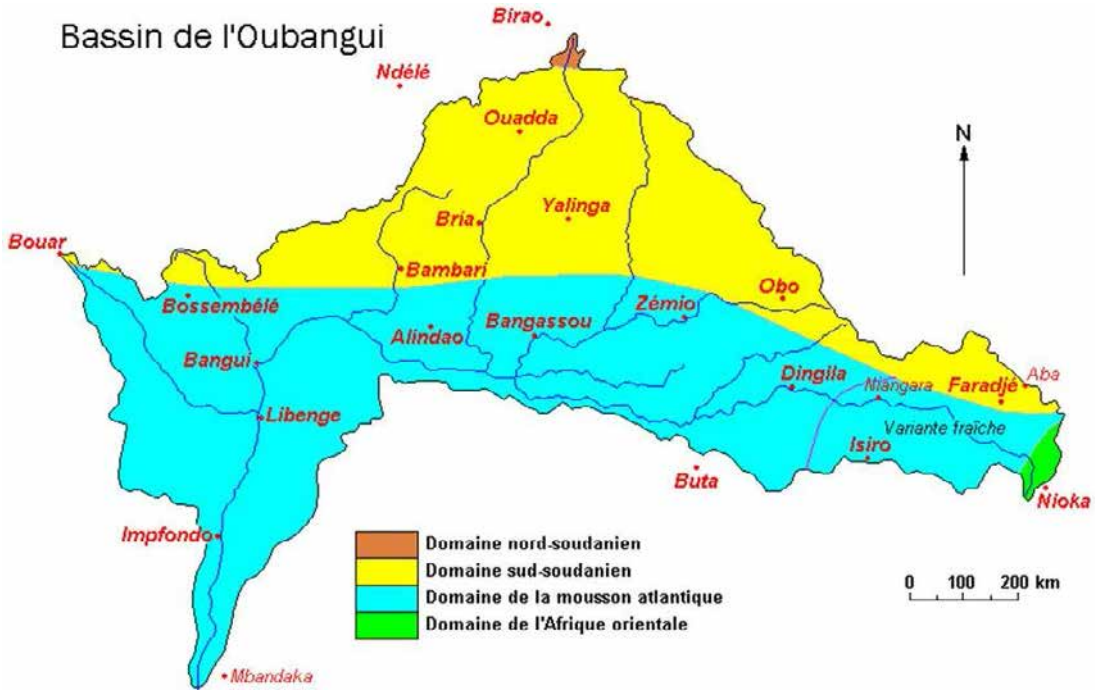


Figure 2-34
Régions climatiques (selon M. Leroux)

Retour en haut du Chapitre

Sommaire de la monographie

Chapitre 3

ÉQUIPEMENTS ET MESURES HYDROMÉTRIQUES

3.1 - Généralités

Les renseignements, figurant dans ce chapitre et dans son Annexe (« Les Stations hydrométriques »), concernent des stations de réseau où ont été effectués soit des relevés de hauteur d'eau, se référant à une ou plusieurs échelles, soit des jaugeages généralement réalisés pour l'étalonnage de ces stations. Ce travail a été effectué en partant du *Répertoire général des stations hydrométriques de la République centrafricaine* (Callède, 1972).

La description sommaire du bassin contrôlé a sa place à coté de celles des échelles et des mesures de débit, car cela permettra au lecteur de vérifier la vraisemblance des caractères du régime hydrologique pouvant être évoqués, au moins dans leurs grandes lignes, à travers les raisonnements qui conduisent à l'établissement des étalonnages et à la critique des lectures d'échelle.

On peut faire les remarques générales suivantes sur le contenu des divers paragraphes pouvant être rencontrés dans l'étude d'une station :

3.1.1 - Aspect géographique

Sous ce titre, on a groupé parfois quelques renseignements qui constituent un commentaire de la carte générale du bassin. Autant que possible, nous avons évité de répéter plusieurs fois ce qui avait été écrit au sujet d'une station déjà étudiée.

Les superficies des bassins versants secondaires sont déterminées suivant les mêmes règles que celles des bassins principaux, comme indiqué dans la première partie *Facteurs conditionnels du régime*. Les cartes à l'échelle du 1/200 000 sont employées systématiquement, sauf pour la RDC car non disponibles.

J.P. Thiébaux, qui a fait ce travail, a trouvé dans quelques cas des écarts avec les valeurs déterminées précédemment. Ce sont ses valeurs qui, généralement, sont prises en compte. Lors de la nouvelle mise en forme de la *Monographie*, l'utilitaire *Google Earth* est utilisé pour vérifier les coordonnées géographiques des stations.

La figure 3-1 représente le réseau hydrographique, avec l'emplacement des stations hydrométriques. La liste de ces stations, classées suivant les critères du chapitre 1, est donnée par le tableau 3.1.

Tableau 3.1 - Liste des stations hydrométriques du bassin de l'Oubangui

Numéro de la Fig. 3-1	Matricule	Station	Cours d'eau	Latitude Nord	Longitude Est	Superficie (km²)
		Oubangui supérieur				
1	1060700220	Zémio	Mbomou	05°02'	025°09'	27 700
2	1060700205	Bangassou	Mbomou	04°44'	022°49'	119 050
3	1060700215	Ouango	Mbomou	04°19'	022°34'	141 000
4	1060702305	Obo	Mbokou	05°24'	026°30'	5 960
5	1060701605	Kéré	Kéré	05°21'	025°45'	3 790
6	1060702805	Dembia	Ouara	05°06'	024°27'	19 590
7	1060702802	Bogou	Ouara	05°53'	025°22'	7 330
8	1060701310	Rafai	Chinko	04°58'	023°55'	52 060
9	1060702210	Loungouba	Mbari	04°44'	022°41'	23 600
10	1060702205	Fodé	Mbari	05°29	023°19'	13 900
11	1060707305	Pascale (Bakouma)	Mpatou	05°43'	022°48'	365
12	1060704005	Djéma	Ngoangoa	06°03'	025°19'	7 580
		Moyen Oubangui				
13	1060700108	Kemba	Oubangui	04°08'	022°26'	315 000
14	1060700112	Limassa	Oubangui	04°14'	022°02'	398 500
15	1060700114	Mobaye (Aval)	Oubangui	04°19'	021°11'	403 800
16	1060700115	Mobaye (Amont)	Oubanoui	04°19'	021°11'	403 800

17	1060700110	**Kouango**	Oubangui	04°59'	019°58'	435 000
18	1060700118	**Palambo**	Oubangui	04°42'	018°57'	484 500
19	1060700105	**Bangui**	Oubangui	04°22'	018°36'	488 500
20	1060700120	**Zinga**	Oubangui	03°43'	018°36'	521 900
21	1060700116	**Mongoumba**	Oubangui	03°38'	018°36'	553 900
22		**Libenge**	Oubangui	03°39'	018°38'	553 900
		Affluents du moyen Oubangui				
23	1060701820	**Bac Yalinga**	Kotto	07°10'	022°45'	29 700
24	1060701804	**Bria**	Kotto	06°32'	022°00'	60 590
25	1060701807	**Ira-Banda**	Kotto	05°56'	022°08'	70 430
26	1060701810	**Kembé**	Kotto	04°36'	021°55'	77 750
27	1060701815	**Nganda**	Kotto	04°19'	022°04'	81 000
28	1060705505	**Ouadda**	Pipi	08°04'	022°24'	2 500
29	1060705810	**Mahamat**	Bourgou	06°46'	021°59'	16 800
30	1060701103	**Alindao**	Bangui-Kété	05°03'	021°12'	4 560
31	1060702703	**Bakala**	Ouaka	06°12'	020°23'	15 700
32	1060702705	**Bambari**	Ouaka	05°46'	020°40'	29 730
33	1060702707	**Bambala**	Ouaka	05°13'	020°11'	39 200
34	1060701505	**Ngriko**	Kémo	05°45'	019°25'	5 180
35	1060705707	**Sibut**	Tomi	05°44'	019°05'	2 610
36	1060705303	**Bossélé (km 105)**	Ombella	05°10'	018°52'	3 020
37	1060702505	**Balla-Kété (Togbo)**	Mpoko	06°02'	017°28'	200
38	1060702520	**Boudélé**	Mpoko	05°38'	017°40'	3 670
39	1060702515	**Bossélé-Bali**	Mpoko	04°32'	018°28'	10 460
40	1060702510	**Bangui (Bimbo)**	Mpoko	04°19'	018°31'	25 630
41	1060703605	**Ouda Kota**	Kokoué	05°49'	017°33'	575
42	1060705005	**Bodoupa**	Njo	05°42'	017°36'	387
43	1060703203	**Bomassa**	Boué	05°35'	017°36'	84
44	1060705905	**Yangana**	Yamgama	04°38'	018°33'	169
45	1060704603	**Boali (Poste)**	Mbali	04°49'	018°07'	4 596
46	1060704604	**Boali (ICOT)**	Mbali	04°53'	018°02'	4 410
47	1060704605	**Boali (Pirogues)**	Mbali	04°53'	018°02'	4 410
48	1060707505	**Bodanga**	Mbi	04°55'	017°38	2 260
49	1060703905	**Bombé**	Lessé	04°07'	018°14'	1 300
50	1060706505	**Bimo**	Kapou	04°18'	018°17'	
51	1060702026	**Zaoro-Yanga**	Lobaye	05°10'	016°37'	5 280
52	1060702012	**Kédingué-Yawa**	Lobaye	04°21'	017°04'	11 170
53	1060702021	**Ngotto**	Lobaye	04°03'	017°21'	15 480
54	1060702023	**Safa (Terres rouges)**	Lobaye	03°39'	018°06'	29 600
55	1060702016	**Mbata**	Lobaye	03°40'	018°18'	30 300
56	1060702008	**Batalimo**	Lobaye	03°40'	018°27'	30 700
57	1060702020	**Mongoumna**	Lobaye	03°41'	018°35'	31 100
58	1060704505	**Bambio**	Mbaéré	03°57'	017°01'	4 930
59	1060704203	**Boda**	Louame	04°19'	017°28'	510
		Bas Oubangui				
60		**Dongo**	Oubangui	02°43'	018°24'	
61		**Dongou**	Oubangui	02°02'	018°03'	
62		**Impfondo**	Oubangui	01°37'	018°04'	
63		**Mobenzélé**	Oubangui	00°54'	017°51'	
64		**Lilanga**	Oubangui	00°14'	017°51'	
65		**Ndjoundou**	Oubangui	00°20' S	017°41'	

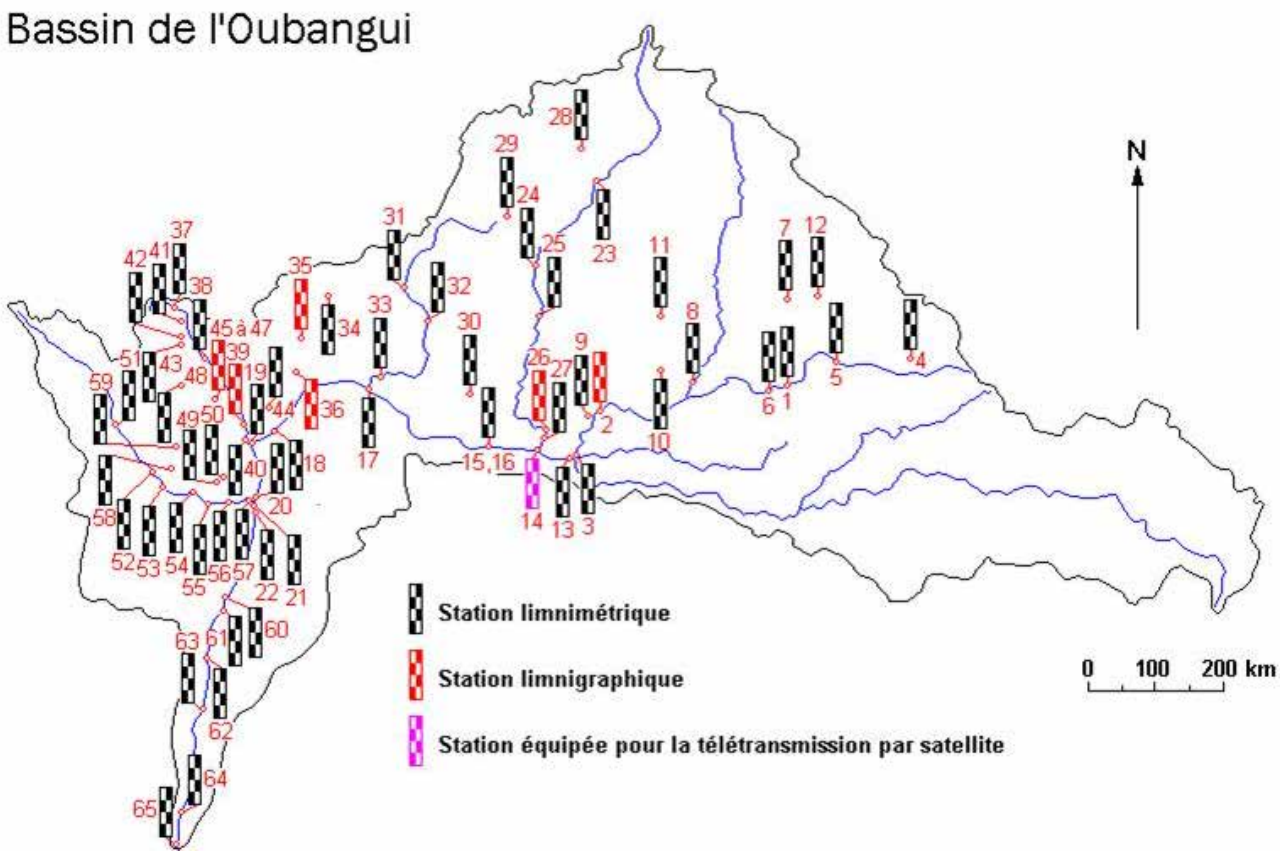


Figure 3-1
Emplacement des stations hydrométriques (les numéros correspondent à ceux du Tableau 3-1)

Les altitudes sont indiquées chaque fois que cela est possible. Elles sont déterminées par rapport aux repères du nivellement général (effectué par l'*Institut Géographique National* français), dont les altitudes de références sont données généralement soit dans le système *IGN 1957*, soit dans le système *IGN 1959*.

3.1.2 - Étalonnage. Fichiers hydrométriques

Les mesures de débit (jaugeages) sont réalisées au moulinet hydrométrique. La méthode d'intégration le long de la verticale, à la descente, est de règle depuis 1964 sauf quand le jaugeage se fait *à gué.* Dans ce cas, la mesure se fait point par point le long de la verticale.

Les programmes de calcul automatique du logiciel HYDROM sont utilisés dans la quasi-totalité des cas pour la détermination des débits journaliers (Cochonneau *et al*., 1989). Seule la station de la Mpoko à Bangui, non-univoque, nécessite un traitement spécial au vu de la forme particulière de sa fonction *dénivelée normale* (Jaccon, 1986). Dans les tableaux, les jaugeages sont, sauf exception signalée dans le texte, rattachés à la cote de la station existante au moment de la mesure.

Les fichiers hydrométriques utilisés sont ceux de la banque de données HYDROM disponible à Montpellier, à savoir :

- fichier d'identification des pays et des stations ;
- fichier des jaugeages ;
- fichier des étalonnages ;
- fichier des cotes instantanées ;
- fichier des débits instantanés ;
- fichier des débits moyens journaliers.

Le fichier des cotes instantanées est établi à partir d'une unique copie vérifiée et critiquée des relevés originaux des observateurs.

Les courbes d'étalonnage sont présentées dans la plupart des cas.

Rappelons, une fois de plus, que ces courbes ne sont pas immuables. Pour chaque station, elles correspondent aux conditions hydrauliques existantes depuis le début de l'étalonnage jusqu'à fin 1975. C'est avec ces étalonnages que les débits indiqués dans la *Monographie* ont été déterminés. Elles ne peuvent, en aucun cas, être utilisées aujourd'hui sans quelques nouveaux jaugeages de

contrôle.

3.1.3 - Présentation et critique des relevés de hauteur d'eau

Il n'est pas fait allusion, en général, à la fréquence des relevés, sauf dans des cas où elle n'est pas uniformément d'un relevé par jour.

Les contrôles des relevés du lecteur d'échelle ne sont pas signalés ici. Nous n'avons signalé que les lacunes les plus importantes. Il y en a beaucoup. Il faut bien réaliser que, durant un certain nombre d'années, l'hydrologue ORSTOM en poste à Bangui avait à contrôler les stations hydrométriques sur une superficie de 617 000 km² (1,12 fois la France) en utilisant des pistes souvent difficiles, surtout en saison des pluies. Il devait également se préoccuper des stations du sud du Tchad, inaccessibles en saison des pluies depuis N'Djamena (cuvette de Doba, Bahr Aouk, etc.). En outre, il était souvent peu facile de trouver un lecteur d'échelle. Quant à en trouver un bon, c'était un problème souvent impossible à résoudre. C'est au point qu'à certaines époques, en particulier pendant les années 1960, c'est délibérément que l'exploitation de certaines stations a été arrêtée. On aboutit au paradoxe qu'en général l'étalonnage est bon alors que la qualité des observations est trop mauvaise pour obtenir des données hydrométriques convenables. L'équipement des stations avec télétransmission était la solution. Mais le matériel n'existait pas encore et les moyens financiers pour l'acheter étaient, de toute façon, tout à fait insuffisants.

3.1.4 - Période d'observation

D'une façon générale, la période d'observation commence à la mise en route de la station (installation) et se termine en décembre 1975, dernier mois de fonctionnement du réseau hydrométrique de l'ORSTOM.

Concernant l'Oubangui à Bangui, nous disposons des relevés effectués par les *Voies navigables* jusqu'en mars 1991 et de nombreux jaugeages complémentaires.

La Lobaye à Mbata et la Mbali à Boali sont deux rivières dont, heureusement, nous disposons des relevés jusqu'en décembre 1989.

Pour les jaugeages, nous avons utilisé tous les résultats qui nous sont parvenus à Montpellier jusqu'en juin 1991, de façon à éventuellement mieux définir les étalonnages, surtout en basses eaux, les années entre 1975 et 1991 étant fortement déficitaires.

3.2 – Plan suivi pour la présentation des équipements hydrométriques

Nous avons retenu la même classification que pour le Chapitre 1 *Facteurs conditionnels du régime*, à savoir :

- l'Oubangui supérieur et ses affluents ;
- le moyen Oubangui proprement dit ;
- les affluents du moyen Oubangui (Kotto, Ouaka, Mpoko, Lobaye, etc.) ;
- le bas Oubangui.

Il n'y a aucune station hydrométrique utilisable en RDC, tant sur le Uele et ses affluents que sur l'Oubangui, qui est un cours d'eau considéré comme international dans sa partie navigable. Il est ainsi régi par la Cour d'arbitrage internationale de la Haye, instaurée en 1899.

De ce fait, au temps de la colonisation, des accords ont été passés entre la France et la Belgique pour en assurer la gestion. Il a été convenu que, pour le tronçon frontalier avec le Centrafrique, les observations hydrométriques seraient réalisées par les *Voies navigables* de l'ex-AEF avec communication des résultats aux *Voies navigables* de l'ex-Congo belge. À titre de réciprocité, ce serait l'inverse pour le tronçon congolais. C'est pour cette raison que, dans l'*Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi*, publié à Bruxelles, figurent les relevés de Zinga, Bangui, etc. (Devrœy, 1948-1959).

Les informations concernant chaque station ont permis de valider ou non les descriptions limnimétriques effectuées depuis l'origine des stations. Leur importance est fondamentale. Le travail d'analyse des archives, de contrôle sur le terrain d'anciennes implantations, de calage entre stations successives a constitué une démarche préliminaire longue et fastidieuse qui n'a pas découragé les hydrologues en charge du dossier des stations limnimétriques.

Il était donc important de sauvegarder la mémoire de ce travail sur l'historique du réseau centrafricain qui appartient au capital de l'hydrologie dans ce pays et qui a été largement utilisé dans les projets récents de réhabilitation de ce réseau, conduits par le Service hydrologique de la *Direction de la Météorologie Nationale* centrafricaine et l'Aide internationale. Ceci étant, le volume considérable de

cette information, qui n'est pas fondamentale pour la lecture et la compréhension de cette Monographie, risquait de déséquilibrer l'ouvrage par rapport aux autres chapitres. Nous avons donc reporté l'intégralité de la description, station par station, en Annexe.

À titre d'exemple, nous donnons ici les informations relatives à la station de Bangui sur l'Oubangui.

3.3 - L'Oubangui à Bangui

Cette station est l'une des stations hydrométriques de référence internationale pour l'hydrologie africaine.

Aussi en détaillerons-nous davantage ses caractéristiques.

3.3.1 - Aspect géographique

La station, implantée à l'aval immédiat des rapides de Bangui, contrôle un bassin versant de 488 500 km².

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°22' de latitude Nord ;
- 018°35' de longitude Est.

La référence altimétrique est le repère de nivellement général, matricule T.1, installé sur le soubassement du bâtiment du Commissariat spécial du port de Bangui. Son altitude est 345,133 m (*IGN 1957*).

Remarque :

En plus du réseau implanté par l'IGN, il existait une série de repères installés par le Service du cadastre de la ville de Bangui. Dans ce système le repère de nivellement général, matricule T.1, serait à l'altitude 360,803 m, donc dans un autre système de référence altimétrique. Ce réseau de repères aurait disparu.

3.3.2 - Historique (Yayer, 1951 ; Boulvert, 1993). Voir également, en Annexe de la *Monographie*, le Complément n°3 de D. Orange et *al*.

Une première station a fonctionné de 1890 à 1897 (au moins), observée par MM. Ponel, Bobichon, Fraisse, Joulia et Sambuc (Bruel, 1899), sans que l'on connaisse l'altitude de son zéro.

En février 1911, la mission Roussilhe installe une station dite de l'*Intendance* ou de l'*Artillerie* à l'aval immédiat du promontoire rocheux où s'élève actuellement l'hôtel Oubangui (ex-hôtel Sofitel, ex-hôtel Safari). Cette station est soigneusement installée, scellée dans le roc et nivelée par rapport à des repères immuables (qui ont quand même disparus vers 1942) (Roussilhe, 1913).

Le zéro de cette station est à l'altitude 336,103 m (*IGN 1957*).

Elle est remise en état en 1928 par la Mission des Forces hydrauliques (mission Darnault) toujours avec un zéro à l'altitude 336,10 m (Darnault, 1947).

En 1933, la Mission d'étude du port de Bangui (mission Pétrocokino) restaure la station, toujours avec un zéro à 336,10 m.

Une deuxième station est installée sur l'amont du wharf du port amont, tout près du repère de nivellement général T.1, soit à 1 080 m en aval de la station de l'Intendance. Elle est calée de telle sorte que les relevés y soient identiques à ceux de l'*Intendance*.

Le zéro de cette station du *Port* est à l'altitude 336,06 m (*IGN 1957*).

Cette station du *Port* n'est jamais utilisée ni par les hydrologues de l'ORSTOM, ni même par l'observateur des *Voies navigables* qui font leurs observations à la station de *l'Intendance* et ensuite à la *Prise d'eau*. C'est pour cela qu'en février 1950, elle est déplacée accidentellement par un bateau et que son zéro se retrouve 10 cm plus bas (335,96 m), sans aucune conséquence pour les observations.

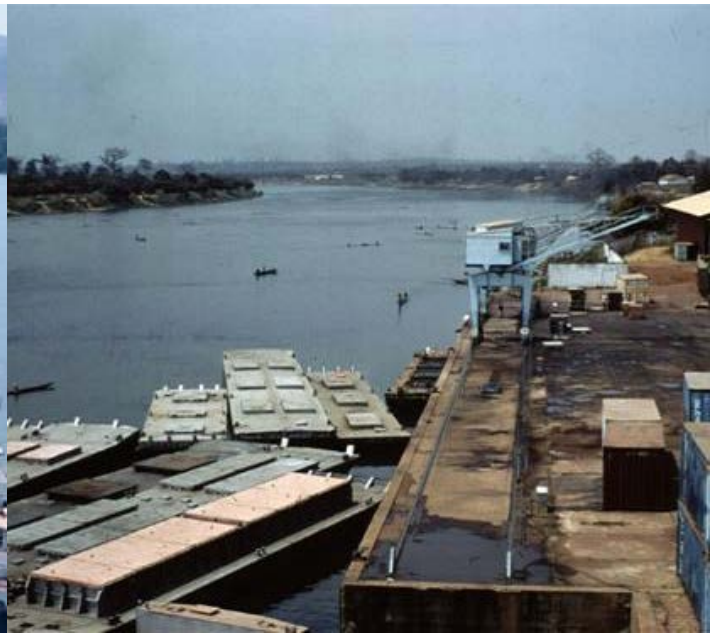
Enfin une troisième station *Prise d'eau* est installée à la station de pompage des eaux de la ville, à environ 600 m en aval de la station de *l'Intendance*. Elle est calée, elle aussi, de manière à donner des relevés identiques à ceux de *l'Intendance*. L'altitude de son zéro est 336,118 m (*IGN 1957*). 2 nivellements, l'un le 18 juin 1966, l'autre le 15 novembre 1969, indiquent que la *Prise d'eau*, bien qu'étant en aval de l'*Intendance* a son zéro calé 15 mm plus haut ! On aboutit donc à une pente d'eau légèrement négative, qui ne

peut s'expliquer que par l'existence de contre-courants violents à la sortie des rapides.

Le 31 mars 1967, des éléments d'étiage (0-1 m et 1-2 m) sont installés à la *Prise d'eau*. Un élément négatif a été installé à une date qui nous est inconnue.

L'Oubangui à Bangui
La station *de l'Intendance* se situe à gauche de l'Hôtel Oubangui. (grand édifice blanc de 13 étages)
Sur la gauche de la photo, la station *Prise d'eau* est au pied du bâtiment cubique (*Photo Y.Boulvert*)

Vue vers l'amont



Vue vers l'aval

Le Port de Bangui en basses eaux (*Photos © IRD – Y. Boulvert*)

En 1990, J.P. Thiébaux retrouve une borne hydrologique, qui daterait de 1945, sur laquelle est inscrit : « Repère hydro Roussilhe. Zéro échelle à -8,69 m ». Un nivellement lui permet de déterminer que, par rapport à cette borne, le zéro *de l'Intendance* serait à 1 cm en dessous du zéro actuel, ce qui prouve que la station n'a pratiquement pas varié en altitude (c'est peut-être la borne qui a bougé).

Le *Service commun de l'entretien des Voies navigables* a également effectué un nivellement de station *de l'Intendance* en 1989 : le zéro de chaque élément varierait entre 336,07 m et 336,11 m.

Il convient de signaler que les annuaires hydrologiques de l'ORSTOM indiquent, pour la station de Bangui, un zéro à 349,86 m, donc probablement dans un autre système de référence.

G. Chalandon (*Service commun de l'entretien des Voies navigables – SCEVN –*) doute un peu que le zéro de l'échelle limnimétrique

n'ait jamais varié *puisque le levé hydrographique de Roussilhe de 1912 indique le sommet des roches aux environs de l'échelle, avec des cotes différentes de 0,60 à 0,80 m, avec le relevé de 1990 du SCEVN*. Mais tous les nivellements concordent pour confirmer l'inamovibilité du zéro de l'échelle au moins depuis 1945, fait hautement rarissime en hydrométrie (c'est le cas également, au Brésil, pour la station hydrométrique de Manaus – utilisée également pour la navigation – dont le zéro n'a pas varié depuis 1902, année de construction de la station).

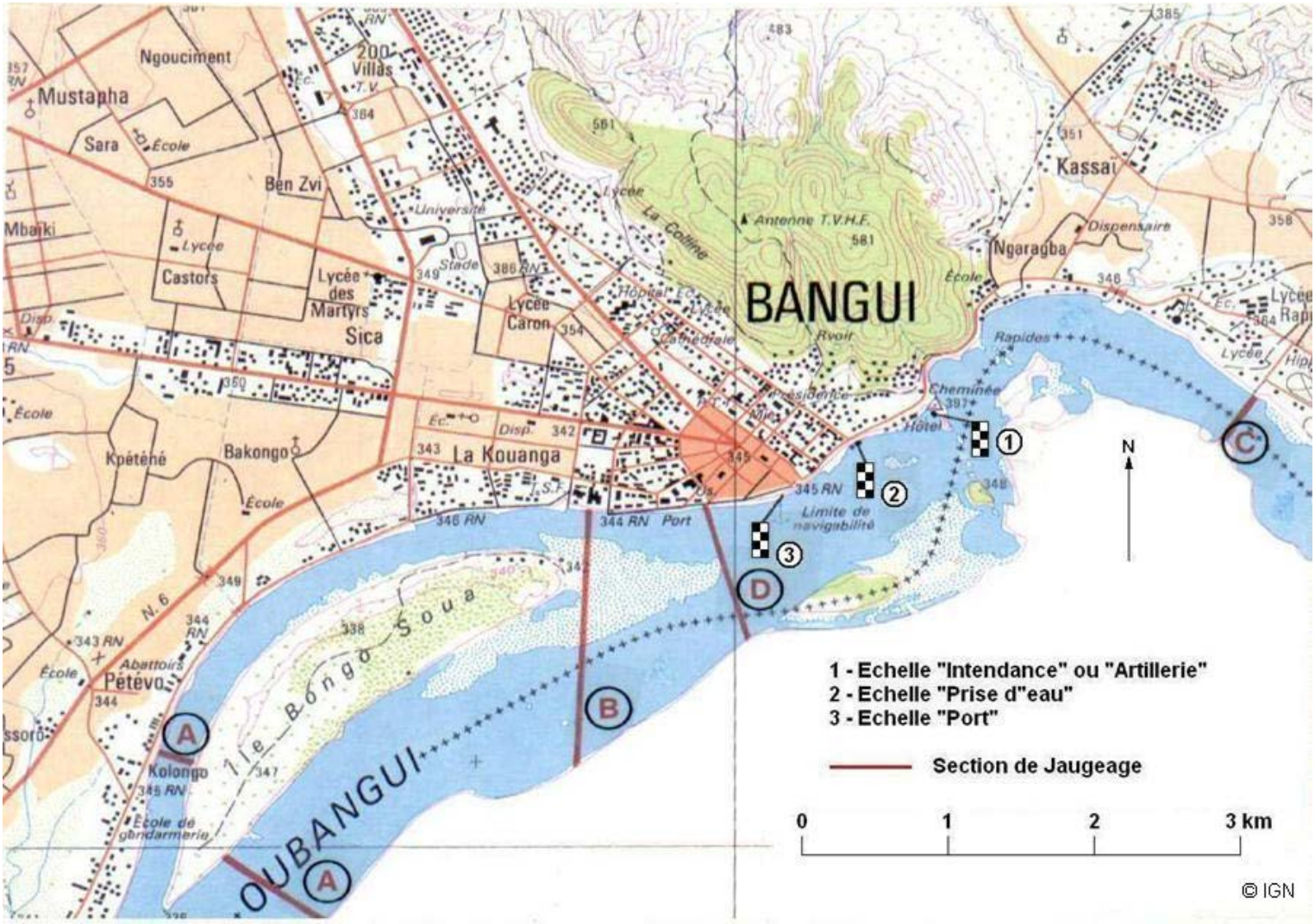


Figure 3-2
L'Oubangui à Bangui
Emplacement des Échelles limnimétriques et des Sections de jaugeage

3.3.3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

La banque de données HYDROM possède les relevés limnimétriques de 1911 à 1990, comme l'indique le tableau 3.2.

Depuis 1935, les observations sont faites par les *Voies navigables* qui, vers 1970, les communiquaient chaque jour par radio BLU aux *Voies navigables* de Brazzaville.

J. Yayer, dans sa publication de 1951 indique :

- que les observations ont été effectuées très soigneusement de février 1911 à novembre 1920 ;
- que les relevés reprirent en mars 1928 (mission Darnault) et durèrent jusqu'en novembre 1933. *Malheureusement dès que les ingénieurs de la mission Darnault quittèrent Bangui, les observateurs perdirent rapidement tout contact avec la réalité et leurs observations devinrent de la fantaisie pure : elles sont inexploitables* ;
- que depuis mars 1935 (mission Pétrocokino) les observations ont été faites très consciencieusement par les *Voies navigables*, les seules interruptions ayant eu lieu au moment des plus hautes eaux de 1947, 1948 et 1949 à cause du mauvais état du haut de la station de l'Intendance.

Nous sommes pleinement d'accord avec cette analyse.

Les quelques lacunes qui existent sont dues au fait que l'observateur ne fait généralement aucun relevé le dimanche et jours fériés (ce qui n'est pas bien important, la variation de la hauteur d'eau, d'un jour à l'autre, n'étant que de quelques centimètres seulement).

Pour les périodes 1890-1910 et 1921-1935, J. Yayer (1951) retrouve un certain nombre de hauteurs d'eau correspondant annuellement à l'étiage absolu et au maximum de crue. Mais ces valeurs sont bien souvent notées « douteuses ».

Tableau 3.2 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700105-1 **Bangui**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1911	*	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1912	C	C	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-
1913	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1914	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1915	*	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C
1916	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1917	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1918	C	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1919	*	-	-	-	-	-	C	C	C	-	C	C
1920	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	-	*
1921	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1922	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1923	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1924	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1925	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1926	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1927	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1929	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1931	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1932	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1933	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1934	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1935	*	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1936	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1937	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1938	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1939	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1940	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1941	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1942	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1943	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1944	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1945	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1946	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1947	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1948	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1949	C	C	C	C	*	C	C	C	*	*	C	C
1950	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C

1951	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C
1952	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1953	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1954	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	*	C
1955	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1957	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1959	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1960	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1961	*	C	C	*	*	*	*	*	*	C	*	*
1962	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1963	*	*	*	*	*	C	*	C	C	C	*	*
1964	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1965	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1966	C	C	*	C	C	C	*	*	C	C	*	C
1967	*	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	*
1968	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1969	C	*	C	*	C	C	C	C	C	C	*	C
1970	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*
1971	C	C	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C
1972	C	*	C	C	C	*	*	*	C	C	*	C
1973	C	*	*	*	*	*	*	*	*	C	C	*
1974	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1976	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1977	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1978	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*
1979	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1980	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1981	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1982	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1983	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1984	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1985	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1986	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1987	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1988	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1989	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1990	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

La station de Bangui a bel et bien un échantillon limnimétrique très important et de bonne qualité.

3.3.4. Jaugeages

Une telle station demandait à être correctement étalonnée. Aussi 95 jaugeages y sont réalisés par l'ORSTOM, de 1951 à 1988, et par l'ORSTOM et les *Voies navigables* de 1989 à 1995.

Le tableau 3.3 donne les résultats de ces mesures.

Tableau 3.3 - Liste des jaugeages

Station : 1060700105-1 **Bangui**

Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)	Auteur
1	27/01/1951	106	1440	*Roche*
2	26/09/1951	393	5320	*Roche*
3	18/10/1951	531	7730	*Roche*
4	01/11/1951	633	9480	*Roche*
5	07/11/1951	665	10200	*Roche*
6	14/11/1951	600	9190	*Roche*
7	20/11/1951	570	8570	*Roche*
8	27/11/1951	532	7700	*Roche*
9	26/06/1952	239	3210	*Roche*
10	17/03/1953	51	980	*Tixier*
11	12/04/1953	32	920	*Tixier*
12	22/03/1954	42	975	*Tixier*
13	06/04/1961	20	751	
14	21/03/1964	42	806	*Rouquerol*
15	06/11/1964	814	14000	*Chartier*
16	11/10/1966	584	8900	
17	13/03/1967	19	653	*Ranc*
18	25/03/1967	29	712	*Ranc*
19	28/04/1967	3	541	*Oberlin*
20	30/05/1967	90	1410	*Oberlin*
21	13/06/1967	156	2110	*Ranc*
22	05/12/1968	484	7180	*Callède*
23	24/12/1968	419	5850	*Callède*
24	30/12/1968	347	4780	*Callède*
25	03/01/1969	301	3940	*Callède*
26	10/10/1969	731	11900	*Callède*
27	17/10/1969	698	10800	*Callède*
28	24/10/1969	686	10800	*Callède*
29	16/03/1971	14	685	*Callède*
30	08/12/1971	244	2960	*Callède*
31	08/03/1972	0	645	*Callède*

32	14/03/1972	- 11	535	*Callède*
33	28/06/1972	183	2500	*Mailhac*
34	17/04/1973	- 9	521	*Greard*
35	07/03/1974	- 22	487	*Mailhac*
36	19/03/1977	25	822	
37	24/03/1977	23	875	
38	27/10/1977	583	8660	
39	04/04/1978	- 15	681	
40	18/04/1978	- 16	660	
41	14/10/1978	578	8610	
42	28/03/1985	- 65	340	
43	03/04/1985	- 55	399	
44	26/01/1987	- 5	814	*Thiébaux*
45	28/01/1987	- 1	799	*Thiébaux*
46	03/02/1987	- 9	740	*Thiébaux*
47	10/02/1987	- 19	615	*Thiébaux*
48	23/02/1987	- 41	498	*Thiébaux*
49	09/03/1987	- 50	430	*Thiébaux*
50	18/03/1987	- 59	360	*Thiébaux*
51	31/03/1987	- 44	429	*Thiébaux*
52	20/04/1987	- 33	520	*Thiébaux*
53	28/04/1987	0	865	*Thiébaux*
54	02/06/1987	45	1220	*Thiébaux*
55	17/06/1987	100	1750	*Thiébaux*
56	24/06/1987	144	2190	*Thiébaux*
57	03/02/1988	12	945	*Thiébaux*
58	04/02/1988	8	957	*Thiébaux*
59	04/02/1988	8	954	*Thiébaux*
60	05/02/1988	4	918	*Thiébaux*
61	06/02/1988	0	852	*Thiébaux*
62	08/02/1988	- 6	818	*Thiébaux*
63	08/02/1988	- 6	822	*Thiébaux*
64	01/03/1988	- 45	524	*Thiébaux*
65	12/04/1988	- 65	345	*Thiébaux*
66	18/05/1988	36	1110	*Thiébaux*

67	04/02/1989	18	946	*Thiébaux*
68	30/03/1989	- 43	554	*Thiébaux*
69	03/11/1989	473	6660	*Thiébaux*
70	17/11/1989	348	4500	*Thiébaux*
71	24/11/1989	254	3320	*Thiébaux*
72	28/11/1989	224	2900	*Thiébaux*
73	04/12/1989	202	2820	*V. navigables*
74	06/12/1989	202	2820	*Thiébaux*
75	23/12/1989	143	2120	*V. navigables*
76	26/12/1989	143	2120	*Thiébaux*
77	05/01/1990	81	1480	*Thiébaux*
78	22/01/1990	40	1060	*Thiébaux*
79	05/02/1990	3	690	*Thiébaux*
80	08/06/1990	- 2	773	*V. navigables*
81	20/06/1990	49	1200	*V. navigables*
82	15/10/1990	360	4710	*V. navigables*
83	25/10/1990	341	4440	*V. navigables*
84	10/11/1990	368	4850	*V. navigables*
85	17/11/1990	356	4630	*V. navigables*
86	03/12/1990	290	3740	*V. navigables*
87	07/12/1990	254	3320	*V. navigables*
88	14/12/1990	220	2950	*V. navigables*
89	07/01/1991	167	2380	*V. navigables*
90	12/01/1991	123	1890	*V. navigables*
91	18/01/1991	100	1620	*V. navigables*
92	25/01/1991	70	1420	*V. navigables*
93	30/01/1991	46	1180	*V. navigables*
94	06/02/1991	24	1000	*V. navigables*
95	14/02/1991	- 2	776	*V. navigables*

Les jaugeages sont réalisés au moulinet hydrométrique, par intégration sur la verticale depuis 1964. Sauf en très basses eaux, où un câble a pu être traversé d'une rive à l'autre, l'emploi du cercle hydrographique est de règle.

D'une façon générale, la vitesse moyenne de l'Oubangui autorise l'emploi d'un saumon de 25 kg sur un Zodiac *MkII*.

En très hautes eaux, il est nécessaire d'utiliser des embarcations plus importantes. Lors du jaugeage du 6 novembre 1964 (h = 8,14 m, le plus fort jaugeage réalisé à Bangui), R. Chartier a utilisé un bateau des *Voies navigables* et un saumon de 100 kg. J. Callède a fait de même les 10 et 17 octobre 1969 (h = 7,31 m et 6,98 m) mais, vu la vitesse de l'eau inférieure à 1,50 m/s, le jaugeage du 24 octobre 1969 (h = 6,86 m) a été réalisé avec un saumon de 25 kg et un Zodiac *MkII*. Ce dernier jaugeage a mis un

terme définitif à la carrière d'un ensemble « Zodiac remorqueur + Zodiac remorqué » qui ne manquait pas d'originalité.

Type de bateau utilisé lors des jaugeages des 10 et 17 octobre 1969 (*Photo © SCEVN*)

Jaugeage du 17 octobre 1969, avec treuil *Volga* et saumon de 100 kg (*Photo A. Dieudonné*)

Les sections de jaugeage sont :

- de part et d'autre de l'Île Bongo Soua (premiers jaugeages de 1951 par M. Roche), indiquée **A** sur la figure 3-2 (il y a eu plusieurs emplacements) ;
- en amont immédiat de l'Île Bongo Soua (jaugeage du 6 novembre 1954), **B** ;
- en amont des rapides, un peu en amont de la Résidence de l'Ambassadeur de France (jaugeages M. Roche, G. Oberlin, puis J.P. Thiébaux), indiquée **C** sur la figure 3-15 ;

- un peu en amont de l'Île Bongo Soua (jaugeages J. Callède) avec un balisage permanent (angles de bâtiments), **D**. Cette section, choisie après une reconnaissance aérienne, s'avère correcte en moyennes et hautes eaux ;
- 10 km en amont de la station de l'Intendance, à Mboko (anciennement *chez Armando*) pour les étiages de 1971 et 1972 (section choisie par J. Callède à l'issue d'une reconnaissance aérienne).

5 - Étalonnage

Ces 95 jaugeages indiquent une station stable en moyennes et hautes eaux (figure 3-3), c'est-à-dire quand la hauteur d'eau est supérieure à 3 m (débit de l'ordre de 3 900 m3/s).

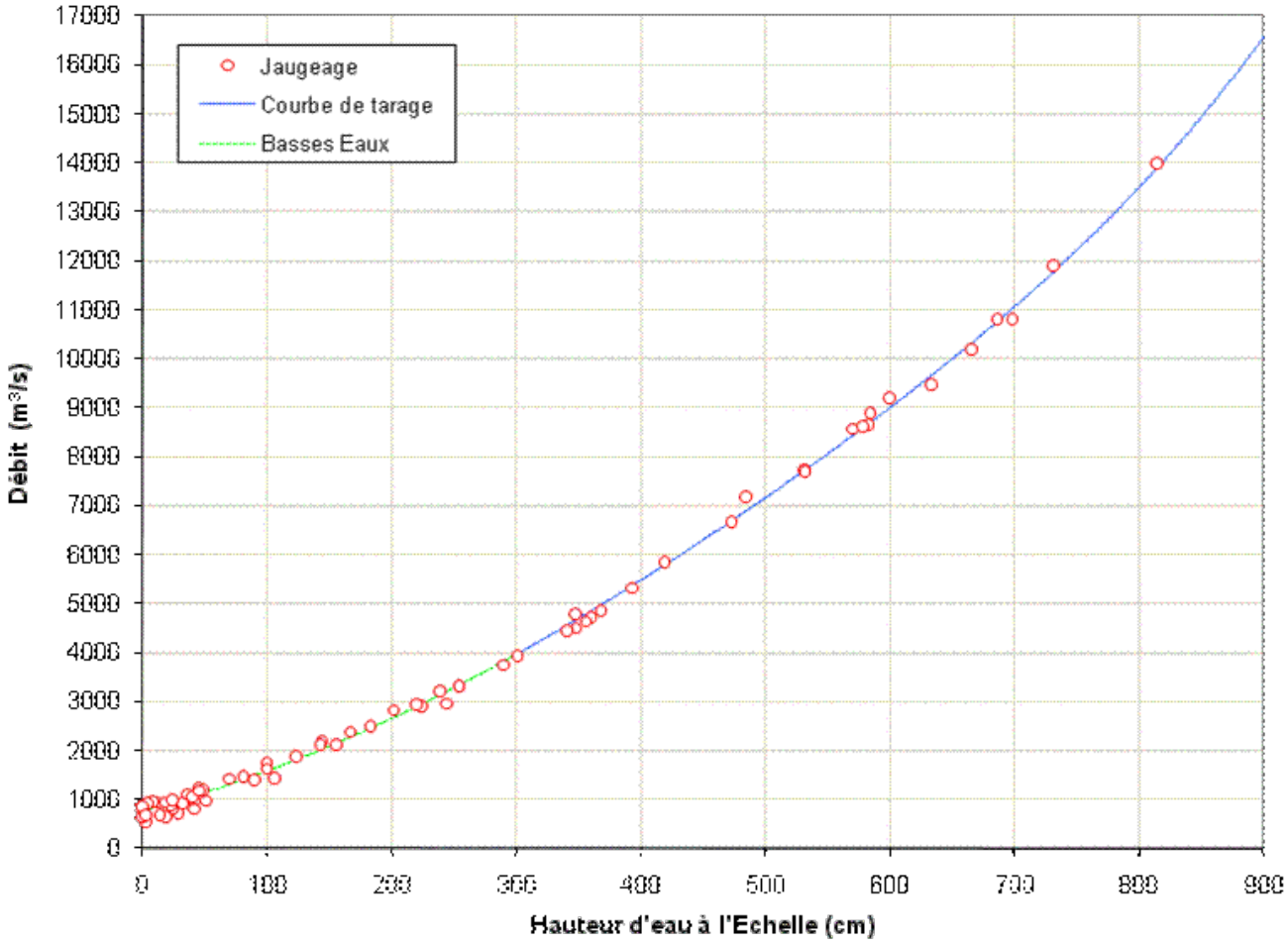


Figure 3-3

L'Oubangui à Bangui. Courbe de tarage en hautes et moyennes eaux

La qualité et l'importance de la station impliquaient une étude approfondie des étalonnages en basses eaux où un détarage était apparu en 1987. Ce travail a été effectué en s'appuyant sur la chronologie des jaugeages et de la pente de la droite de tarissement (figures 3-4 et 3-5).

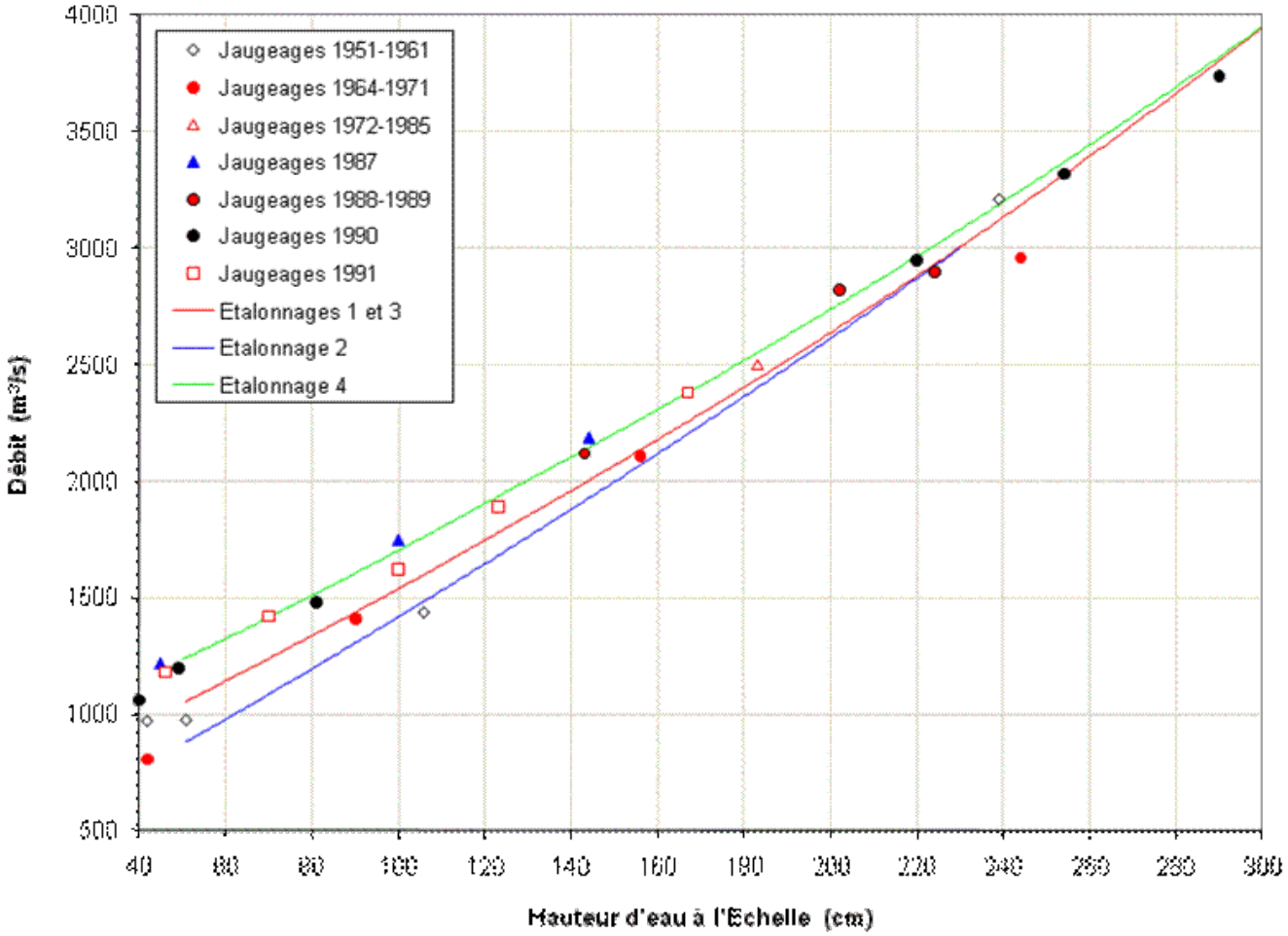


Figure 3-4

L'Oubangui à Bangui. Courbes de tarage en basses eaux

5 étalonnages ont été adoptés :

- l'étalonnage n° 1 est valable du 1er janvier 1911 jusqu'au 31 octobre 1963 ;
- l'étalonnage n° 2 va du 1er novembre 1963 au 1er novembre 1971 ;
- l'étalonnage n° 3 (identique au n° 1) est valable du 2 novembre 1971 jusqu'au 31 octobre 1981 ;
- l'étalonnage n° 4 a une validité s'étendant du 1er novembre 1981 au 1er novembre 1987 ;
- enfin l'étalonnage n° 5 est valable depuis le 1er novembre 1987.

L'extrapolation des hautes eaux est faible : le plus fort jaugeage a été effectué à la cote de 8,14 m et les barèmes vont jusqu'à 9,00 m seulement. D'autre part les très basses eaux durant la période de sécheresse 1970-1991 – et qui perdure – ont été bien suivies avec un nombre suffisant de jaugeages.

Cette station ne pouvait être mieux étalonnée.

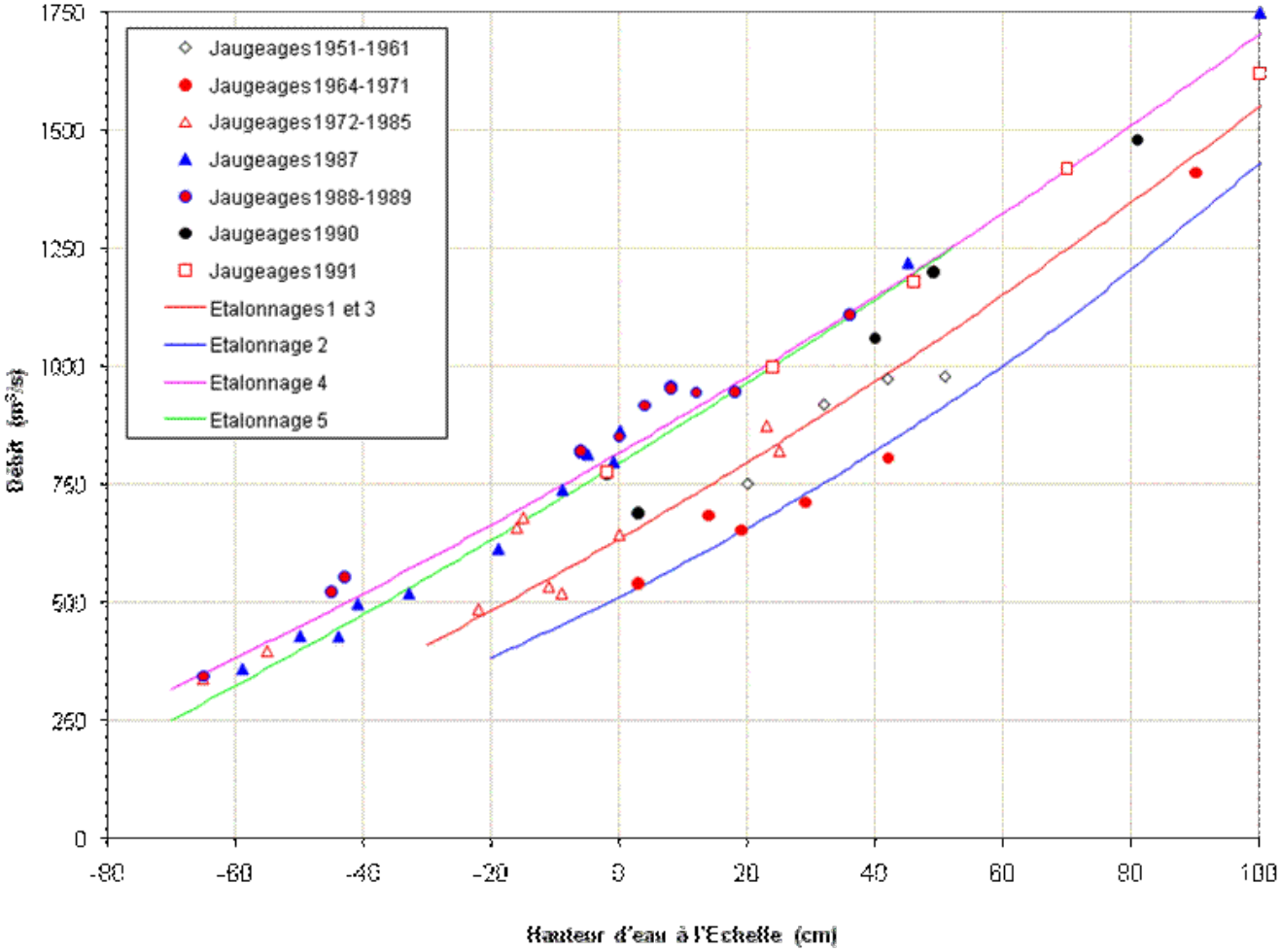


Figure 3-5

L'Oubangui à Bangui. Courbes de tarage en très basses eaux

[Retour en haut du Chapitre]

Sommaire de la monographie

Chapitre 4

DONNÉES DE BASE

Généralités

L'Oubangui supérieur

Le moyen Oubangui

Les affluents du moyen Oubangui

Tentative de reconstitution des données de base de l'Uele

Les données de base présentées, station par station, dans ce quatrième chapitre sont des données observées ou reconstituées qui permettent le calcul des principaux éléments du régime du cours d'eau à la station considérée. Ce sont elles qui sont à la base des travaux d'interprétation présentés dans les Chapitres 5, 6 et 7.

Une nouvelle fois, nous remercions Monsieur Jean Rodier pour l'aide apportée à la critique des débits et à la reconstitution de certaines valeurs manquantes. Sa grande expérience en hydrologie africaine a été précieuse.

Ces données se rapportent à l'année hydrologique qui, pour l'ensemble des stations, commence le 1er avril et se termine le 31 mars de l'année suivante.

Pour chaque station, elles sont rassemblées en trois tableaux.

- Le premier concerne les débits moyens mensuels et annuels (module) avec leurs moyennes interannuelles sur la période d'observation. En ce qui concerne la moyenne interannuelle des modules, elle a été calculée à partir des moyennes de ces modules. Lorsqu'il y a des lacunes, cette moyenne interannuelle des modules, ainsi calculée, ne correspond pas exactement à la moyenne interannuelle des débits mensuels. Dans certains cas, les débits moyens mensuels ont été reconstitués, soit par interpolation, soit par comparaison avec une autre station. Ces valeurs reconstituées sont écrites en *italique* et mises entre parenthèses, exemple : *(148).* Les valeurs fausses sont omises.

  En ce qui concerne les modules annuels pour les années où manquent un ou plusieurs mois complets, la régularité des hydrogrammes à l'échelle mensuelle et la bonne corrélation entre les débits de rivières voisines ont permis des reconstitutions assez sûres : les débits mensuels croissent régulièrement de mai à septembre et décroissent encore plus régulièrement de novembre à février. Pour mars et avril, si nous n'avons aucune indication, nous pouvons prendre les valeurs médianes mensuelles. Dans des cas exceptionnels, il a même été possible de reconstituer octobre ou novembre. Si chacun des mois reconstitués n'est parfois qu'un ordre de grandeur, le module annuel reconstitué ne s'écarte, en général, que de 2 à 5 % du module réel ; parfois même 10 % dans des cas hasardeux qui n'ont de justification que leur grand intérêt.
  Ces modules sont écrits en bleu, en *italique* et entre parenthèses, exemple : *(276)* : ils faciliteront singulièrement l'étude statistique qui fait suite à ce Chapitre ;

- Le second tableau concerne les débits caractéristiques dont nous donnons ci-après la liste et la signification :

  - **m.Ins** (étiage absolu) : c'est le débit instantané le plus faible de l'année hydrologique,
  - **m.Jou** (étiage absolu journalier) : c'est le débit moyen journalier le plus faible de l'année hydrologique,
  - **DCE** : débit caractéristique d'étiage, c'est-à-dire débit moyen journalier non dépassé pendant 10 jours de l'année hydrologique, consécutifs ou non,
  - **DCn** : débit moyen journalier dépassé pendant n mois de l'année, c'est-à-dire n fois 30 ou 31 jours consécutifs ou non (**DC1, DC3, DC6, DC9** et **DC11**),
  - **DCC** : débit caractéristique de crue, c'est-à-dire le débit moyen journalier dépassé pendant 10 jours de l'année

hydrologique, consécutifs ou non,

- **M.Jou** : débit moyen journalier maximal de l'année hydrologique,
- **M.Ins** : débit maximal instantané de l'année hydrologique,

Lorsqu'il y a des lacunes dans la série des débits moyens journaliers, certains (ou même la totalité) débits caractéristiques ne peuvent pas être déterminés ;

- Enfin le troisième tableau concerne le *déficit d'écoulement* et le *coefficient d'écoulement* :

  Le module annuel est converti en *lame équivalente* : c'est la hauteur (en mm) d'une nappe d'eau répartie uniformément sur toute la surface du bassin versant et de volume égal au volume écoulé durant l'année hydrologique,

  La pluviométrie moyenne sur le bassin est calculée en se servant des postes pluviométriques décrits au chapitre 2. Après traitement par le *Vecteur régional* d'Y. Brunet-Moret (pour homogénéisation, recherche des erreurs et compléments éventuels) (Brunet-Moret, 1979) les pluies annuelles permettent de calculer, sur micro-ordinateur, la valeur moyenne annuelle sur le bassin en effectuant une pondération par la méthode des polygones de Thiessen (Thiessen, 1911),

  Le *déficit d'écoulement* est la différence entre la pluie annuelle moyenne sur le bassin et la *lame équivalente*. En supposant négligeable le bilan (pertes par infiltration profonde - apports en provenance de la nappe phréatique), ce déficit devrait être égal à l'évapotranspiration réelle (ETR), toujours inférieure – ou égale – à l'évapotranspiration potentielle (ETP),

  Le *coefficient d'écoulement* (exprimé en %) représente la part de pluie qui alimente la rivière : $R\ (\%) = 100 \frac{Lame\ équivalente}{Pluie\ moyenne}$
  .

Bon nombre de stations, décrites en Annexe « Les Stations hydrométriques » du Chapitre 3, ne seront pas traitées. Ce sont celles pour lequel nous n'avons aucune traduction des hauteurs d'eau en débits, d'une part, ou celles où la chronique des débits est insuffisante pour déterminer un seul module annuel.

Les débits sont arrondis à 3 chiffres significatifs (exemple : 2,72 ou 4870).

Pour quelques stations, nous avons représenté graphiquement l'hydrogramme d'une année dont la pluviométrie se rapprochait d'une pluviométrie décennale humide et un autre correspondant à une année de pluviométrie décennale sèche. Dans certains cas, l'hydrogramme correspond à une année de pluviométrie normale (moyenne).

Remarque
Dans le Chapitre 5, consacré à l'étude des modules, ceux-ci seront recalculés soit par analyse statistique de l'échantillon, soit par corrélation hydro-pluviométrique. Le même travail sera effectué au Chapitre 6 pour les crues et au Chapitre 7 pour les étiages.

Dans ce qui suit, nous adopterons la même classification que pour les Chapitres 1 et 3, à savoir :

- Oubangui supérieur ;
- moyen Oubangui ;
- Affluents du moyen Oubangui.

et nous terminerons par une tentative de reconstitution des modules de l'Uele.

Il n'y a aucune donnée de base pour le bas Oubangui.

4.1. L'Oubangui supérieur

Les données de base concernent les stations suivantes :

- le Mbomou : Zémio et Bangassou ;
- le Mbokou à Obo ;

- la Kéré à Kéré ;
- la Ouara à Dembia ;
- le Chinko à Rafaï ;
- la Mbari à Loungouba.

4.1.1. - Le Mbomou à Zémio

Bien qu'observée depuis 1951, cette station présente de nombreuses lacunes dans les relevés : 12 années seulement sont complètes ou reconstituées (tableau 4.1.1.1).

Le module interannuel est de 201 m^3/s, soit un module spécifique de 7,3 $l/s/km^2$.

Tableau 4.1.1.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060700220 **Zémio**
Rivière : Mbomou
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 27 700 km^2

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1952/53					229	402	513	348	145				
1953/54					216	274	293	258	100	52,2	33,3	33,3	
1954/55	39,5	56,8	152	218	282	512	659	409	159	81,0	46,9	41,6	221
1955/56	74,0	60,7	105	207	261	342	561	525	163	78,5	43,8	41,6	205
1956/57	47,9	53,5	116	113	143	225	326	300	121	61,1	41,1	56,9	134
1957/58													
1958/59													
1959/60						258	371				56,4	47,3	
1960/61	56,3	57,9	108									51,0	
1961/62	74,8	98,0	137	149	256				257				
1962/63													
1963/64													
1964/65													
1965/66													
1966/67													
1967/68	41,6	50,7	81,2	147	261	392	506	427	166	95,9	52,4	45,2	189
1968/69	45,2	63,1	162	223	278	293	285	280	187	130	93,8	99,5	178
1969/70	108	180	374	595	593				318	156	91,1	76,4	*(350)*
1970/71	83,4	85,3	120	143	267	483	577	504	195	104	63,0	46,5	223
1971/72	64,4	57,8	107	188	271	310	404	272	131	63,3	34,1	20,7	160
1972/73	26,5	34,4	120	239	310	332	418	417	149	66,2	32,1	19,7	180
1973/74	25,4	86,2	132	180	234	238	374	307	110	54,7	26,5	23,2	149
1974/75	21,9	85,8	174	285	361	475	542	279	100	43,8	22,0	20,3	201
1975/76	17,3	39,7	64,0	151	276	424	424	333	126				*(216)*
Moy.	**51,9**	**72,1**	**139**	**218**	**283**	**354**	**447**	**358**	**162**	**82,2**	**49,0**	**44,5**	**(201)**

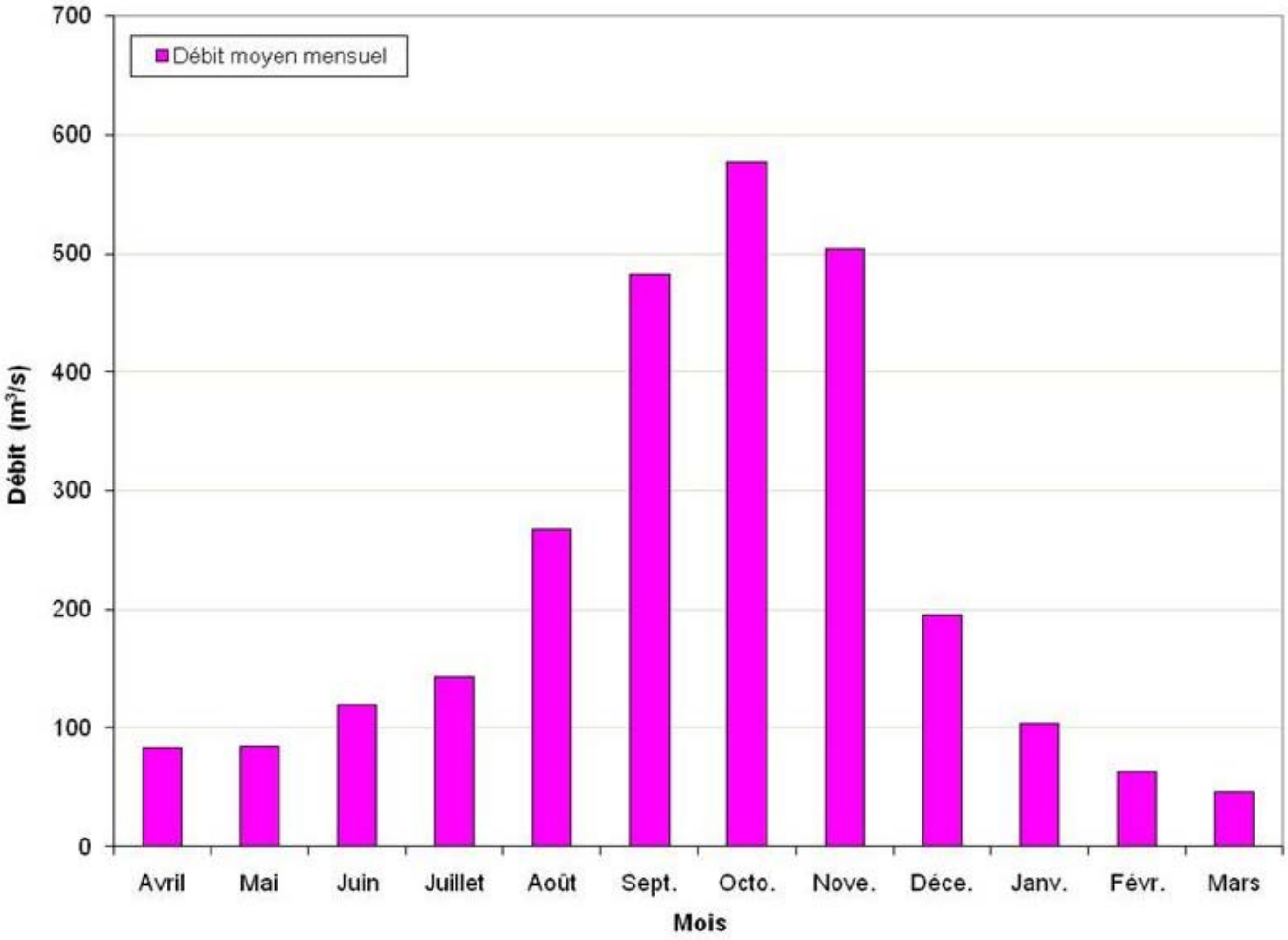


Figure 4-1
Le Mbomou à Zémio Distribution des débits mensuels
Année normale (1970/71)

Tableau 4.1.1.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060700220 **Zémio**
Rivière : Mbomou
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 27 700 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1952/53										540	541
1953/54										360	361
1954/55	27,0	29,0	33,1	39,3	48,1	151	344	612	671	681	681
1955/56	37,2	37,8	39,9	42,0	58,9	131	287	571	594	669	671
1956/57	26,4	27,1	32,4	41,9	54,0	109	193	327	347	360	361
1957/58											
1958/59											
1959/60											
1960/61											
1961/62											
1962/63											
1963/64											
1964/65											
1965/66											
1966/67											
1967/68	29,4	29,6	33,6	41,2	52,2	122	319	489	548	565	565
1968/69	27,5	27,7	32,5	56,7	93,6	165	263	313	335	348	348
1969/70	56,7	57,5									
1970/71	40,4	40,7	42,6	54,1	82,4	133	327	558	611	617	617
1971/72	16,0	16,2	18,9	24,2	54,5	114	277	376	427	459	460
1972/73	11,0	11,1	14,6	21,7	34,3	130	321	400	510	534	536
1973/74	13,6	13,6	18,4	21,3	41,8	120	227	348	429	459	461
1974/75	12,0	12,2	14,6	18,2	32,0	135	336	502	583	592	592
1975/76										458	458

Le débit maximal pour la période 1951-1975 est de 809 m^3/s, soit 29,2 l/s/km² (observation d'un délaissé de crue en octobre 1969).

Le débit minimal observé est, en 1973, de l'ordre de 11 m^3/s, soit 0,4 l/s/km². Il convient de noter que seule une toute petite partie du cours amont du Mbomou (principalement les bassins de la Bakalé et du Gwane) se déroule sur des terrains carbonatés.

Tableau 4.1.1.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Zémio**

Rivière : Mbomou

Superficie du bassin versant : 27 700 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1954/55	221	252	1295	1043	19,5
1955/56	205	233	1530	1297	15,2
1956/57	134	153	1354	1201	11,3
1967/68	189	215	1367	1152	15,7
1968/69	178	203	1576	1373	12,9
1969/70	*(350)*	398	1915	1517	20,8
1970/71	223	254	1522	1268	16,7
1971/72	160	182	1286	1104	14,2
1972/73	180	205	1361	1156	15,1
1973/74	149	170	1535	1365	11,1
1974/75	201	229	1426	1197	16,1
1975/76	*(216)*	246	1377	1131	17,9

Les déficits d'écoulement sont compris entre 1 043 et 1 517 mm, cette dernière valeur correspond à l'année 1969-1970, où le module a été estimé à 350 m³/s. Sur ce bassin la grandeur de l'ETP est de l'ordre de 1 500 mm : les valeurs des déficits (année 1969-1970 éventuellement exceptée) caractérisent bien la grandeur de l'ETR.

Les coefficients d'écoulement ne varient guère d'une année à l'autre. Ils sont compris entre 11,1 et 20,8 %, pour les valeurs extrêmes.

L'année 1973-1974 (tout comme 1968-1969) peut paraître bien déficitaire. D'une part la pluviométrie moyenne n'est calculée, sur 27 700 km² qu'avec seulement 5 postes pluviométriques (et celui d'Obo a un coefficient de pondération de Thiessen égal à 0,525 !) et, d'autre part, cette année-là est globalement déficitaire sur l'ensemble du bassin oubanguien.

L'année 1969-1970 accuse un déficit d'écoulement assez élevé par rapport aux autres années.

4.1.2. - Le Mbomou à Bangassou

Les observations à la station de Bangassou commencent, elles aussi, en 1951. Mais les nombreuses lacunes font que 11 années seulement sont complètes ou ont été complétées.

Tableau 4.1.2.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060700205 **Bangassou**
Rivière : Mbomou
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 119 050 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1952/53	*(70)*	131	403	729	1120	1670	1870	1160	518	295	112	56,5	*(678)*
1953/54	56,1	142	357	699	1270	1850	1880	1190	505	201	114	92,7	696
1954/55	131	164	549	1150	1310	2020	2940	1630	682	349	161	126	934
1955/56	275	356	500	1080	965	1960	2590	2170	778	374	216	129	949
1956/57	186	144	492	442	692				616				
1957/58										352			
1958/59				850	1740	2530	2540						
1959/60			459		1480	1690	1810	1480	552	124	39,8		*(746)*
1960/61		143	603		1730	2080	2060	1530				43,1	
1961/62	94,9												
1962/63													
1963/64													
1964/65													
1965/66													
1966/67												127	
1967/68	94,4	144	437	891	1240	1920	2550	1560	587	257	98,2	109	824
1968/69	102					2510							
1969/70				1650	2130			2570	1180	650	367	267	*(1300)*
1970/71											217		
1971/72													
1972/73	*(124)*	*(266)*	584	981	1450	*(1790)*	2160	1390	565	327	189	83,5	826
1973/74	89,5	319	496	662	1010	1260	1640	1280	500	255	110	78,4	642
1974/75	80,5	372	812	1350	1740	2240	2340	1280	550	277	147	104	941
1975/76	104	239	348	600	1280	2200	2670	1590	713				*(860)*
Moy.	*(117)*	215	503	924	1370	1990	2250	1570	646	315	161	111	*(854)*

Le module interannuel, tiré du tableau 4.1.2.1, est de 854 m^3/s, ce qui représente un module spécifique de 7,2 l/s/km².

Tableau 4.1.2.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060700205 **Bangassou**

Rivière : Mbomou

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 119 050 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1952/53	45,1										1970
1953/54	40,6	40,7	46,6	60,6	136,0	365,0	1260	1880	2150	2330	2340
1954/55	78,1	81,1	95,1	113,0	163,0	604,0	1380	2450	3190	3520	3550
1955/56	83,4	84,1	105,0	156,0	303,0	601,0	1440	2600	2830	3070	3080
1956/57											
1957/58											
1958/59										2990	3000
1959/60										2150	2160
1960/61										2720	2720
1961/62											
1962/63											
1963/64											
1964/65											
1965/66											
1966/67											
1967/68	47,6	47,8	60,6	84,4	130	465	1390	2180	2760	3150	3150
1968/69											
1969/70											
1970/71											
1971/72											
1972/73	42,3	42,3								2420	2440
1973/74	42,3	42,5	60,3	77, 8	180	502	1090	1630	1740	1810	1810
1974/75	50,7	50,9	53,6	84,7	190	618	1720	2200	2830	3070	3080
1975/76										3110	3250

Le débit maximal observé est de 3 550 m^3/s, soit 29,8 l/s/km², en 1954 mais le maximum de 1969 n'a pas été observé.
En étiage, le plus faible débit observé est de 40, m^3/s, soit 0,3 l/s/km², en 1954.

Tableau 4.1.2.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Bangassou**

Rivière : Mbomou

Superficie du bassin versant : 119 050 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1952/53	*(678)*	180	1505	1325	12,0
1953/54	696	184	1358	1174	13,5
1954/55	934	247	1405	1158	17,6
1955/56	949	251	1460	1209	17,2
1959/60	*(746)*	198	1383	1185	14,3
1967/68	824	218	1385	1167	15,7
1969/70	*(1300)*	344	1706	1362	20,2
1972/73	*(826)*	219	1400	1181	15,6
1973/74	642	170	1452	1282	11,7
1974/75	941	249	1425	1176	17,5
1975/76	*(860)*	228	1425	1197	16,0

Les déficits d'écoulement sont tout à fait cohérents : ils sont compris entre 1 158 et 1 362 mm.

Les coefficients d'écoulement varient entre 11,7 et 20,2 %.

4.1.3. Le Mbokou à Obo

Bien qu'observée depuis 1952, la station d'Obo n'a que 7 années de mesures complètes ou complétées.

Le module interannuel, déterminé avec les valeurs du tableau 4.1.3.1, est de 18,2 m^3/s, ce qui correspond à un module spécifique de 3,1 l/s/km².

Tableau 4.1.3.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060702305 **Obo**
Rivière : Mbokou
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 5 960 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1953/54					23,4	25,0				0,85			
1954/55			17,1	25,5	30,8	86,1	79,0	41,1	10,7	3,38	0,93		*(25,4)*
1955/56	*(4,97)*	3,62	5,78	15,5	24,6	31,9	58,3	55,4	11,0	3,88	1,66	1,53	*(18,2)*
1956/57	2,94	2,80	10,2	13,0	23,8	41,0	52,5	34,3	10,3	3,48	1,93	1,76	16,5
1957/58	5,88	9,78	22,5	22,7	39,2	58,7	31,4	34,8	22,4	8,70	3,03	1,47	21,7
1958/59		7,17	6,55	20,7									
1959/60				17,5	34,2	39,9							
1960/61													
1961/62													
1962/63													
1963/64													
1964/65													
1965/66													
1966/67													
1967/68													
1968/69													
1969/70													
1970/71													
1971/72				19,6	40,0	35,3	33,8	13,4	4,83	2,94	2,02	1,81	*(14,6)*
1972/73	1,58	1,78	10,1	18,8	37,3	45,5	46,5	35,7	7,66	3,34	2,07	1,70	17,7
1973/74	2,78	8,37	14,8	24,1	16,1	19,5	37,0	23,9	4,35	2,54	1,64	1,26	13,0
1974/75	2,76	4,51	16,9	28,9						6,42			
1975/76				1,11	3,88								
Moy.	***(4,18)***	**5,43**	**13,0**	**18,9**	**27,3**	**42,5**	**48,4**	**34,1**	**10,2**	**3,95**	**1,90**	**1,59**	***(18, 2)***

Tableau 4.1.3.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060702305 **Obo**

Rivière : Mbokou

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 5 960 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1953/54											
1954/55										131	131
1955/56	1,03	1,05								85,9	86,5
1956/57	0,504	0,522	0,702	1,17	2,66	9,69	26,2	45,9	55,6	61,9	61,9
1957/58	0,552	0,558	1,33	2,01	5,68	21,5	32,9	49,6	65,7	68	68,1
1958/59											
1959/60											
1960/61											
1961/62											
1962/63											
1963/64											
1964/65											
1965/66											
1966/67											
1967/68											
1968/69											
1969/70											
1970/71											
1971/72										44,9	44,9
1972/73	0,964	0,964	1,2	1,37	2,07	7,1	39,7	47,3	50	52,4	52,4
1973/74	0,964	0,972	1,14	1,38	2,47	9,18	19,3	34,9	46,1	47,7	47,8
1974/75											
1975/76											

Le débit maximal observé, en 1954, est de 131 m^3/s (22,0 l/s/km²) tandis que le plus faible n'est que de 0,504 m^3/s (0,08 l/s/km²), en 1957.

Tableau 4.1.3.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Obo**
Rivière : Mbokou
Superficie du bassin versant : 5 960 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1954/55	*(25,4)*	134	1165	1031	11,5
1955/56	*(18,2)*	96	1495	1399	6,4
1956/57	16,5	87	1395	1308	6,2
1957/58	21,7	115	1420	1305	8,1
1971/72	*(14,6)*	77	1267	1190	6,1
1972/73	17,7	94	1339	1245	7,0
1973/74	13,0	69	1521	1452	4,5

Les 7 déficits d'écoulement sont cohérents : ils sont compris entre 1 031 et 1 452 mm. Les coefficients d'écoulement varient entre 4,5 et 11,5 %. Celui de l'année 1973-1974 est très faible, à cause de la sécheresse.

4.1.4 - La Kéré à Kéré

Observée depuis 1953, la station de Kéré présente de si nombreuses lacunes qu'une année, seulement, est complète : 1969-1970, année très forte dans toute la région.

Le module serait de l'ordre de 26 m^3/s, soit un module spécifique d'environ 6 à 7 l/s/km², certainement supérieur de beaucoup à un module sur une longue période.

Le plus fort débit serait de l'ordre de 100 m^3/s (26 l/s/km²), en 1969, tandis que l'étiage atteint 0,7 m^3/s (0,2 l/s/km²) en 1954.

L'unique déficit d'écoulement est aberrant (1689 mm) car nettement supérieur à l'ETP de la région.

Tableau 4.1.4.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060701605 **Kéré**
Rivière : Kéré
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 3 790 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1953/54					29,0								
1954/55	2,37	4,01	11,1	21,8	21,7	57,4	51,9						
1955/56													
1956/57													
1957/58						19,5	19,7	30,6	17,7	8,52	5,84	4,99	
1958/59							24,0	35,2					
1959/60													
1960/61													
1961/62													
1962/63													
1963/64													
1964/65													
1965/66													
1966/67													
1967/68													
1968/69						21,4	20,1	21,5	8,81	3,69	2,43	2,8	
1969/70	2,58	9,73	23,6	36,2	59,6	68,9	52,8	34,1	11,7	5,57	3,48	3,15	26,0
1970/71		5,12								3,81	2,27		
1971/72													
Moy.	**2,48**	**6,29**	**17,4**	**29,0**	**36,8**	**41,8**	**33,7**	**30,4**	**12,7**	**5,40**	**3,51**	**3,65**	**(26)**

Tableau 4.1.4.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060701605 **Kéré**
Rivière : Kéré
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 3 790 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1953/54	0,740	0,740								36,1	36,2
1954/55										83,3	83,3
1955/56											
1956/57											
1957/58	2,49	2,49								35,0	35,1
1958/59										40,1	40,2
1959/60											
1960/61											
1961/62											
1962/63											
1963/64											
1964/65											
1965/66											
1966/67											
1967/68											
1968/69										27,6	29,9
1969/70	1,84	1,93	2,24	2,57	4,23	17,9	46,9	64,6	81,4	97,8	101
1970/71											
1971/72											

Tableau 4.1.4.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Kéré**
Rivière : Kéré
Superficie du bassin versant : 3 790 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1969/70	26,0	216	1905	1689	11,3

4.1.5 - La Ouara à Dembia

La station est observée depuis 1952 mais il n'y a que 13 années qui soient disponibles. De plus, l'écoulement est perturbé par le niveau du Mbomou, comme nous l'avons signalé déjà au chapitre 3 : c'est probablement la cause de la faiblesse des basses eaux de 1954 à 1956, par rapport à la période de sécheresse 1972-1974.

Le module interannuel ressort à 140 m^3/s, ce qui correspond à un module spécifique de 7,2 l/s/km².

Tableau 4.1.5.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060702805 **Dembia**
Rivière : Ouara
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 19 590 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1953/54					170	217	262	189	68,6	19,6	4,21	4,54	
1954/55	7,13	20,8	93,6	181	224	374	479	347	159	56,7	13,7	7,31	164.
1955/56	31,7	39,9	81,1	157	201	267	403	366	145	49,3	19,5	12,4	148.
1956/57	11,5	11,8	63,6	73,0	109	220	290	227	86,0	24,4	37,1	56,2	101.
1957/58				114	189	176	227	226	147	74,5	46,3	35,1	
1958/59	40,3	53,8	110	169	315	460	520	393	187	104	61,1	27,8	203.
1959/60	30,5	89,3	94,2	204	296	309	352	288	153	55,8	21,6	18,0	159.
1960/61				189	294		400	399	206	71,5	38,0	18,0	<200
1961/62	30,1	46,0	68,2	111	222	301			161	60,9	29,8		
1962/63	33,7	40,2	69,3	115	154	257			149	64,2	38,7	29,5	
1963/64		41,5	102	166	212	216	248	165	82,4	44,4			
1964/65		40,8	130	183	209	302	439	414	152	56,8			*(166)*
1965/66			41,1	72,6	170	209	298	246	92,7	39,3	24,8	17,5	
1966/67	16,6	68,9	88,0	100	155	236	250	212	118	42,3	22,0	13,3	110.
1967/68	10,8	16,3	41,1	83,7	158	248				33,1	16,9	13,4	
1968/69	12,1	19,3	64,6	143	176	225	262	217	119	57,5	31,5	35,5	114.
1969/70	41,7	70,6	187	313	321	346	401	417	174				*(200)*
1970/71													
1971/72											14,5	10,3	
1972/73	13,1	21,2	58,1	121		219	313	235	70,5	31,6	17,2	11,8	*(106)*
1973/74	14,1	39,5	65,4	90,5	145	173	273	194	60,5	32,0	16,4	14,5	93.2
1974/75	12,8	42,2	98,4	166	215	322	340	178	60,1	28,9	16,9	13,1	125.
1975/76	13,7	25,2	36,1	66,7				220	70,9				
Moy.	**21,3**	**40,4**	**82,9**	**141**	**207**	**267**	**339**	**274**	**123**	**49,8**	**26,1**	**19,9**	***(140)***

Tableau 4.1.5.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060702805 **Dembia**

Rivière : Ouara

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 19 590 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1953/54										313	314
1954/55	4,00	4,25	4,25	4,55	15,5	130	259	458	499	506	508
1955/56	4,00	4,25	8,86	15,5	28,1	115	228	404	427	436	436
1956/57	4,40	4,55	6,80	10,8	26,5	68,2	168	282	295	317	319
1957/58										258	259
1958/59	22,2	23,2	24,9	33,4	55,7	142	357	501	525	551	552
1959/60	15,8	16,0	17,5	19,1	33,6	116	283	346	362	368	369
1960/61	11,6	11,7								436	436
1961/62											
1962/63											
1963/64										283	285
1964/65										519	523
1965/66										381	384
1966/67	9,20	9,25	11,3	14,4	30,4	87,0	174	246	253	265	265
1967/68	7,54	7,93									
1968/69	7,93	7,98	8,98	16,6	31,4	78,0	196	244	295	309	310
1969/70										499	500
1970/71											
1971/72											
1972/73	6,75	7,03								346	346
1973/74	7,93	8,02	12,0	13,8	23,0	66,3	156	262	291	306	308
1974/75	11,0	11,0	11,6	12,7	19,5	72,9	201	328	363	371	373
1975/76											

Le plus fort débit observé est 552 m^3/s, soit 28,2 l/s/km², en 1958.

L'étiage absolu est de 4,0 m^3/s, soit 0,2 l/s/km². Il a été observé en 1954 et 1955.

Tableau 4.1.5.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Dembia**

Rivière : Ouara

Superficie du bassin versant : 19 590 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1954/55	164	264	1339	1075	19,7
1955/56	148	238	1482	1244	16,1
1956/57	101	163	1270	1107	12,8
1958/59	203	327	1504	1177	21,7
1959/60	159	256	1321	1065	19,4
1960/61	*(200)*	322	1528	1206	21,1
1964/65	*(166)*	267	1253	986	21,3
1966/67	110	177	1403	1226	12,6
1968/69	114	184	1688	1504	10,9
1969/70	*(200)*	322	1746	1424	18,4
1972/73	*(106)*	171	1474	1303	11,6
1973/74	93,2	150	1516	1366	9,9
1974/75	125	201	1411	1210	14,2

Les déficits d'écoulement paraissent corrects, à l'exception de l'année 1968-1969 où l'on obtient 1 504 mm, valeur un peu forte. Pour cette année-là, les pluviométries sur le bassin sont élevées : 1 766 mm à Dembia, 1 631 mm à Djéma, 1 777 mm à Ngouyo, 1 423 mm à Obo et 2 108 mm à Zémio. Là aussi nous devons avoir une erreur sur le module, à cause de l'écoulement perturbé par le Mbomou.

Les coefficients d'écoulement vont de 9,9 à 21,7 %.

4.1.6. - Le Chinko à Rafaï

La station est observée depuis 1951 et 14 années sont utilisables pour les modules.

Tableau 4.1.6.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060701310 **Rafaï**
Rivière : Chinko
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 52 060 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1952/53					627								
1953/54					490	892	957	666	145	69	53,5	50,3	
1954/55	65,2	69,3	227	544	622	1000	1270						
1955/56				532	623	1270	1740	1040	190	44,4	34,8	36,6	*(496)*
1956/57	14,6	22,5	97,3	152	159	550	822	910	483	34,1		30,6	
1957/58	62,7	101	187	320	600	785	849	594				58,5	
1958/59	73,3	159	381	477	989	1360	1110	583	268	155	109	75,1	478
1959/60	64,3	145	294	274	721	1090	868	474	201	114	81,3	57,5	365
1960/61	69,1	151	306	623	880	1150	1360	824	377	224	123	76,0	514
1961/62	101	109	149	474	681	1110	1340	620	244	139	86,6	64,9	427
1962/63	74,6	72,7	167	439	684	1110	1380	778	338	177	105	78,7	450
1963/64	132	141	157	399	945	1090	1040	438	214	129	74,5	49,3	401
1964/65	92,9	114	374	398	362	813	1040	707	238	127	86,0	65,9	368
1965/66	62,4	60,2	139	280	614	751	1020	423	168	97,9	59,0	48,2	310
1966/67	101	279	571	685	801	1330	1050	659	256	133	83,3	59,9	501
1967/68	50,3	114											
1968/69					1030	931	566	252	138	89,9	115		
1969/70	146	123	311	531	940	1180	1150	726	291	171	98,5	73,5	478
1970/71	82,4	138	219	299	630	1280	1070	534	206	119	73,9	48,9	392
1971/72	75,2	60,3	100	248	506	932	694	236	118	62,2	41,4	25,9	258
1972/73	67,2	94,0	326	549			1030	394	142	77,7	44,6	29,2	
1973/74	46,1	116	150	201	358	469	645	397	123	59,5	32,6	24,3	218
1974/75	48,7	125	425	719		1120					57,4		
Moy.	**75,2**	**115**	**254**	**429**	**663**	**1011**	**1050**	**592**	**230**	**112**	**75,5**	**53,0**	***(404)***

Le module interannuel est de 404 m^3/s soit 7,8 l/s/km² comme module spécifique.

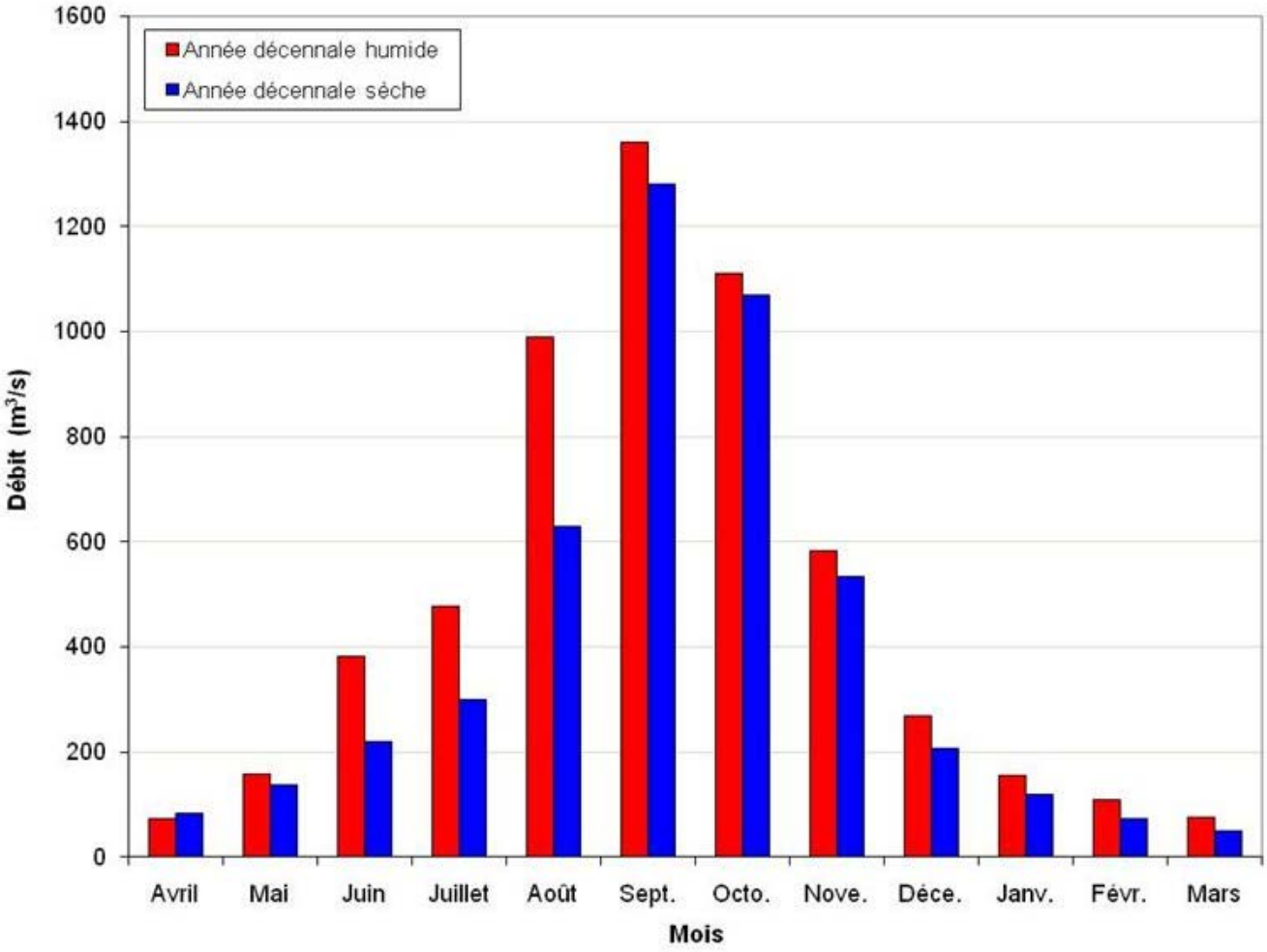


Figure 4-2
Le Chinko à Rafaï. Évolution des débits moyens mensuels
Année décennale sèche (1958/59). Année décennale humide (1970/71)

Tableau 4.1.6.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060701310 **Rafaï**
Rivière : Chinko
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 52 060 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m,Ins	m,Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M,Jou	M,Ins
1952/53											
1953/54	35,1	35,5								1320	1430
1954/55										1580	1590
1955/56	11,3	11,7								1880	1890
1956/57										992	997
1957/58										948	957
1958/59	36,0	37,0	55,5	71,9	112	287	809	1280	1430	1520	1530
1959/60	50,3	51,6	53,4	57,1	90,6	221	597	950	1240	1310	1320
1960/61	51,2	51,7	56,6	71,9	124	355	833	1290	1510	1600	1600
1961/62	53,1	53,2	61,9	70,7	97,2	194	669	1220	1400	1560	1560
1962/63	47,4	48,0	58,0	63,3	97,1	252	753	1370	1430	1470	1480
1963/64	42,7	43,3	47,4	54,1	110	187	716	1120	1190	1300	1310
1964/65	45,5	45,5	54,5	69,5	97,2	271	510	989	1090	1190	1190
1965/66	36,0	36,4	40,8	51,8	64,1	154	486	956	1110	1200	1200
1966/67	45,5	46,0	53,0	65,0	122	419	794	1150	1430	1480	1480
1967/68											
1968/69										1500	1500
1969/70	59,5	60,5	70,5	80,2	131	288	843	1170	1290	1350	1320
1970/71	38,9	39,3	43,7	51,2	93,7	213	575	1190	1380	1470	1470
1971/72	15,4	15,4	20,4	31,5	57,7	104	344	813	1100	1200	1200
1972/73	17,5	17,7								1230	1230
1973/74	16,8	17,1	22,4	26,8	54,6	146	346	620	690	836	844
1974/75											

Le plus fort débit observé est de 1 890 m^3/s, soit 36,3 l/s/km², en 1955.

Le plus faible débit observé serait de 11,3 m^3/s (0,2 l/s/km²), en 1956.

Tableau 4.1.6.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Rafaï**

Rivière : Chinko

Superficie du bassin versant : 52 060 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1955/56	*(496)*	300	1365	1065	22,0
1958/59	478	290	1532	1242	18,9
1959/60	365	221	1396	1175	15,8
1960/61	514	311	1514	1203	20,5
1961/62	427	259	1432	1173	18,1
1962/63	450	273	1722	1449	15,9
1963/64	401	243	1425	1182	17,1
1964/65	368	223	1540	1317	14,5
1965/66	310	188	1559	1371	12,1
1966/67	501	303	1594	1290	19,0
1969/70	478	290	1524	1234	19,0
1070/71	392	237	1409	1172	16,8
1971/72	258	156	1407	1251	11,1
1973/74	218	132	1303	1171	10,1

Les déficits d'écoulement sont corrects : ils sont compris entre 1 065 et 1 449 mm. Le coefficient d'écoulement varie entre 10,1 et

22,0 %.

4.1.7. - Le Mbari à Loungouba

Bien qu'observée depuis 1951, la station présente un nombre important de lacunes de relevés. Aussi seulement 9 années sont complètes ou ont pu être complétées.

Tableau 4.1.7.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060702210 **Loungouba**
Rivière : Mbari
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 23 600 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1952/53					200	232	256	239	149	70,8	7,50	4,62	*(125)*
1953/54	8,39	33,8	52,5	135	258	357	358	265	91,6	31,0	27,7	30,6	137
1954/55	30,3	36,6	109	154	271	452	390	336	146	67,6	45,4	41,3	173
1955/56	63,1	*(80)*	116	175	251	*(370)*	382	286	115	68,9	44,9	44,3	*(168)*
1956/57													
1957/58													
1958/59													
1959/60	22,0	69,9	76,5	82,8	183	319	379	223					
1960/61													
1961/62													
1962/63													
1963/64								198					
1964/65													
1965/66													
1966/67													
1967/68	25,6	54,5	66,4	158	189	342	553	364	113	55,2	36,6	40,2	166
1968/69	*(50)*	69,0	188	275	399	399	542	530	203	116	69,4	97,7	*(245)*
1969/70	110	108	154	220	363	534	602	510	188	107	55,1	69,6	252
1970/71	88,5	90,2	136	171	223	494	612	404	231	94,8	30,6	*(30)*	*(217)*
1971/72							254	176					
1972/73	*(35)*	*(40)*	100	111	167	*(255)*	271	179	51,7	28,4	16,6	10,5	*(108)*
Moy.	**49,7**	**66,0**	**111**	**165**	**250**	**391**	**418**	**309**	**143**	**71,1**	**37,1**	**42,4**	*(178)*

Le module interannuel est estimé à 178 m^3/s, ce qui représente un module spécifique de 7,5 l/s/km².

Tableau 4.1.7.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060702210 **Loungouba**
Rivière : Mbari
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 23 600 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1952/53										263	264
1953/54	3,70	4,85	5,07	14,3	32,1	56,1	263	358	386	401	401
1954/55	15,9	16,8	22,2	29,9	47,1	125	315	424	482	513	518
1955/56	22,2	23,1								420	423
1956/57											
1957/58											
1958/59										468	470
1959/60											
1960/61											
1961/62											
1962/63											
1963/64											
1964/65											
1965/66											
1966/67											
1967/68	18,3	18,5	22,2	30,7	41,4	92,9	206	522	600	622	622
1968/69										709	712
1969/70	41,8	41,8	45,9	58,7	96,4	160	403	613	682	743	745
1970/71										644	644
1971/72											
1972/73	6,79	6,79								339	341

En hautes eaux, le plus fort débit est de 745 m^3/s (31,6 l/s/km²), en 1969, tandis qu'en étiage il a été observé seulement 3,70 m^3/s, soit 0,2 l/s/km², en 1954.

Tableau 4.1.7.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Loungouba**

Rivière : Mbari

Superficie du bassin versant : 23 600 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1953/54	137	183	1400	1217	13,1
1954/55	173	231	1729	1498	13,4
1955/56	*(168)*	224	1578	1354	14,2
1967/68	166	222	1623	1401	13,7
1968/69	*(245)*	327	1615	1288	20,2
1969/70	252	337	1666	1329	20,2
1970/71	*(217)*	290	1559	1269	18,6
1972/73	*(108)*	144	1543	1399	9,3

Les déficits d'écoulement semblent cohérents : ils vont de 1 217 à 1 498 mm. Le coefficient d'écoulement varie entre 9,3 et 20,2 %.

4.2 - Le moyen Oubangui

Seront traitées les stations de :

- Mobaye ;

- Bangui ;
- Zinga.

4.2.1. - L'Oubangui à Mobaye

La banque de données HYDROM dispose des observations depuis 1938 mais de nombreuses lacunes, de 1960 à 1970, font que nous ne disposons que de 24 années complètes ou complétées. Des relevés ont été effectués par G. Bruel de 1897 à 1898 sans que nous connaissions le calage de son échelle limnimétrique : de ce fait, ces relevés sont inutilisables (Bruel, 1899, 1900).

Le module interannuel est de 3 330 m^3/s, ce qui donne un module spécifique de 8,3 l/s/km².

Tableau 4.2.1.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060700115 **Mobaye**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 403 800 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1938/39											1160	1090	
1939/40	1750	1960	2630	3310	4060	5350	5700	7160	3330	1760	1320	1120	3290
1940/41	1090	1800	2070	3000	5210	7160	7220	5630	3020	1720	1040	937	3320
1941/42	1050	1790	3480	4640	4990	7450	7390	7550	4390	1990	1400	1400	3960
1942/43	1240	1870	3000	4060	6100	8180	6830	4510	2510	1540	1000	711	3460
1943/44	881	1120	1840	2900	4630	5270	6740	5060	2520	1610	1040	1020	2890
1944/45	1400	2110	2330	2470	4120	5520	5570	5130	2140	1380	798	485	2790
1945/46	488	1100	2170	3220	4820	7100	8790	6610	3490	1650	1050	651	3430
1946/47	672	1140	2360	3050	5100	8070	8510	7520	3460	1700	1080	820	3620
1947/48	1410	2170	2880	3770	6080	7760	7460	3870	2340	1300	901	1020	3410
1948/49	746	1300	2280	3810	6400	9780	8580	6240	2560	1490	972	637	3730
1949/50	940	895	1940	2340	4200	5690	8170	6020	2500	1310	738	655	2950
1950/51	880	1690	2470	3040	5100	7360	8200	5230	2160				
1951/52	1080	*(1220)*	1360	1700	2820	3530	6020	7000	3230	1400	883	709	*(2580)*
1952/53	971	1440	2270	2790	4500	6760	6840	4750	2370	1480	819	754	2980
1953/54	595	1540	2010	2740	3940	5740	5450	4910	2510	*(1550)*	*(1000)*	*(780)*	*(2730)*
1954/55	*(710)*	1250	2380	3380	4570	6350	7610	5830	2520	*(1620)*	*(1050)*	*(1000)*	*(3190)*
1955/56	1550	1760	1940	3340	*(4600)*	6490	8510	6760	3080	*(1750)*	*(1000)*	*(950)*	*(3480)*
1956/57	1340	2090	3020	3410	4260	7010	7740	6250	2950	1720	1070	1180	3500
1957/58	1770	1850	2480	3260	5020	5410	6090	6650	4290	2120	1170	889	3420
1958/59	1060	1980	2280	3650	5950	7530	8280	6040	3420	2020			*(3680)*
1959/60			2360	2690	4040	6290	8500	6510	3460				
1960/61				3550	5650	7540							
1961/62											2510	1860	
1962/63	2950	3550	4030	4620	5720	7390	10100	9700					
1963/64													
1964/65													
1965/66													
1966/67													
1967/68			1840	3380	4840								
1968/69													
1969/70			4960	6590	8290	9290	9940	9500	5550	2940	2110	1570	*(5630)*
1970/71	1250	1670	2440	2970	5220	8140	8130	6830	2630	1540	990	*(650)*	*(3540)*
1971/72					3790	5710	5510	3990	2030	1060	859	599	
1972/73	714	1240	1940	3070	4400	5330	6160	6160	2440	1150	658	597	2820
1973/74	550	1330	1780	1910	2950	4490	5260	4440	1800	*(980)*	*(550)*	*(420)*	*(2200)*
1974/75	436	1360	2330	4260	5410	7270	8220	5420	2200	1220	717	595	3290
1975/76	711	1170	1620	2020	4120	7430	8680	6170	2630				
Moy.	***(1090)***	***(1630)***	**2430**	**3300**	**4870**	**6750**	**7460**	**6120**	**2910**	***(1600)***	***(1070)***	***(881)***	***(3330)***

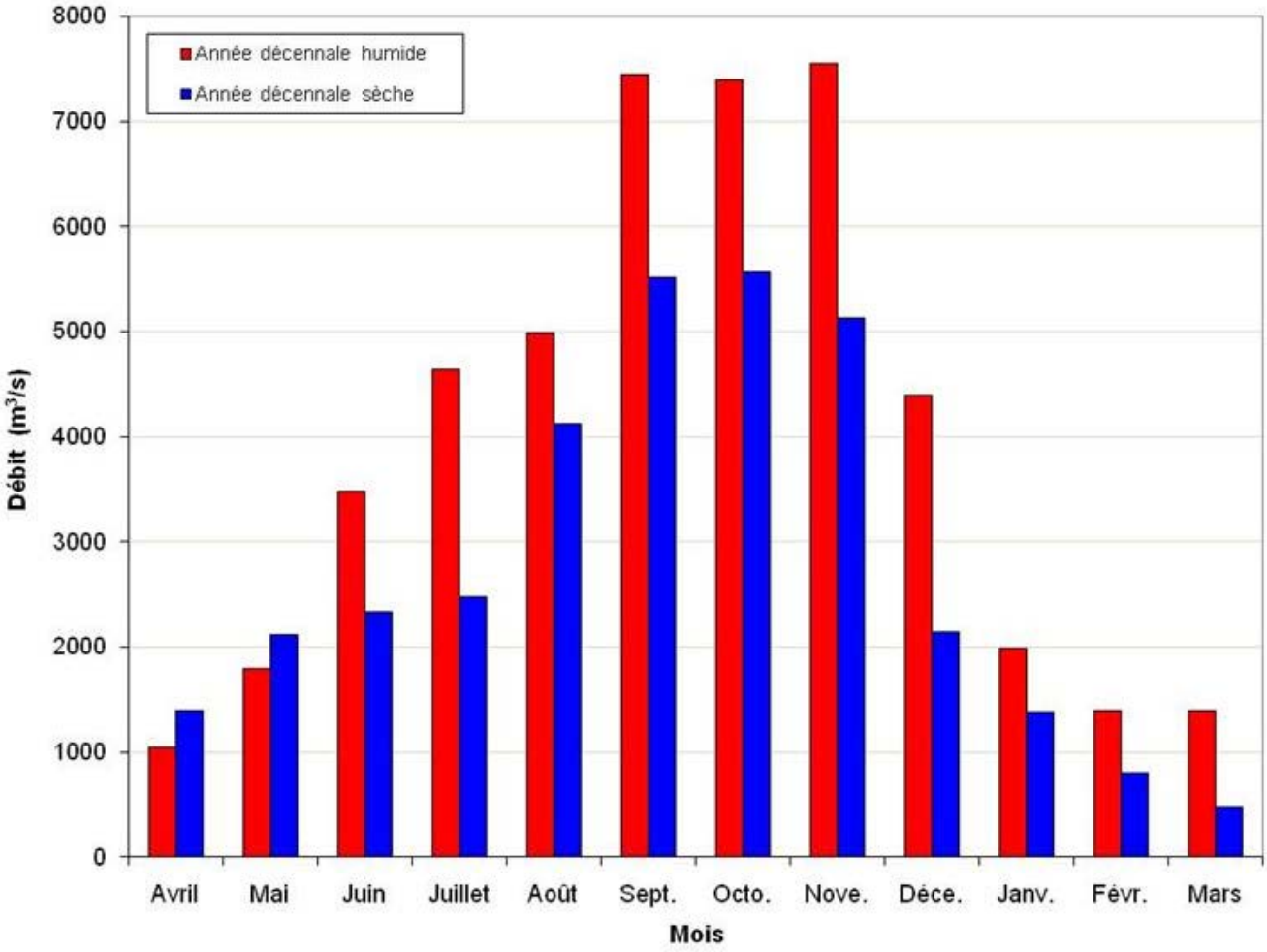


Figure 4-3
L'Oubangui à Mobaye. Évolution des débits moyens mensuels
Année décennale sèche (1944/45). Année décennale humide (1941/42)

Tableau 4.2.1.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060700115 **Mobaye**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 403 800 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m. Ins	m. Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M. Jou	M. Ins
1938/39											
1939/40	942	944	1030	1180	1760	2850	4730	6850	7690	7920	7940
1940/41	848	848	865	940	1360	2170	5430	7260	7610	7830	7860
1941/42	848	866	993	1150	1540	3650	6850	7720	7940	8080	8090
1942/43	608	609	642	822	1460	2790	5170	7310	8740	9140	9150
1943/44	702	705	798	876	1140	2020	4540	6430	6870	7460	7490
1944/45	324	328	449	604	1360	2350	4460	5650	6290	6720	6730
1945/46	375	375	475	559	1070	2380	5830	8180	9090	9420	9460
1946/47	557	557	630	720	1110	2560	6170	8460	8930	9320	9370
1947/48	732	734	830	921	1360	2470	4760	7690	8360	8550	8590
1948/49	593	596	610	685	1060	2440	6530	9390	10000	10200	10200
1949/50	586	587	603	687	899	1960	4470	7710	8360	8640	8660
1950/51										8790	8810
1951/52										7770	7770
1952/53	630	636	665	733	1170	2160	4370	6810	7120	7460	7490
1953/54										6650	6680
1954/55										8120	8130
1955/56										8960	8960
1956/57	862	867	877	1110	1610	3020	5100	7570	7860	8400	7280
1957/58	862	865	878	924	1740	2980	5190	6640	7000	7330	7340
1958/59										8840	8870
1959/60										8790	8790
1960/61											
1961/62											
1962/63										11200	11200
1963/64											
1964/65											
1965/66											
1966/67											
1967/68											
1968/69											
1969/70										10600	10600
1970/71										9010	9010
1971/72										6570	6580
1972/73	441	453	535	593	981	2000	4710	6180	7360	7830	7840
1973/74										5870	5950
1974/75	346	347	371	535	860	2270	5280	7660	8530	9080	9090
1975/76										9520	9540

La plus forte crue est de 11 200 m^3/s, en 1962, soit 27,7 l/s/km².

L'étiage le plus sévère est de 324 m^3/s, en 1945, soit 0,8 l/s/km².

Tableau 4.2.1.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Mobaye**

Rivière : Oubangui

Superficie du bassin versant : 403 800 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1940/41	3330	260	1695	1435	15,3
1941/42	3960	309	1718	1409	18,0
1942/43	3460	270	1605	1335	16,8
1943/44	2890	226	1555	1329	14,5
1944/45	2790	218	1504	1286	14,5
1945/46	3430	268	1536	1268	17,4
1946/47	3620	283	1582	1299	17,9
1947/48	3410	266	1565	1299	17,0
1948/49	3730	291	1605	1314	18,1
1949/50	2950	230	1329	1099	17,3
1951/52	*(2580)*	201	1417	1216	14,2
1952/53	2980	233	1597	1364	14,6
1953/54	*(2730)*	213	1539	1326	13,8
1954/55	*(3190)*	249	1579	1330	15,8
1955/56	*(3480)*	272	1658	1386	16,4
1956/57	3500	273	1556	1283	17,6
1957/58	3420	267	1689	1422	15,8
1958/59	*(3680)*	287	1628	1341	17,6
1969/70	*(5630)*	440	1758	1318	25,0
1970/71	*(3540)*	276	1568	1292	17,6
1972/73	2820	220	1470	1250	15,0
1973/74	*(2200)*	172	1528	1356	11,3
1974/75	3290	257	1545	1288	16,6

Les 23 déficits d'écoulement sont très cohérents: ils sont compris entre 1 099 et 1 435 mm. Le coefficient d'écoulement varie entre 11,3 et 25,0 %.

4.2.2 - L'Oubangui à Bangui

La station de Bangui est une des mieux observées d'Afrique. Les premières observations disponibles remontent à 1911. Il y eut des limnigrammes de 1890 à 1897 mais, hélas, sans aucune indication sur le calage du zéro de l'échelle hydrométrique (Bruel, 1899, 1900). Nous disposons d'une série complète, sans la moindre lacune, de 1935 à 1991 (56 années d'observation). Au total, avec la période antérieure, l'échantillon se compose de 61 modules annuels.

Tableau 4.2.2.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060700105 **Bangui**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 488 500 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1911/12	1170	2570	3950	5410	6900	8880	9000	8700	5620	2860	1720	1110	4820
1912/13	1070	1210											
1913/14										1200	737	550	
1914/15	879	1030	2420	3420	5520	8010	11300	11300	7570				*(4870)*
1915/16							8490	8610	5050	2390	1400	980	
1916/17	1190	2000	2770	4390	6250	9300	14100	10400	5600	2750	1640	1240	5140
1917/18	1610	2170	3480	4450	5320	7980	12000	11200	5060	2780	1430	1120	4880
1918/19	1560	2120	2910	3800	6010	6960	6630	5910	4500				*(3800)*
1919/20				4620	6430	8270		8370	5360	2880	1650	1020	
1920/21	1100	1940	3610	5020	8010	9080							
1921/22													

1922/23													
1923/24													
1924/25													
1925/26													
1926/27													
1927/28													
1928/29													
1929/30													
1930/31													
1931/32													
1932/33													
1933/34													
1934/35												1460	
1935/36	2320	2380	3620	5550	6680	8040	9890	7660	4190	2280	1420	1340	4610
1936/37	1330	2460	3850	5330	7610	9340	10700	9050	4780	2610	1920	1430	5030
1937/38	1500	2250	3130	4110	6240	6590	8470	8000	4480	2480	1400	1090	4150
1938/39	988	1820	3080	4510	7140	8280	11100	9370	4230	2480	1580	1250	4650
1939/40	1960	2270	2930	3820	5160	6760	7440	10100	4790	2420	1700	1290	4220
1940/41	1220	1870	2570	3600	6110	8090	8690	7550	3960	2240	1270	1020	4020
1941/42	1130	1930	4360	5590	6500	9670	9290	9770	5880	2770	1840	1600	5030
1942/43	1340	2130	3810	5120	7820	10200	9360	6090	3780	2140	1240	821	4490
1943/44	1020	1110	2210	3550	5910	7070	8370	6680	3540	2080	1200	1130	3660
1944/45	1600	2500	3000	3310	5160	6970	7210	6730	3080	1720	953	526	3560
1945/46	407	987	2580	4070	5670	8330	10500	8340	4670	2250	1290	828	4160
1946/47	658	1110	2590	3640	6160	9380	10700	9770	4880	2450	1510	1180	4500
1947/48	1420	2740	3770	4710	7090	9200	9370	5920	3590	1940	1240	1200	4350
1948/49	990	1440	2940	4690	7300	11700	11000	8590	4040	2180	1330	841	4750
1949/50	1100	1050	2550	3240	5860	7380	10400	8210	3920	1950	1130	895	3970
1950/51	996	1900	3250	4200	6610	9210	10900	7710	3520	1980	1220	886	4370
1951/52	875	865	1770	2400	3920	5300	7540	9010	4740	2120	1230	848	3390
1952/53	1070	1650	2770	3560	5550	8260	8690	6830	3650	2090	1210	1040	3860
1953/54	831	1720	2580	3590	4800	7150	6950	6760	3120	1580	1020	1010	3430
1954/55	1020	1410	2740	4300	5450	7840	9460	7820	3850	2030	1400	1070	4030
1955/56	1890	2230	2600	4510	6030	8520	10900	10100	4610	2560	1500	1450	4740
1956/57	1590	2510	3640	4270	5220	8010	9140	7710	4190	2290	1280	1220	4260
1957/58	2130	2150	2980	4040	5990	6780	7710	8430	5790	3050	1560	1080	4310
1958/59	1150	2540	2710	4160	6020	8170	9400	7910	4480	2700	1420	845	4290
1959/60	949	2040	2930	3370	5570	7860	8830	8290	4650	2280	1380	1180	4110
1960/61	1470	2250	2850	4590	6790	8260	10700	9890	4760	2980	1860	1020	4790
1961/62	1030	1740	2180	4060	6880	11400	13100	12300	7390	3610	2110	1520	5610
1962/63	2200	2850	3900	5190	7340	9550	11800	11500	6440	3580	2520	2110	5750
1963/64	2330	4410	4440	5320	7570	8080	8610	7530	5540	3020	1570	946	4950
1964/65	1460	2230	3530	4230	5530	8960	11800	11700	5400	2840	1770	1330	5070
1965/66	1440	1630	2070	2940	5410	6960	8670	8000	4520	2270	1440	978	3860
1966/67	1570	3130	3980	4790	6770	9150	9220	8770	4610	2190	1260	841	4690
1967/68	660	893	2050	3910	5200	7860	10300	9110	4200	2100	1080	837	4020
1968/69	811	1430	2970	4880	7030	8110	8680	8450	6180	3280	1970	2290	4670
1969/70	3150	3730	5060	6670	9150	10200	11400	10700	5970	3280	2050	1480	6070
1970/71	1250	1840	2950	3710	6120	9730	9970	8660	3760	1880	1030	647	4300
1971/72	813	834	1270	2440	4540	6960	6960	5290	2830	1240	906	587	2890
1972/73	640	1130	2130	3350	4950	6300	7230	7560	3550	1570	880	582	3320
1973/74	571	1380	2190	2620	3940	5680	6280	5710	2470	1150	624	432	2750
1974/75	446	1320	2680	4550	6190	8440	9920	7130	3140	1510	835	621	3900

1975/76	679	1170	1770	2560	5130	9600	11500	8410	3990	1970	1100	836	4060
1976/77	1200	1340	3130	4000	5910	7080	7360	8120	4630	2640	1500	895	3980
1977/78	1000	1140	1920	3370	5440	7650	8440	5570	3050	1420	778	576	3360
1978/79	557	1670	2100	3950	5350	7880	8790	8440	3730	1830	1000	830	3840
1979/80	764	1390	2610	3690	5330	6640	6490	6740	3330	1540	863	601	3330
1980/81	979	1620	2520	4350	5900	7040	8770	8780	4940	2270	1170	723	4090
1981/82	873	1560	2620	3520	6050	8950	9160	7310	3260	1880	1150	826	3930
1982/83	658	1040	2220	2840	4130	5230	7490	8080	3190	1520	763	426	3130
1983/84	389	555	1130	1980	3190	5110	6060	5310	3160	1460	733	522	2470
1984/85	594	1040	1750	2510	3930	4940	5030	3770	1960	962	577	306	2280
1985/86	713	1620	2390	3250	4580	6190	6670	5760	2540	1210	683	510	3010
1986/87	632	894	1340	2470	3640	4520	6360	5070	2590	1130	579	391	2470
1987/88	526	749	1680	2700	2740	4650	6560	5150	3080	1280	674	456	2520
1988/89	445	1050	1770	2180	3990	6580	8980	6320	3540	1730	765	480	3150
1989/90	525	739	1510	2020	3380	5050	6390	4850	2470	1290	630	393	2440
1990/91	266	685	1020	1480	2940	4520	4750	4890	3380	1950	834	510	2270
Moy."A"	**1120**	**1730**	**2740**	**3880**	**5730**	**7780**	**8980**	**7960**	**4270**	**2160**	**1270**	**953**	***(4040)***
Moy."B"	**1110**	**1720**	**2690**	**3810**	**5650**	**7700**	**8850**	**7810**	**4110**	**2130**	**1250**	**939**	**3980**

Le module interannuel est de 3 980 m^3/s (avec la série des 56 années successives - **Moy. "B"**), soit 8,2 l/s/km², ou de 4 040 m^3/s (sur toute la période – **Moy. "A"),** ce qui correspond à un module spécifique de 8,3 l/s/km².

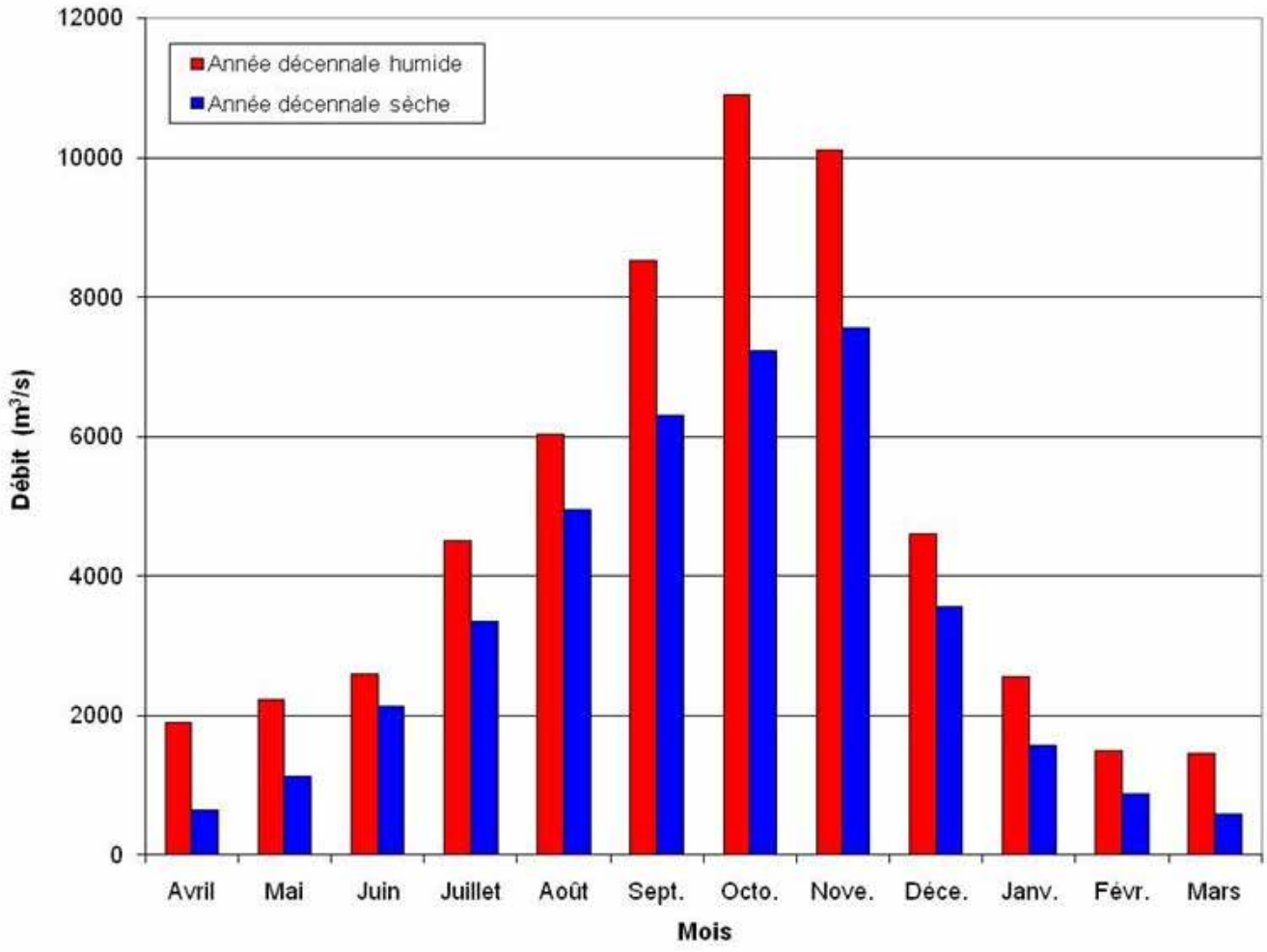


Figure 4-4

L'Oubangui à Bangui. Évolution des débits moyens mensuels

Année décennale sèche (1972/73). Année décennale humide (1955/56)

Tableau 4.2.2.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060700105 **Bangui**

Rivière : Oubangui

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 488 500 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1911/12	962	965	1020	1100	1840	4360	7690	9060	9780	10300	10300
1912/13	*(824)*										
1913/14	480	480									*(6420)*
1914/15	*(495)*								11900	11900	
1915/16										9220	9220
1916/17	792	792	851	1160	1770	3740	7720	12500	15400	15800	15800
1917/18	1030	1030	1060	1150	1860	3870	6640	12300	13200	13500	13500
1918/19	*(1030)*									7330	7330
1919/20	*(891)*										*(9440)*
1920/21	*(935)*										
1921/22	*(998)*									*(8440)*	
1922/23	*(1200)*									*(11700)*	
1923/24	*(1340)*									*(11400)*	
1924/25	*(1100)*									*(11900)*	
1925/26	*(541)*									*(10200)*	
1926/27											*(12000)*
1927/28	*(511)*									*(7700)*	
1928/29	*(1040)*									*(9480)*	
1929/30	*(909)*									*(11600)*	
1930/31	*(918)*									*(10400)*	
1931/32	*(759)*									*(9630)*	
1932/33	*(1280)*									*(11400)*	
1933/34	*(1250)*									*(11900)*	
1934/35	*(1130)*										*(10000)*
1935/36	1240	1240	1270	1380	2240	3740	6570	9260	10900	11500	11600
1936/37	1040	1050	1140	1350	1950	4330	7940	10600	11400	11800	11800
1937/38	783	783	977	1250	1710	3410	6500	8120	9430	9840	9850
1938/39	775	777	913	1160	1620	3310	7250	10700	12000	12500	12500
1939/40	1070	1070	1160	1420	2190	3360	6480	8680	10600	11700	11700
1940/41	918	922	972	1030	1570	2810	6770	8480	9220	9900	10000
1941/42	1010	1020	1080	1240	1800	4730	8580	9780	10200	10600	10600
1942/43	710	712	747	1000	1630	3780	6870	9510	11100	11400	11400
1943/44	840	842	893	1000	1220	2580	5970	7960	8540	9240	9270
1944/45	389	389	474	676	1590	2960	5750	7220	7900	8220	8230
1945/46	350	352	376	510	1160	3060	6980	9800	10900	11100	11100
1946/47	580	584	626	883	1350	3170	7540	10800	11000	11100	11100
1947/48	935	938	1080	1180	1650	3580	6490	9350	10100	10400	10400
1948/49	718	722	772	922	1300	3380	8060	11700	12300	12400	12400
1949/50	775	787	840	944	1140	2890	6170	9890	10900	11200	11200
1950/51	840	846	871	909	1390	3290	7000	10500	11100	11700	11700
1951/52	695	697	755	794	1050	2320	5330	8290	9780	10400	10400
1952/53	743	745	788	1030	1430	2860	5800	8580	8860	9420	9480
1953/54	679	684	781	893	1100	2660	6130	7080	7570	7910	7910
1954/55	891	896	942	1020	1390	3230	6380	9010	9790	10100	10100

1955/56	1280	1290	1310	1370	1950	3230	7060	10900	11400	11700	11700
1956/57	944	946	1000	1280	1870	3870	6060	8770	9600	10100	10100
1957/58	974	976	1070	1170	2090	3800	6490	8480	8660	8810	8820
1958/59	664	670	777	979	1730	3380	6810	9060	9810	10200	10200
1959/60	664	802	900	1060	1480	3100	7030	8900	9060	9240	9270
1960/61	751	755	818	1150	1970	3670	7750	10600	11000	11300	11300
1961/62	767	769	859	1330	1840	3680	9550	12900	13800	14500	14500
1962/63	1740	1750	1810	2040	2700	4500	8560	11800	12500	12900	12900
1963/64	827	827	871	1260	2860	4580	7430	8440	9030	9130	9160
1964/65	915	920	1200	1320	1990	3630	7500	11600	13900	14100	14100
1965/66	871	876	935	1180	1560	2580	6220	8470	9470	9570	9790
1966/67	739	742	765	1040	1800	4060	7520	9460	9790	9980	10000
1967/68	510	512	587	687	987	2680	6230	10100	11100	11300	11300
1968/69	721	721	757	953	2070	4000	7640	8800	9050	9290	9290
1969/70	1250	1260	1400	1610	3070	5140	9320	11500	11800	12000	12000
1970/71	584	587	607	765	1500	3090	7070	10200	10600	10800	10800
1971/72	518	522	552	660	915	1730	4750	7210	7630	7900	7910
1972/73	495	497	550	603	1020	2510	5600	7470	8620	9170	9180
1973/74	376	379	416	480	855	2250	4610	6270	6650	7020	7030
1974/75	376	376	394	589	941	2840	6330	9200	10300	10800	10800
1975/76	572	574	618	774	1110	2320	6780	10700	12100	12700	12700
1976/77	775	776	825	958	1420	3320	6820	7820	8430	8830	8840
1977/78	495	496	559	645	1050	2340	5650	8370	8680	8990	8990
1978/79	488	489	514	694	1170	2490	6060	8890	9450	9690	9700
1979/80	526	529	569	633	1080	2760	6130	6830	7280	7720	7720
1980/81	633	646	678	812	1430	2930	6600	8820	9550	9840	9850
1981/82	618	628	719	814	1210	2830	6200	9170	9510	9780	9800
1982/83	333	333	359	585	826	2470	4980	7680	9310	9800	9800
1983/84	273	273	316	409	642	1860	4000	5920	6390	6650	6670
1984/85	232	232	265	427	801	1750	3920	4930	5510	5670	5670
1985/86	279	308	461	532	967	2410	4900	6650	7010	7220	7250
1986/87	340	340	354	457	696	1660	3890	6100	6870	7480	7510
1987/88	394	394	436	464	728	2220	4210	5750	7040	7700	7720
1988/89	353	353	389	460	779	1930	5150	7800	9580	10200	10200
1989/90	324	323	388	432	691	1630	3800	5980	6910	7250	7250
1990/91	223	225	259	338	779	1570	4270	4850	5030	5140	5150

La plus forte crue, dans notre série, est de 15 800 m^3/s en 1916 soit 32,3 $l/s/km^2$. La seconde valeur est de 14 500 m^3/s, en 1961.

L'étiage le plus sévère est de 223 m m^3/s, en 1990, soit 0,5 $l/s/km^2$. Il peut paraître bizarre que ce débit de basses eaux soit deux fois plus faible que celui de Mobaye ou de Zinga : ceci provient du fait que nous ne travaillons pas sur la même période de référence.

Par exemple, en 1973, nous avons, comme étiage absolu :

- Bangui : 640 m^3/s ;
- Mobaye : 441 m^3/s ;
- Zinga : 551 m^3/s (station probablement déjà détarée).

Les valeurs entre parenthèses sont issues de la publication de J. Yayer (1951) : certaines sont données par l'auteur comme douteuses. En particulier les valeurs minimales dépassant 1 000 m^3/s sont beaucoup trop nombreuses pour cette période, alors que depuis 1953 de multiples jaugeages de très basses eaux évitent les sous-estimations.

Il faut noter la bonne hydraulicité de l'année 1916-1917, en accord avec des renseignements qui avaient été donnés autrefois pour la Bénoué, concernant cette année-là.

Tableau 4.2.2.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Bangui**

Rivière : Oubangui

Superficie du bassin versant : 488 500 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1940/41	4020	260	1652	1392	15,7
1941/42	5030	325	1698	1373	19,1
1942/43	4490	290	1612	1322	18,0
1943/44	3660	236	1529	1293	15,4
1944/45	3560	230	1500	1270	15,3
1945/46	4160	269	1521	1252	17,7
1946/47	4500	291	1566	1275	18,6
1947/48	4350	281	1558	1277	18,0
1948/49	4750	307	1561	1254	19,7
1949/50	3970	256	1345	1089	19,0
1950/51	4370	282	1552	1270	18,2
1951/52	3390	219	1400	1181	15,6
1952/53	3860	249	1570	1321	15,9
1953/54	3430	221	1488	1267	14,9
1954/55	4030	260	1566	1306	16,6
1955/56	4740	306	1625	1319	18,8
1956/57	4260	275	1526	1251	18,0
1957/58	4310	278	1651	1373	16,8
1958/59	4290	277	1584	1307	17,5
1959/60	4110	265	1551	1286	17,1
1960/61	4790	309	1593	1284	19,4
1961/62	5610	362	1571	1209	23,0
1962/63	5750	371	1763	1392	21,0
1963/64	4950	320	1650	1330	19,4
1964/65	5070	327	1740	1413	18,8
1965/66	3860	249	1602	1353	15,5
1966/67	4690	303	1627	1324	18,6
1967/68	4020	260	1513	1253	17,2
1968/69	4670	301	1641	1340	18,3
1969/70	6070	392	1718	1326	22,8
1970/71	4300	278	1521	1243	18,3
1971/72	2890	187	1445	1258	12,9
1972/73	3320	214	1446	1232	14,8
1973/74	2750	178	1470	1292	12,1
1974/75	3900	252	1518	1266	16,6
1975/76	4060	262	1552	1290	16,9
1976/77	3980	257	1570	1313	16,4
1977/78	3360	217	1451	1234	15,0
1978/79	3840	248	1463	1215	17,0
1979/80	3330	215	1585	1370	13,6
1980/81	4090	264	1525	1261	17,3
1981/82	3930	254	1600	1346	15,9
1982/83	3130	202	1559	1357	13,0
1983/84	2470	159	1469	1310	10,8
1984/85	2280	147	1484	1337	9,9
1985/86	3010	194	1562	1368	12,4
1986/87	2470	159	1506	1347	10,6
1987/88	2520	163	1535	1372	10,6
1988/89	3150	203	1476	1273	13,8

Le calcul de la pluviométrie moyenne sur le bassin a été effectué comme suit :

- calcul de la pluviométrie moyenne, de 1940 à 1961, en utilisant les stations du Centrafrique et de la RDC ;
- calcul de la pluviométrie, pour la même période 1940-1961, en n'utilisant que les stations centrafricaines et en effectuant un second tracé des polygones de Thiessen. Les résultats ont été corrélés avec les précédents et nous avons trouvé un coefficient de corrélation égal à 0,874 ce qui paraît convenable ;
- la période 1962-1988 a été calculée avec les seules données du Centrafrique mais en utilisant la régression linéaire liant les calculs précédents :

$$PT_n = 0{,}843\,PR_n + 316$$

où

PT_n : Pluviométrie moyenne sur le bassin de l'Oubangui à Bangui (mm) en entier, pour l'année *n*

PR_n : Pluviométrie moyenne sur le bassin de l'Oubangui à Bangui limité au Centrafrique (mm), pour l'année *n.*

Les déficits d'écoulement ont été calculés sur la période 1940-1988, soit 49 années hydrologiques. Ils varient entre 1 089 et 1 413 mm : ces valeurs sont très convenables. Le coefficient d'écoulement se situe dans la fourchette allant de 9,9 à 23,0 %, les dernières années ayant une hydraulicité particulièrement basse.

4.2.3. - L'Oubangui à Zinga

Cette station est observée depuis 1946 mais nous ne disposons que de 16 modules. Sa valeur interannuelle est de 4 330 m^3/s, soit un module spécifique de 8,3 l/s/km².

Tableau 4.2.3.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060700120 **Zinga**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 521 900 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1946/47										2380	1420	1090	
1947/48	1290	2600	3760						3810	1910	1190	1150	
1948/49	979	1340								2050	1210	800	
1949/50	994	948	2420							1780	1060	848	
1950/51	922	1750	3070										
1951/52													
1952/53				3650	6000	8880	9350	7460				1060	
1953/54	881	1690	2590	3740	5010	7590	7430	7320	3260	1520	983	973	3580
1954/55	1000	1380	2710	4540	5800	8510	10300	8680	4250	2010	1340	1030	4300
1955/56	1860	2180	2550	4780	6720				5100	2600	1470	1480	
1956/57	1580	2440	3710	4480	5620	8570	9910	8380	4440	2220	1250	1160	4480
1957/58		2080	3070	4300	6390	7510	8460	9260	6410	3180			*(4600)*
1958/59	2050	2510		4250	6290	8650	10000	8660	4880	2740	1360	863	*(4650)*
1959/60	960	1990	2930	3550	6020	8590	9710	9260	5100	2300	1370	1160	4410
1960/61	1420	2110	2790							2970	1740	1130	
1961/62	1050	1730	2080	4110					8180	3560	1940	1370	
1962/63	2020	2680	3870	5350	7630				6740	3470	2290	1410	
1963/64	1010			3950	6220	9480							
1964/65			3410										
1965/66	5630		2190	2900			9270	8610	4770	2210	1360	954	
1966/67	1490	3070	4060	5020	7310	9910	10100	9730	5070	2240	1340	905	5020
1967/68	755	928	2100	4130	5670	8510	10800	9760	4590	2100	1100	907	4280
1968/69	876	1440	2940	5190	7510	8760	9350	9160	6710	3370	1920	2270	4960
1969/70	3220	3730	5340	7130	9830	11000	12700	11800	6450	3300	1960	1400	6490
1970/71	1230	1780	2820	3770	6490	10400	10800	9430	3900	1860	1080	766	4530
1971/72	924	932	1310	2400	4850	7630	7710	5910	2870	1170	860	704	3110
1972/73	684	1050	1980	3310	5370	6820	7960	8300	3690	1470	828	599	3510
1973/74	591	1250	2030	2470	4180	6270	6890	6240	2360	1020	615	470	2870
1974/75	500	1210	2550	4710	6650	9180	10900	8050	3240	1360	745	606	4140
1975/76	631	1040	1560	2430	5570	10400	12400	9030	4250				*(4280)*
Moy.	**1380**	**1830**	**2830**	**4100**	**6260**	**8700**	**9670**	**8610**	**4770**	**2280**	**1320**	**1050**	*(4330)*

Tableau 4.2.3.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060700120 **Zinga**

Rivière : Oubangui

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 521 900 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m. Ins	m. Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M. Jou	M. Ins
1946/47											
1947/48	830	831									
1948/49	667	667									
1949/50	786	786									
1950/51											
1951/52											
1952/53										9830	9840
1953/54	752	766	813	919	1020	2680	6540	7650	8090	8380	8380
1954/55	917	917	924	971	1340	3260	6890	9890	10700	10900	10900
1955/56	1240	1240									
1956/57	926	927	994	1210	1780	3940	6560	9420	10500	11000	11000
1957/58										9540	9540
1958/59	735	738								10900	10900
1959/60	820	836	920	1030	1470	3120	7700	9860	10000	10100	10100
1960/61	849	852									
1961/62											
1962/63	936	940									
1963/64											
1964/65											
1965/66										10200	10200
1966/67	803	805	821	1100	1840	4200	8360	10300	10700	10900	10900
1967/68	650	652	688	785	1020	2620	6800	10900	11400	11400	11400
1968/69	778	780	823	1090	2010	4160	8230	9470	9540	9800	10000
1969/70	1190	1200	1320	1530	2990	5470	10000	12700	13000	13200	13200
1970/71	701	703	727	877	1490	3020	7660	11000	11500	11600	11600
1971/72	650	654	686	742	918	1660	5240	7930	8450	8710	8710
1972/73	551	553	577	651	926	2380	6140	8180	9360	9990	10000
1973/74	434	434	463	501	795	2100	4980	6860	7260	7660	7660
1974/75	430	434	473	591	839	2740	6840	10100	11300	11800	11800
1975/76										14000	14000

Mais G. Chalandon (*SCEVN*) nous indique que le maximum – inconnu dans la banque de données ORSTOM – serait en réalité de 14 700 m^3/s le 4 novembre 1961, ce qui est sûrement vrai. À l'opposé, l'étiage le plus sévère est de seulement 430 m^3/s, soit 0,8 l/s/km² (en 1975) mais nous n'avons pas les données de 1990.

Tableau 4.2.3.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Zinga**

Rivière : Oubangui

Superficie du bassin versant : 521 900 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1953/54	3580	216	1488	1272	14,5
1954/55	4300	260	1566	1306	16,6
1956/57	4480	271	1526	1255	17,8
1957/58	4600	278	1651	1373	16,8
1958/59	4650	281	1584	1303	17,7
1959/60	4410	266	1551	1285	17,2
1966/67	5020	303	1627	1324	18,6
1967/68	4280	259	1513	1254	17,1
1968/69	4960	300	1641	1341	18,3
1969/70	6490	392	1718	1326	22,8
1970/71	4530	274	1521	1247	18,0
1971/72	3110	188	1445	1257	13,0
1972/73	3510	212	1446	1234	14,7
1973/74	2870	173	1470	1297	11,8
1974/75	4140	250	1518	1268	16,5
1975/76	4280	259	1552	1293	16,7

Les déficits d'écoulement sont très homogènes : ils sont compris entre 1 234 et 1 373 mm, tandis que le coefficient d'écoulement varie entre 11,8 et 22,8 %.

4.3. - Les affluents du moyen Oubangui

Seront traitées les stations suivantes :

- la Kotto : Bria et Kembé ;
- la Pipi à Ouadda ;
- la Bangui-Kété à Alindao ;
- la Ouaka à Bambari ;
- la Tomi à Sibut ;
- l'Ombella (pont-route au km 105) ;
- la Mpoko : Bossélé-Bali, Bangui et la Mbali à Boali ;
- la Lessé à Bombé ;
- la Lobaye : Zaoro-Yanga, Kédingué-Yawa, Loko-Safa et Mbata.

4.3.1. La Kotto à Bria

La station donne des résultats de débit depuis 1953.

15 modules annuels ont été déterminés. Nous nous sommes servis de la corrélation existante entre Bria et Kembé pour reconstituer quelques données mensuelles manquantes.

Tableau 4.3.1.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060701804 **Bria**

Rivière : Kotto

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 60 590 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1953/54													
1954/55		83,5	208	274	258	472	574	281	139				
1955/56													
1956/57													
1957/58													
1958/59										163	129	106	
1959/60	102	134	201	194	371	618	442	218	122	95,7	81,0	74,4	221
1960/61	79,9	123	139	313	422	577	661	381	182	133	100	78,3	266
1961/62	88,0	97,4	151	318	394	869	598	264	158	128	95,5	98,4	272
1962/63	108	124	177	337	595	715	806	475	250	167	121	111	332
1963/64	136	169	160	283	515	588	500	271	163	126	91,4	83,7	257
1964/65	114	132	174	334	393	687	804	538	235	*(181)*	*(112)*	*(91)*	*(316)*
1965/66	89,5	105	160	246	346	442	476	229	139	104	83,4	86,8	*(209)*
1966/67	83,8	213	308	366	542	792	726	410	224				*(335)*
1967/68													
1968/69							481	277	170	123	94,7	116	
1969/70	121	128	200	262	494	681	566	261	160	125	90,0	98,1	266
1970/71	82,8	94,6	124	293	587	758	515	252	137	106	85,1	75,1	259
1971/72	81,2	78,6	103	326	537	668	512	226	137	98,4	80,9	74,0	244
1972/73	79,7	97,1	189	264	395	395	380	198	100	82,9	74,1	*(61)*	*(193)*
1973/74	74,3	83,9	88,4	128	269	376	329	170	85,3	77,4	71,2	71,2	152
1974/75	71,8	76,8	120	267	431	805	543	253	131	94,9	81,3	74,6	246
1975/76	72,8	77,1	94	241	381	591	516	226	115				*(212)*
Moy.	92,3	114	162	278	433	627	555	290	156	116	91,3	88,3	*(252)*

Le module interannuel est de 252 m^3/s, soit un module spécifique de 4,2 l/s/km².

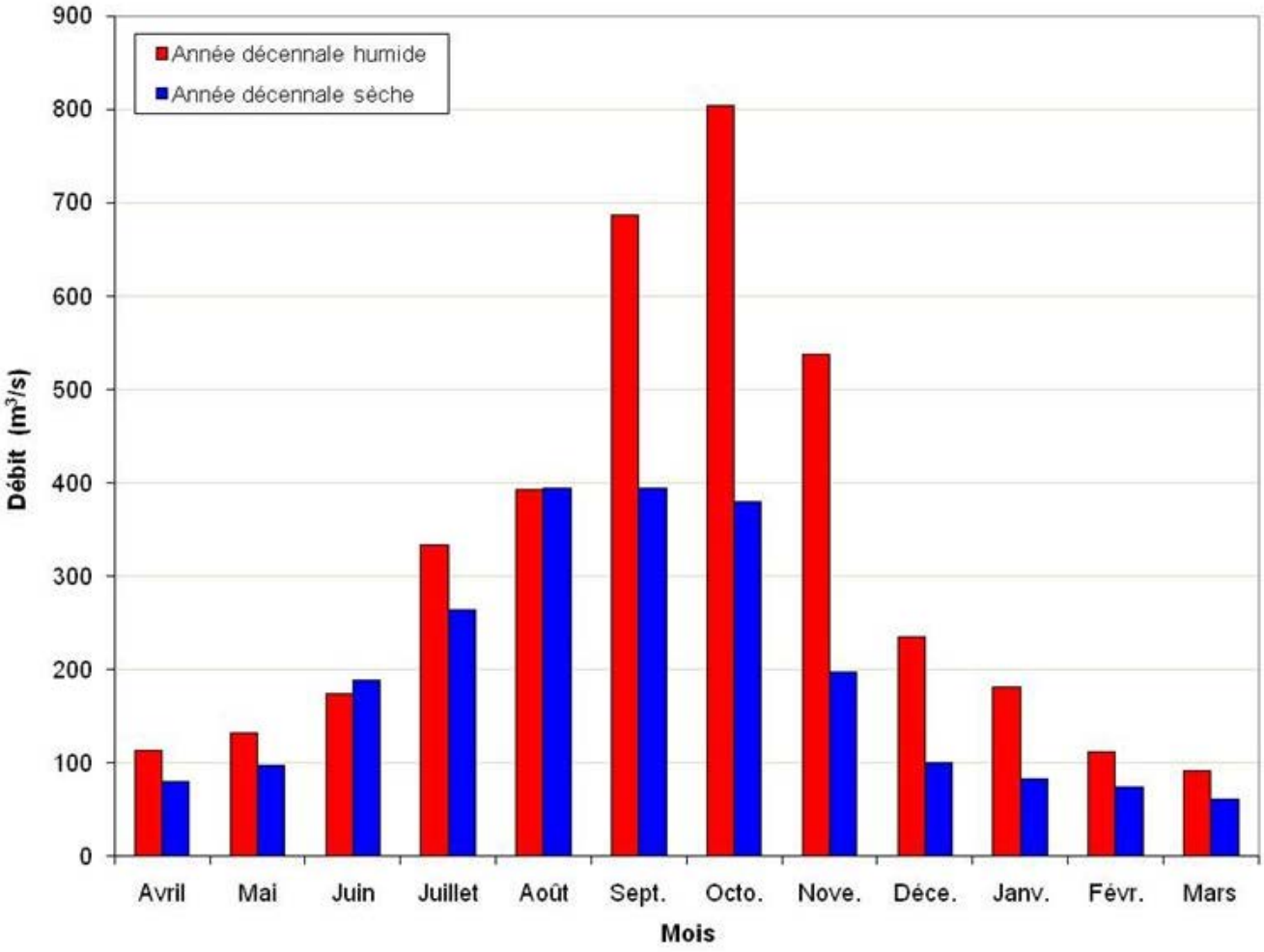


Figure 4-5
La Kotto à Bria. Évolution des débits moyens mensuels
Année décennale sèche (1972/73). Année décennale humide (1964/65)

Tableau 4.3.1.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060701804 **Bria**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 60 590 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1954/55										711	712
1955/56											
1956/57											
1957/58											
1958/59											
1959/60	72,6	72,7	73,8	77,0	93,4	162	269	489	700	1040	1050
1960/61	72,6	72,6	74,2	79,5	104	167	412	621	731	766	769
1961/62	76,1	76,5	82,5	87,7	101	149	352	803	895	920	923
1962/63	83,0	83,4	90,6	105	127	216	516	785	856	880	881
1963/64	81,3	81,3	82,4	86,7	132	173	383	583	622	657	658
1964/65										887	888
1965/66	74,4	75,7								571	578
1966/67										968	980
1967/68											
1968/69	80,2	86,8									
1969/70	80,2	80,4	81,4	89,0	119	182	377	670	710	724	736
1970/71	72,9	73,0	73,2	76,1	86,7	132	417	724	806	822	824
1971/72	71,2	71,2	71,8	73,4	82,5	114	413	610	712	800	802
1972/73										506	513
1973/74	68,6	68,7	70,0	70,9	75,8	88,1	231	383	448	478	482
1974/75	68,9	68,9	70,0	72,6	78,7	124	343	746	839	886	888
1975/76										701	705

Le débit maximal observé est de 1 050 m^3/s (soit 17,3 l/s/km²), en 1959, tandis que l'étiage le plus sévère est quand même, en 1974, de 68,6 m^3/s (soit 1,1 l/s/km²) : nous retrouvons là le rôle de réservoir hydrogéologique important que jouent les grès du bassin versant pour le soutien du débit d'étiage. Il manque cependant l'étiage sévère de mars 1973.

Tableau 4.3.1.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Bria**

Rivière : Kotto

Superficie du bassin versant : 60 590 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1959/60	221	115	1283	1168	9,0
1960/61	266	138	1359	1221	10,2
1961/62	272	142	1301	1159	10,9
1962/63	332	173	1700	1527	10,2
1963/64	257	134	1382	1248	9,7
1964/65	(316)	164	1334	1170	12,3
1965/66	(209)	109	1117	1008	9,8
1966/67	(335)	174	1479	1305	11,8
1969/70	266	138	1365	1227	10,1
1970/71	259	135	1306	1171	10,3
1971/72	244	127	1267	1140	10,0
1972/73	*(193)*	100	1177	1077	8,5
1973/74	152	79	1070	991	7,4
1974/75	246	128	1315	1187	9,7
1975/76	*(212)*	110	1199	1089	9,2

Les déficits d'écoulement sont apparemment corrects : ils sont compris entre 991 et 1 527 mm. Cette dernière valeur peut paraître élevée mais n'oublions pas que l'ETP de la tête du bassin versant atteint 1 800 mm. Nous retrouverons la même valeur élevée à Kembé.

Le coefficient d'écoulement est assez constant puisqu'il varie seulement entre 7,4 et 12,3 %.

4.3.2. - La Kotto à Kembé

Les premières indications sur les débits remontent à 1947. Rappelons que cette station est à l'aval de chutes dont l'aménagement hydroélectrique avait été projeté.

Nous avons également utilisé la corrélation avec Bria pour compléter des relevés mensuels manquants.

Le module annuel a été déterminé pour 15 années. Le module interannuel est de 393 m^3/s, soit un débit spécifique de 5,1 l/s/km². On doit noter, bien qu'elle soit incomplète, que l'année 1969-1970 est certainement bien inférieure à 1962-1963.

Tableau 4.3.2.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060701810 **Kembé**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 77 750 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1947/48													
1948/49			216	471	779	1210	886	558	274	191			
1949/50													
1950/51													
1951/52													
1952/53		112	193							172	119	108	*(400)*
1953/54				337	514	793	742	441	186	126	89,1	96,1	*(310)*
1954/55	90,7	119	295	405	501	779	954	629	306	194	126	124	377
1955/56	169	232	404	507	778	947	1030	661	302	216	147	164	463
1956/57			242			908	806	394				106	
1957/58	133	168	246	424	690	931	935	784	412	262	169	106	438
1958/59	146	201	284	583	803	1100	1270	704	392	256	191	148	507
1959/60	157	*(199)*	287	326	504	714	495	263	243	193	134	125	*(303)*
1960/61	145	225	231	418	730	814	930	619	269	205	127	99,1	401
1961/62	111	101	192	467	574	1300	1020	469	259	206	143	132	415
1962/63	158	183	289	460	919	1060	1350	990	477	323	245	238	558
1963/64	214	265								222	150	121	
1964/65	137	174	213	*(388)*	433	924	1150	1050	475	326	180	146	*(466)*
1965/66	137	139							288	216	129	111	
1966/67	144												
1967/68					621	917	1100						
1968/69					1030	1000	987						
1969/70				474	781	1090	1000	530	288				
1970/71	120	148	212	383	762	1020	851	501	218	166	120	88,6	382
1971/72	103	88,1	148	386	670	834	928	388	234	141	105	79,2	342
1972/73	89,6	132	239	366	572	603	663	412	190	126	83,9	70,0	296
1973/74	86,5	133	*(151)*	235	358	562	585	397	143	111	74,1	71,3	*(242)*
1974/75	71,4	133	234	384	605	1090	985	566	251	156	114	90,2	390
1975/76	86,9	123	140	318	558	918	916	551	230				
Moy.	128	157	239	408	659	929	933	574	286	200	136	117	*(393)*

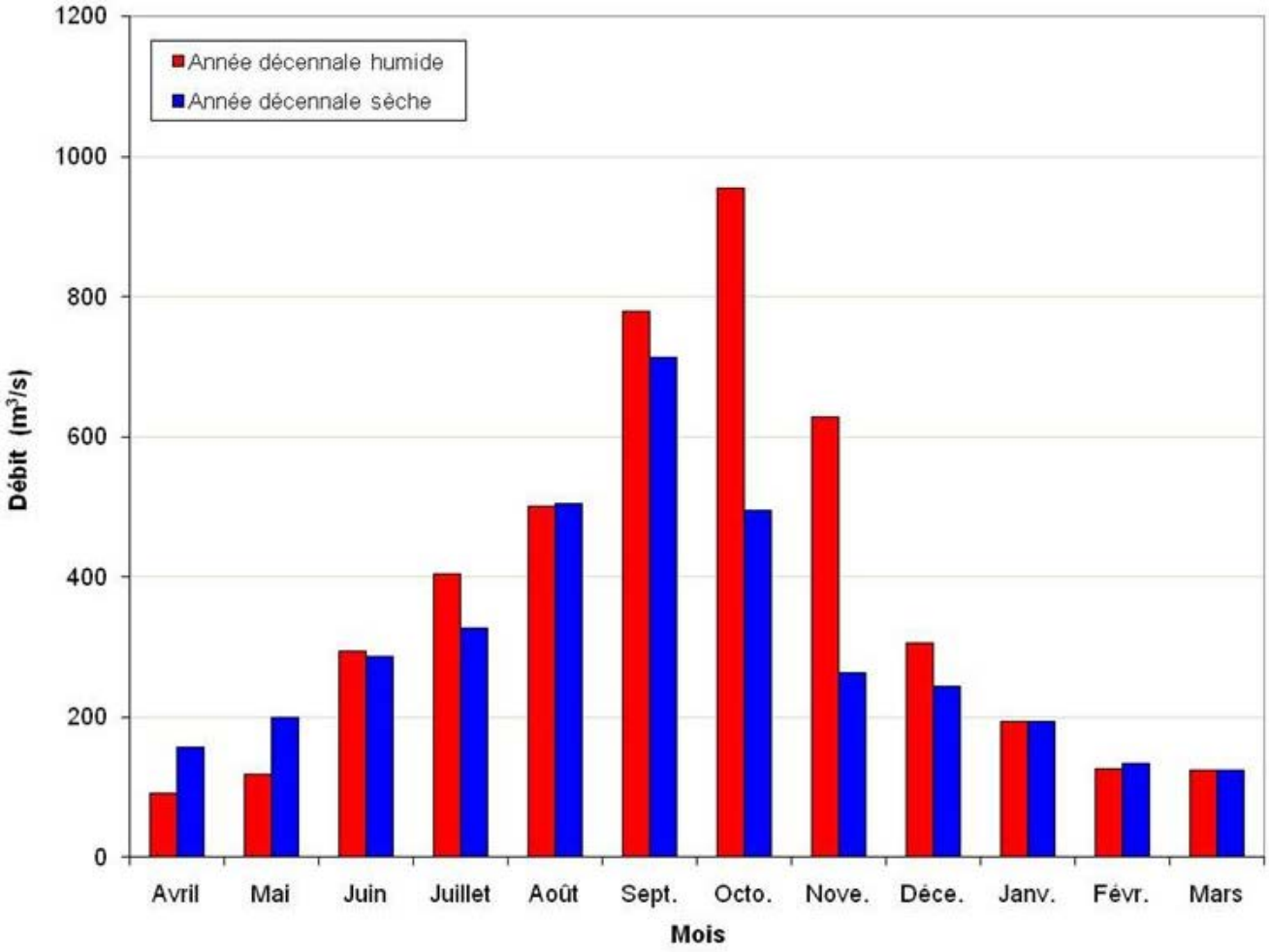


Figure 4-6
La Kotto à Kembé. Évolution des débits moyens mensuels
Année décennale sèche (1959/60). Année décennale humide (1954/55)

Tableau 4.3.2.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060701810 **Kembé**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 77 750 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1947/48										1320	1320
1948/49											
1949/50											
1950/51											
1951/52											
1952/53											
1953/54	83, 1	83, 9									
1954/55	73, 5	74, 7	85, 0	98, 0	131	292	594	864	1020	1120	1120
1955/56	121	122	131	144	190	323	764	988	1070	1160	1160
1956/57	71, 7	71, 7								1090	1100
1957/58	85, 9	86, 1	92, 8	100	162	305	700	922	1030	1090	1100
1958/59	81, 7	81, 9	122	140	200	337	792	1220	1370	1470	1480
1959/60	92, 8	94, 5								849	849
1960/61	80, 4	81, 4	88, 4	103	179	258	669	909	945	1120	1130
1961/62	87, 3	87, 3	90, 6	102	137	239	532	1200	1410	1460	1460
1962/63	123	125	143	171	242	345	871	1280	1480	1500	1500
1963/64	102	104									
1964/65	115	116								1380	1410
1965/66	84, 5	85, 0									
1966/67											
1967/68											
1968/69										1330	1340
1969/70										1250	1280
1970/71	75, 3	75, 9	83, 1	92, 8	137	216	698	1000	1030	1070	1070
1971/72	68, 1	68, 2	72, 2	81, 9	104	173	571	881	967	1030	1030
1972/73	63, 2	63, 2	65, 1	73, 6	112	206	471	661	704	760	768
1973/74	63, 6	63, 8								683	687
1974/75	63, 6	63, 8	65, 1	81, 7	119	238	585	1090	1150	1180	1190
1975/76										1040	1040

Le débit maximal de crue est de 1 500 m^3/s, soit 19,3 l/s/km², en 1962.

Celui de l'étiage est descendu à 63,2 m^3/s, en 1973, soit 0,8 l/s/km². L'étiage est de même importance qu'à Bria, mais entre les 2 stations le rôle des grès s'est réduit car les grès-quartzites précambrien de Kembé-Fouroumbala sont beaucoup plus résistants à l'érosion que les grès mésozoïques de Ouadda. Leur rôle n'est tout de même pas nul d'autant plus qu'ils reprennent d'assez importantes intercalations de carbonates et de dolomies.

Tableau 4.3.2.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Kembé**
Rivière : Kotto
Superficie du bassin versant : 77 750 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1952/53	*(400)*	162	1485	1323	*(10,9)*
1953/54	*(310)*	126	1563	1437	*(8,1)*
1954/55	377	153	1503	1350	10,2
1955/56	463	188	1513	1325	12,4
1957/58	438	178	1691	1513	10,5
1958/59	507	206	1498	1292	13,8
1959/60	-303	123	1337	1214	9,2
1960/61	401	163	1414	1251	11,5
1961/62	415	168	1336	1168	12,6
1962/63	558	226	1737	1511	13,0
1964/65	*(466)*	189	1417	1228	13,3
1970/71	382	155	1364	1209	11,4
1971/72	342	139	1296	1157	10,7
1972/73	296	120	1263	1143	9,5
1973/74	*(242)*	98	1149	1051	8,5
1974/75	390	158	1389	1231	11,4

Les déficits d'écoulement vont de 1 051 à 1 513 mm. Nous retrouvons la même forte année (1962-1963) qu'à Bria.

Le coefficient d'écoulement varie entre 8,1 et 13,8 %. Nous avons reconstitué l'année 1952-1953 en nous basant sur un semblant de corrélation entre pluie et débit : ceci était nécessaire pour reconstituer le module de l'Uele comme nous le verrons en 4.4.

4.3.3. - La Pipi à Ouadda

La station a commencé à enregistrer ses premiers débits en 1956, sur une station qui a disparu : nous avons un doute sérieux sur la validité de la courbe d'étalonnage.

Nous avons pu déterminer 9 modules annuels. Le module interannuel est de 11,8 m^3/s, soit un module spécifique de 4,7 l/s/km².

Tableau 4.3.3.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060705505 **Ouadda**
Rivière : Pipi
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 2 500 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1956/57										7,15	6,37	9,10	
1957/58	6,88	7,15	10,3	17,3	28,9	48,2	27,7	14,2	8,74	8,39	7,52	6,44	16,0
1958/59	6,85	7,09	9,31	12,7	16,6	17,8	25,3	14,2	7,17	6,10	7,53	6,60	11,4
1959/60	6,03	7,70	9,46	12,1	15,8	20,8	14,2	14,1					
1960/61													
1961/62													
1962/63													
1963/64													
1964/65													
1965/66													
1966/67													
1967/68											9,22	8,25	
1968/69	7,97	9,24	10,7	10,8								4,93	
1969/70	5,00	4,33	5,20	6,70	21,8	28,5	31,6	20,6	13,5	4,96	4,59	4,93	12,6
1970/71	4,87	4,82	6,73	14,2	39,0	31,3	13,7	11,9	8,23	7,63	6,20	4,89	12,8
1971/72	4,37	5,08	6,53	13,0	28,8	24,3	22,8	10,5	8,41	6,77	5,41	4,35	11,7
1972/73	4,89	5,95	10,0	15,8	21,5	24,6	19,2	11,1	8,16	6,71	5,30	4,29	11,4
1973/74	5,18	4,82	4,76	8,39	13,6	23,8	13,0	9,09	5,97	5,12	4,14	3,44	8,44
1974/75	3,70	4,16	6,24	13,1	19,4	28,4	21,7	12,3	8,29	6,76	5,30	4,26	11,1
1975/76	3,96	3,85	4,67	10,2	20,2	29,2	23,7	12,0	8,38				*(11)*
Moy.	**5,43**	**5,84**	**7,63**	**12,2**	**22,6**	**27,7**	**21,3**	**13,0**	**8,54**	**6,56**	**6,13**	**5,24**	***(11,8)***

Tableau 4.3.3.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060705505 **Ouadda**

Rivière : Pipi

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 2 500 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1956/57											
1957/58	5.68	5.75	6.07	6.26	7.38	9.30	17.8	46.3	53.4	60.9	61.9
1958/59	5.80	5.84	6.09	6.09	6.66	8.09	16.0	21.7	28.0	30.2	30.4
1959/60										31.3	35.4
1960/61											
1961/62											
1962/63											
1963/64											
1964/65											
1965/66											
1966/67											
1967/68	7.56	7.56									
1968/69											
1969/70	3.33	3.39	3.78	4.27	4.77	5.52	20.9	30.4	33.8	34.6	34.6
1970/71	3.79	3.80	4.09	4.38	5.68	8.00	13.9	33.9	46.1	62.7	62.8
1971/72	3.56	3.58	3.79	4.17	4.91	7.71	16.4	26.3	39.1	50.5	54.6
1972/73	3.56	3.57	3.79	4.17	5.32	8.44	15.9	25.0	30.1	57.6	63.3
1973/74	3.03	3.04	3.31	3.80	4.58	5.68	9.95	18.8	24.1	54.7	60.1
1974/75	2.90	2.91	3.10	3.56	4.76	7.39	15.0	25.5	36.2	45.3	46.7
1975/76	3.12	3.12								49.7	53.2

3

Le plus fort débit observé est de 63,3 m /s, en 1972, (soit 25,3 l/s/km²) tandis que le plus faible est de 2,90 m /s (soit 1,2 l/s/km²), en 1974, valeur spécifique comparable à celle de la Kotto à Bria.

Tableau 4.3.3.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Ouadda**
Rivière : Pipi
Superficie du bassin versant : 2 500 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1957/58	16,0	202	1218	1016	16,6
1958/59	11,4	144	1590	1446	9,1
1969/70	12,6	159	1249	1090	12,7
1970/71	12,8	161	1238	1077	13,0
1971/72	11,7	148	1227	1079	12,1
1972/73	11,4	144	1137	993	12,7
1973/74	8,44	106	1030	924	10,3
1974/75	11,1	140	1265	1125	11,1
1975/76	11,0	139	1148	1009	12,1

Les déficits d'écoulement s'étagent entre 924 et 1 446 mm, ce qui paraît tout à fait normal. Le coefficient d'écoulement varie entre 9,1 et 16,6 % mais ces valeurs correspondent à la première station de 1956. Pour la période 1969/75, ce coefficient ne varie pas beaucoup : 10,3 à 13,0 %.

4.3.4. - La Bangui-Kété à Alindao

La station d'Alindao a été observée très régulièrement depuis 1952. Seule, l'année 1972-73 présente des lacunes, aussi disposons-nous d'un échantillon de 22 modules annuels.

Le module interannuel est de 59,2 m^3/s, soit un module spécifique de 13,0 l/s/km² ce qui est une valeur forte, comparable à ceux de la Lobaye et de la Mbali. On relève une certaine importance des formations carbonatées dans la partie aval de ce bassin déprimé.

Tableau 4.3.4.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060701103 **Alindao**
Rivière : Bangui-Kété
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 4 560 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1952/53	21,7	22,3	27,2	63,3	57,1	81,5	116	75,5	41,1	31,2	24,3	24,0	48,8
1953/54	24,1	35,0	39,7	42,3	80,9	89,2	92,9	67,3	36,3	28,6	31,1	24,5	49,3
1954/55	22,4	34,2	60,0	56,4	98,0	92,5	84,8	92,7	50,6	36,5	29,2	34,4	57,6
1955/56	49,2	44,6	48,6	66,5	96,4	118	130	93,6	47,6	36,0	29,3	38,3	66,5
1956/57	37,9	35,6	26,8	48,3	92,0	72,9	74,8	52,3	29,9	23,3	22,7	30,2	45,6
1957/58	24,5	27,3	36,6	68,8	74,5	67,5	111	124	65,8	38,2	25,8	28,5	57,7
1958/59	58,1	78,8	100,0	108	57,5	73,7	68,9	65,1	39,3	27,4	23,2	42,3	61,9
1959/60	35,7	60,1	66,4	51,8	66,5	109	182	115	76,7	42,5	35,8	33,2	72,9
1960/61	48,7	36,9	41,2	47,3	88,7	179	141	81	46,9	38,2	25,2	19,7	66,2
1961/62	28,2	27,6	30,1	46,6	103	221	150	119	79,2	40,7	27,3	26,0	74,9
1962/63	38,8	37,8	63,2	161	248	216	199	172	82,9	54,5	46,9	41,9	114
1963/64	43,2	44,6	47,9	64,8	81,4	83,6	133	82,1	41,0	35,5	39,8	24,0	60,1
1964/65	18,8	25,3	33,9	45,7	48,5	85,9	166	110	48,2	37,9	30,4	20,2	55,9
1965/66	19,1	21,6	31,5	47,1	63,1	121	96,4	46,8	31,2	23,6	17,3	17,3	44,7
1966/67	37,8	36,7	49,5	78,7	120	134	74,7	55,5	34,1	25,6	20,0	16,7	56,9
1967/68	13,0	21,4	31,8	62,5	98,4	133	129	76,0	42,0	31,8	23,1	24,1	57,2
1968/69	26,5	36,2	50,3	104	110	134	170	111	68,5	45,9	34,0	51,1	78,5
1969/70	47,3	62,0	65,0	63,5	100	118	86,6	74,4	47,0	35,0	27,8	23,9	62,5
1970/71	20,6	30,4	41,6	36,6	82,9	120	79,3	62,4	31,0	23,5	16,6	13,2	46,5
1971/72	16,3	12,3	25,1	50,1	54,3	78,6	70,6	32,3	26,7	14,5	11,4	10,5	33,6
1972/73	19,3	23,5	72,0				105	78,9				16,9	
1973/74	18,5	27,8	74,5	72,0	54,1	48,2	69,1	55,1	26,1	19,3	14,0	13,8	41,0
1974/75	16,1	55,6	35,2	49,3	95,7	75,7	123	68,9	32,1	22,0	17,2	16,6	50,6
1975/76	18,4	22,8	20,4	36,2	89,1								
Moy.	**29,3**	**35,9**	**46,6**	**63,9**	**89,6**	**111**	**115**	**83,1**	**46,6**	**32,4**	**26,0**	**25,7**	**59,2**

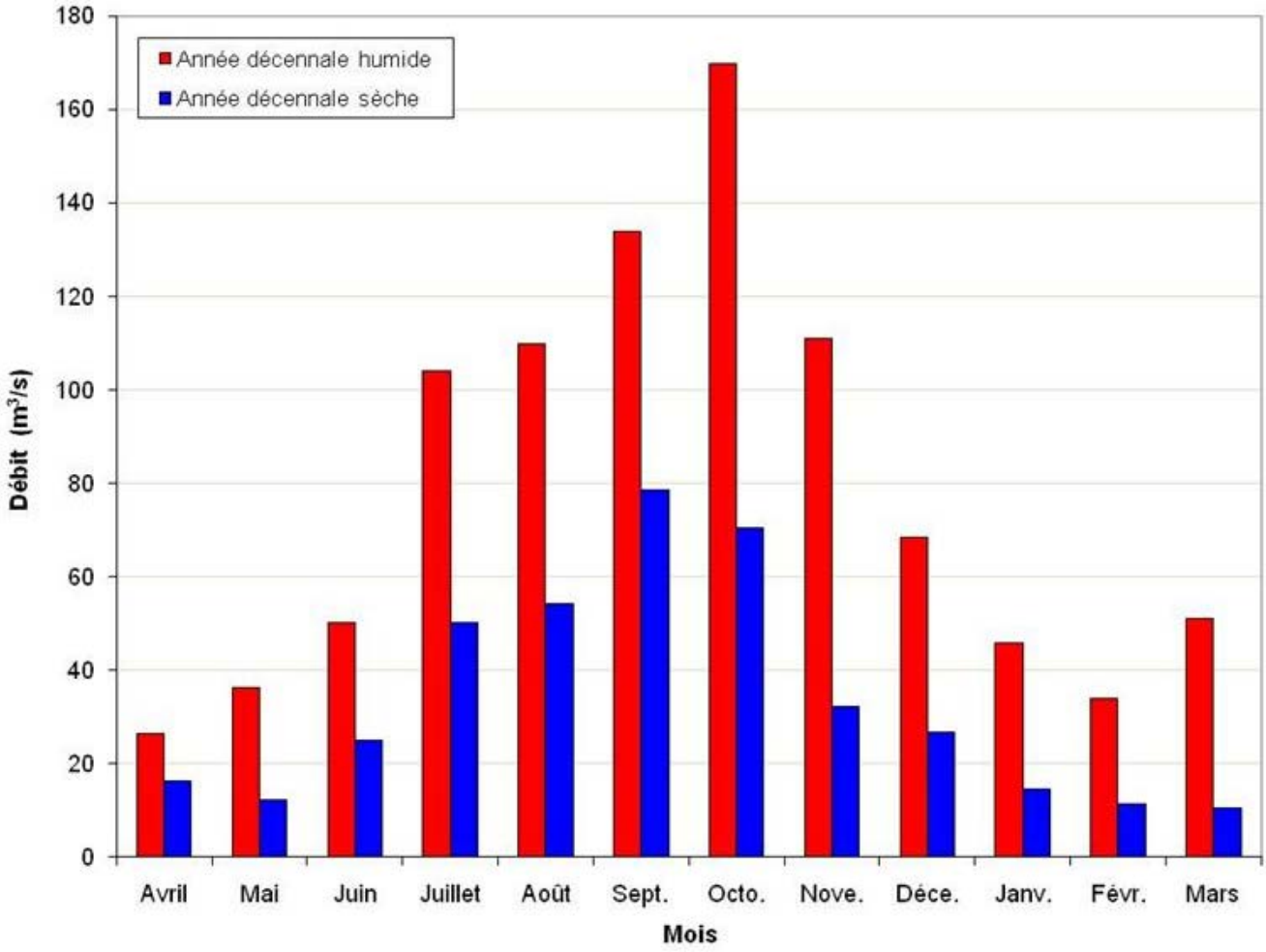


Figure7

La Bangui-Kété à Alindao. Évolution des débits moyens mensuels

Année décennale sèche (1971/72). Année décennale humide (1968/69)

Tableau 4.3.4.2 -Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060701103 **Alindao**

Rivière : Bangui-Kété

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 4 560 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1952/53	14, 1	14, 4	16, 1	19, 3	23, 9	36, 5	65, 2	100	143	195	197
1953/54	15, 7	15, 8	18, 6	22, 3	28, 4	36, 9	67, 4	94, 5	137	189	194
1954/55	16, 3	16, 6	18, 9	23, 8	33, 8	48, 9	81, 5	104	117	190	195
1955/56	24, 5	28, 3	28, 8	31, 5	38, 3	53, 5	88, 3	129	160	184	192
1956/57	16, 0	16, 0	16, 7	20, 6	25, 2	36, 9	57, 7	85, 3	114	193	201
1957/58	15, 2	16, 0	16, 8	21, 4	28, 8	43, 7	78, 4	121	159	192	201
1958/59	16, 0	16, 0	18, 5	23, 7	32, 6	53, 4	77, 1	118	172	200	204
1959/60	11, 6	12, 4	23, 3	29, 7	39, 7	56, 7	93, 3	158	185	260	262
1960/61	14, 9	15, 2	18, 0	21, 8	35, 0	46, 1	73, 5	152	237	286	295
1961/62	17, 5	18, 2	20, 3	22, 9	27, 8	43, 2	116	173	263	293	295
1962/63	23, 1	23, 7	28, 5	32, 6	43, 9	75, 7	182	242	282	376	382
1963/64	21, 8	21, 8	22, 2	28, 7	36, 9	49, 5	76, 2	102	138	277	283
1964/65	11, 6	11, 9	14, 4	18, 6	25, 2	36, 9	63, 4	143	177	282	283
1965/66	11, 6	11, 6	13, 7	14, 7	21, 8	30, 6	50, 9	108	148	209	210
1966/67	12, 9	12, 9	14, 5	17, 7	26, 6	43, 0	74, 2	123	142	261	273
1967/68	11, 6	11, 6	11, 9	14, 6	23, 2	39, 2	81, 3	133	169	226	231
1968/69	12, 9	13, 0	15, 0	26, 1	42, 2	58, 1	109	147	216	316	318
1969/70	16, 0	16, 7	20, 6	25, 7	37, 0	60, 1	78, 8	105	132	185	186
1970/71	11, 0	11, 0	12, 1	14, 2	21, 5	32, 2	70, 2	93, 3	127	263	267
1971/72	9, 80	9, 82	10, 0	10, 3	12, 7	25, 6	51, 2	72, 3	93, 2	140	149
1972/73											
1973/74	9, 80	9, 88	11, 7	13, 3	18, 4	33, 2	58, 5	83, 4	105	154	157
1974/75	9, 80	9, 80	10, 4	14, 5	20, 3	37, 6	74, 2	117	151	159	165
1975/76											

La plus forte crue observée donne 382 m^3/s (soit 83,8 l/s/km²), en 1962, tandis que l'étiage le plus bas est de 9,8 m^3/s (soit 2,2 l/s/km²) en 1974.

Tableau 4.3.4.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Alindao**

Rivière : Bangui-Kété

Superficie du bassin versant : 4 560 km

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1953/54	49,3	341	1362	1021	25,0
1954/55	57,6	398	1504	1106	26,5
1955/56	66,5	460	1441	981	31,9
1956/57	45,6	315	1392	1077	22,6
1957/58	57,7	399	1850	1451	21,6
1958/59	61,9	428	1365	937	31,4
1959/60	72,9	504	1769	1265	28,5
1960/61	66,2	458	1411	953	32,5
1961/62	74,9	518	1559	1041	33,2
1962/63	114	788	1845	1057	42,7
1963/64	60,1	416	1410	994	29,5
1964/65	55,9	387	1553	1166	24,9
1965/66	44,7	309	1519	1210	20,3
1966/67	56,9	394	1744	1350	22,6
1967/68	57,2	396	1474	1078	26,9
1968/69	78,5	543	1817	1274	29,9
1969/70	62,5	432	1586	1154	27,2
1970/71	46,5	322	1264	942	25,5
1971/72	33,6	232	1300	1068	17,8
1973/74	41,0	284	1470	1186	19,3
1974/75	50,6	350	1430	1080	24,5

Les déficits d'écoulement sont très corrects et se situent entre 937 et 1 451 mm.

Le coefficient d'écoulement est fort : il varie entre 17,8 et 42,7 %, encore que les valeurs inférieures à 20 % ne concernent que 1971-1972 et 1973-1974.

4.3.5. - La Ouaka à Bambari

Les premiers résultats de débits datent de juillet 1952, mais comme il existe des lacunes dans les observations, nous ne disposons seulement que d'un échantillon de 15 modules annuels.

Le module interannuel est de 187 m^3/s, ce qui représente un module spécifique de 6,3 $l/s/km^2$.

Nous retrouvons à cette station des résultats très comparables à ceux du Chari : 1955-1956 et 1961-1962 sont des années de forte hydraulicité tandis que 1973-1974 est faible.

Tableau 4.3.5.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060702705 **Bambari**
Rivière : Ouaka
Pays: Centrafrique
Superficie du bassin versant : 29 730 km^2

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1952/53				138		290	327	247	54,8	14,8			
1953/54		86,8	135	149	257	340	348	247	139	105	89,2	88,9	
1954/55	72,3	90,8	135	153	247	362	461	294	175	129	96,3	106	193
1955/56	117	132	197	290	397	543	500	339	220	165	131	166	266
1956/57	116	97,5	148	221	291	329	360	246	162	119	89,9	92,4	189
1957/58	115	101	140	195	249	292	388	341	209	142	109	81,7	197
1958/59	102	102	127	239	232	274	337	233	156	106	76,2	65,9	171
1959/60	69,8	106	90,9	118	175	254	285	228	141	104	69,2	37,5	140
1960/61	48,3	107	115	208	318	478	618	403	269	190	146	104	250
1961/62	89,5	103	155	235	252	585	469	227	167	109	78,8	59,1	211
1962/63	117	143	138	184	283	374	407	341	209	142	109	82,4	211
1963/64													
1964/65													
1965/66													
1966/67												67,2	
1967/68	54,2	65,7	95,5			416	521	288	156	113	81,1	69,3	
1968/69	76,4	126	161	217	383	311	334	258	162	106	83,5	138	196
1969/70	109	140	169	240	312	370	422	365	231	137	89,5	60,8	220
1970/71		95,3	77,7	131		365					47,9	33,2	
1971/72	43,9	31,4	68,7	177	230	408	441	214	134	74,5	50,2	33,5	159
1972/73	35,9	46,6	90,8	141	212	282	292	182	92,1	67,9	44,4	30,0	126
1973/74	38,6	71,1	90,0	129	145	179	248	158	73,5	48,5	30,2	24,7	103
1974/75	42,1	159	100	131	249	395	408	282	138	91,5	69,3	51,9	176
1975/76	51,0	60,5	80,7	173	379		514	361	207				
Moy.	**76,4**	**98,1**	**122**	**183**	**271**	**360**	**404**	**277**	**163**	**109**	**82,8**	**73,3**	**187**

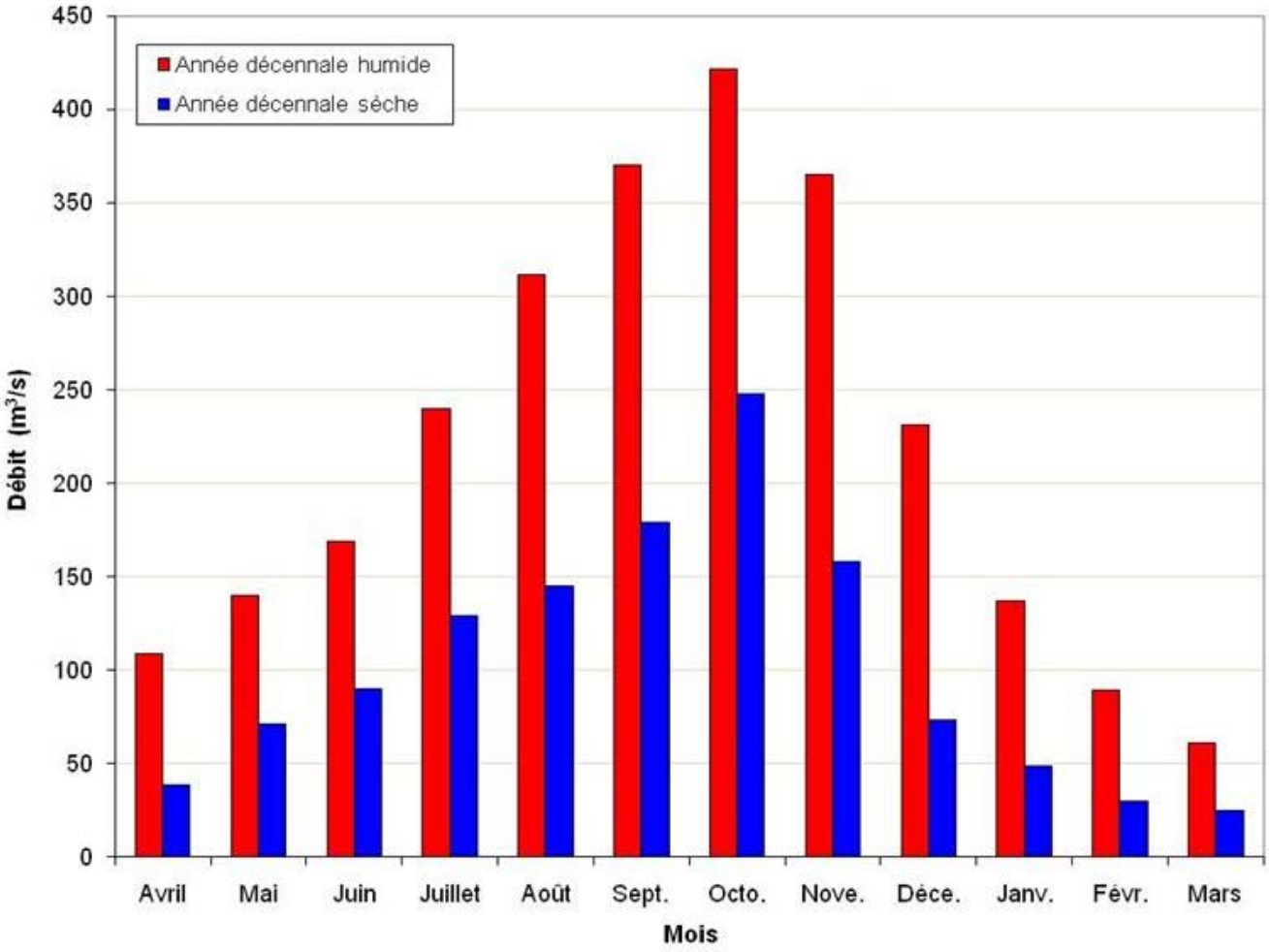


Figure 4-8
La Ouaka à Bambari. Évolution des débits moyens mensuels
Année décennale sèche (1973/74). Année décennale humide (1969/70)

Tableau 4.3.5.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060702705 **Bambari**
Rivière : Ouaka
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 29 730 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1952/53											
1953/54										438	443
1954/55	60,6	60,8	63,7	80,4	103	143	280	422	492	522	526
1955/56	91,0	93,1	103	121	143	210	384	526	556	584	586
1956/57	76,3	76,8	80,8	89,5	105	152	285	341	390	431	435
1957/58	63,5	64,4	70,6	83,7	117	162	264	366	435	455	458
1958/59	48,8	49,4	52,3	69,2	97,0	138	246	319	345	388	390
1959/60	24,8	25,3	31,1	49,4	83,5	118	185	278	304	323	330
1960/61	28,1	29,0	34,8	83,5	115	198	338	541	714	774	781
1961/62	48,8	48,8	53,4	69,0	100	163	246	516	728	784	788
1962/63	67,5	67,6	76,7	90,8	133	160	309	398	454	503	511
1963/64											
1964/65											
1965/66											
1966/67											
1967/68	36,9	39,8									
1968/69	42,2	42,6	48,7	79,6	108	166	300	366	416	453	456
1969/70	56,4	56,6	59,0	69,4	108	188	321	408	436	541	562
1970/71											
1971/72	24,8	25,1	26,6	30,6	43,3	109	208	437	463	493	505
1972/73	24,0	24,0	27,8	30,8	44,9	86,7	205	288	317	338	344
1973/74	19,0	19,1	23,1	27,5	43,2	79,4	150	236	259	303	306
1974/75	17,2	17,2	22,3	50,1	81,0	133	274	392	447	527	527
1975/76											

Le plus fort débit observé, en 1961, est de 788 m^3/s, soit 26,5 l/s/km².

Pour les basses eaux, le débit est descendu jusqu'à 17,2 m^3/s, soit un débit spécifique d'étiage de 0,6 l/s/km² (en 1975).

Tableau 4.3.5.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Bambari**

Rivière : Ouaka

Superficie du bassin versant : 29 730 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1954/55	193	205	1400	1195	14,6
1955/56	266	282	1485	1203	19,0
1956/57	189	200	1366	1166	14,6
1957/58	197	209	1504	1295	13,9
1958/59	171	181	1366	1185	13,3
1959/60	140	149	1460	1311	10,2
1960/61	250	265	1519	1254	17,4
1961/62	211	224	1203	979	18,6
1962/63	211	224	1665	1441	13,5
1968/69	196	208	1547	1339	13,4
1969/70	220	233	1678	1445	13,9
1971/72	159	169	1229	1060	13,8
1972/73	126	134	1352	1218	9,9
1973/74	103	109	1292	1183	8,4
1974/75	176	187	1514	1327	12,4

Il n'y a rien à dire pour les déficits d'écoulement, qui varient entre 979 et 1 445 mm.

Le coefficient d'écoulement est assez constant d'une année à l'autre. En 1972-1973 et 1973-1974 il est descendu en dessous de 10 % alors que sa valeur est souvent comprise entre 13 et 15 %. Sa valeur maximale a été de 19,0 % en 1955-1956.

4.3.6. - La Tomi à Sibut

Les premiers débits observés à cette station datent de 1951. 16 modules annuels ont été déterminés. Le module interannuel est de 15, m^3/s, ce qui représente un module spécifique de 6,0 l/s/km².

Tableau 4.3.6.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060705705 **Sibut**
Rivière : Tomi
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 2 610 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1951/52						20,7	41,7	19,2	8,32	5,03	3,12	2,27	
1952/53	2,40	6,35	8,50	12,5	26,7	32,9	47,6	26,8	10,5	8,72	4,44	2,00	15,8
1953/54	2,52	4,81	7,68	7,86	8,79	32,2	20,9	15,8	4,91	2,33	2,21	1,46	9,29
1954/55	1,81	6,47	11,4	11,5	13,5	23,3			8,08	4,73	2,41	2,03	
1955/56	2,09	3,92	7,26	19,9	50,1	38,3	51,0	26,6	11,8	7,33	4,55	7,52	19,2
1956/57	5,06	3,88	6,96			22,1	38,4	19,4	12,4	6,14	2,95	4,52	
1957/58	8,33	6,53	11,6	15,0	32,0	34,8	38,1	28,4	17,6	7,94	5,01	3,12	17,4
1958/59	2,34	11,0	8,74	20,2	26,6	41,5	31,4	20,9	6,89	5,36			*(15)*
1959/60						31,1	42,3	24,2	12,0	3,98	2,61	1,56	
1960/61	2,84	7,48	5,83				48,9	32,7	13,9	11,2	5,44	2,86	
1961/62	7,50	4,19	4,66	16,7	41,7	66,0	54,5	24,8	11,4	8,86	4,57	2,83	20,6
1962/63	3,48	3,83	5,55	10,8	26,0	50,1	35,8	25,3	10,6	7,23	4,71	3,01	15,5
1963/64	11,5	5,32	7,93	27,6	42,0	43,3	32,5	17,8	8,95	4,91	2,32	3,24	17,3
1964/65	3,64	5,50	8,01	25,4	25,4	43,5	73,2	32,2	15,6	12,0	5,86	4,11	21,2
1965/66	3,07	1,92	5,89			49,8	43,7	23,8	12,4	7,23	3,94	2,92	
1966/67	7,29	26,1	28,8	32,8	49,3	49,6	37,4	28,6	14,3	9,34	5,54	3,45	24,4
1967/68	2,49	2,78	5,76	21,4	46,6	59,7	68,0	33,1	15,6	10,1	6,77	8,87	23,4
1968/69										9,08	5,44	7,02	
1969/70	6,72	4,15	4,74	11,1	22,7	38,7	32,7	21,2	8,93	5,62	3,12	2,24	13,5
1970/71	2,03	3,01	4,66	11,8	16,9	28,5	41,1	22,2	7,69	3,95	2,12	1,80	12,1
1971/72	2,23	1,17	4,24	21,0	21,4	41,2				2,47	1,48	1,22	
1972/73	1,64	1,27	6,75	10,3	17,9	45,8	26,6	14,9	5,12	2,93	1,45	0,942	11,3
1973/74	2,75	2,11	3,09	1,91	15,1	19,3	7,27	2,36	1,21	0,812	0,524	0,634	4,76
1974/75	0,911	4,39	4,04	2,40	20,2	34,5	42,1	17,7	5,04	2,27	1,27	0,716	11,3
1975/76	1,31	0,83			57,8	55,3	56,7	28,8					
Moy.	**3,82**	**5,32**	**7,72**	**15,6**	**29,5**	**39,2**	**41,4**	**23,0**	**10,1**	**6,23**	**3,56**	**3,06**	***(15,7)***

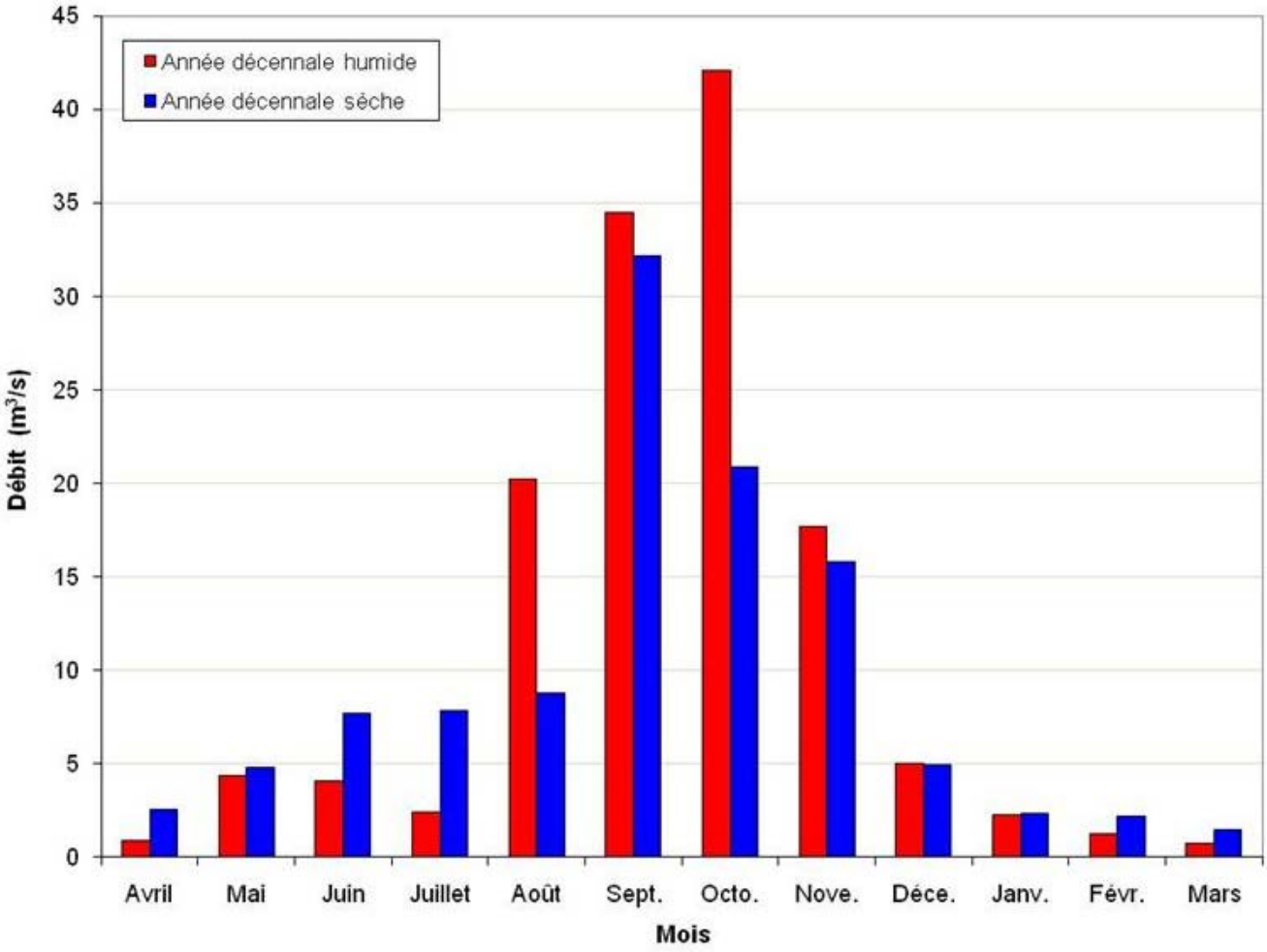


Figure 4-9

La Tomi à Sibut. Évolution des débits moyens mensuels

Année décennale sèche (1953/54). Année décennale humide (1974/75)

Tableau 4.3.6.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060705705 **Sibut**

Rivière : Tomi

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 2 610 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1951/52										51,3	52,6
1952/53	1,52	1,57	1,77	2,08	3,76	8,97	24,2	41,9	49,6	74,2	79,8
1953/54	1,03	1,04	1,15	1,76	2,31	4,70	12,4	26,6	33,9	52,6	55,9
1954/55	1,65	1,67									
1955/56	1,3	1,36	1,63	1,91	4,91	10,8	32,7	44,9	77,1	136	150
1956/57	0,891	0,928								63,5	64,8
1957/58	1,65	1,68	2,07	2,71	6,94	12,6	28,2	38,1	45,7	60,2	61,1
1958/59										72,9	79,1
1959/60	1,08	1,21								62,3	64,8
1960/61	1,65	1,78									
1961/62	1,41	1,62	2,04	2,61	3,96	10,2	35,7	55,9	81,5	115	135
1962/63	1,3	1,31	1,72	2,39	4,05	7,64	25,3	40,0	57,4	84,5	86,0
1963/64	1,36	1,45	1,91	2,63	4,23	9,49	29,9	41,5	56,0	91,0	99,4
1964/65	1,52	2,34	2,83	3,64	5,22	12,9	32,1	48,0	88,5	150	150
1965/66	1,08	1,18								81,6	83,5
1966/67	2,31	2,83	3,18	3,95	8,58	23,9	37,2	48,3	63,7	91,2	154
1967/68	1,41	1,41	1,67	2,04	6,22	12,4	33,0	58,0	110	138	148
1968/69	1,77	1,9									
1969/70	1,72	1,75	2,05	2,42	3,80	7,38	19,8	36,7	44,1	53,5	56,0
1970/71	0,822	1,00	1,32	1,54	2,39	5,83	18,9	38,8	46,6	54,0	55,6
1971/72	0,787	0,791									
1972/73	0,682	0,765	0,868	0,934	1,46	4,84	16,0	32,5	58,7	96,5	106
1973/74	0,330	0,334	0,360	0,511	1,03	1,58	4,48	16,0	32,6	40,4	41,0
1974/75	0,330	0,511	0,611	0,691	1,33	3,45	16,5	38,0	46,0	63,5	64,2
1975/76										110	113

Le débit maximal observé est de 154 m^3/s, en 1966, soit 59 l/s/km² tandis que l'étiage le plus sévère est de 0,330 m^3/s, soit 0,1 l/s/km², en 1974 et 1975.

Tableau 4.3.6.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Sibut**

Rivière : Tomi

Superficie du bassin versant : 2 610 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1952/53	15,8	191	1427	1236	13,4
1953/54	9,29	112	1062	950	10,5
1955/56	19,2	232	1281	1049	18,1
1957/58	17,4	210	1390	1180	15,1
1958/59	*(15)*	181	1313	1132	13,8
1961/62	20,6	249	1497	1248	16,6
1962/63	15,5	187	1438	1251	13,0
1963/64	17,3	209	1290	1081	16,2
1964/65	21,2	256	1436	1180	17,8
1966/67	24,4	295	1302	1007	22,7
1967/68	23,4	283	1426	1143	19,8
1969/70	13,5	163	1265	1102	12,9
1970/71	12,2	147	1454	1307	10,1
1972/73	11,3	137	979	842	14,0
1973/74	4,76	58	935	877	6,2
1974/75	11,3	137	1575	1438	8,7

Les déficits d'écoulement s'étagent entre 842 et 1 438 mm, valeurs qui paraissent correctes, tandis que le coefficient d'écoulement varie entre 6,2 (années sèches 1972-1974) et 22,7 %.

4.3.7. L'Ombella à Bossélé (Pont-route au Km 105)

La détermination des débits commence en 1953. Malheureusement il existe de nombreuses lacunes, liées à des relevés faux qui ont dû être éliminés : 9 modules annuels, seulement, ont été calculés.

Le module interannuel est de 22,5 m^3/s, ce qui représente un module spécifique de 7,5 l/s/km².

Tableau 4.3.7.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060705303 **Bossélé (Km 105)**

Rivière : Ombella

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 3 020 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1952/53												8,88	
1953/54	8,39	9,45	15,1	12,2	19,6	29,8	28,1	41,5	10,4	8,77	9,43	8,53	16,8
1954/55	9,29	7,26		11,8	21,7	44,4	67,7						
1955/56	7,74	8,44	6,99	23,4	57,1	98,7	79,7	47,1					
1956/57	7,79												
1957/58													
1958/59													
1959/60													
1960/61													
1961/62													
1962/63										18,2	10,8	8,04	
1963/64	12,3	10,3	10,7	21,3			32,8	42,8	17,7	10,0	6,39	6,51	
1964/65	8,46	6,36	9,08	12,1	17,6	33,6	70,5	61,4	23,0	11,2	7,91	9,33	22,5
1965/66	8,74	6,11	5,25	14,0	38,8	70,5	74	35,1	19,4	11,4	7,06	5,91	24,7
1966/67	9,06	15,5	32,6	28,4	61,3	89,8	55,8	45,2	21,2				*(32)*
1967/68	25,0			22,9	29,8	61,0	86,9	39,3	18,9	11,8	8,30	7,92	
1968/69	8,28	9,33				54,8				12,7	8,30	8,68	
1969/70	6,74	6,67	7,15	23,1	50,5	77,5	64,5	41,1	20,2	12,1	7,20	6,10	26,9
1970/71	6,00	7,23	5,23	10,7	29,9	70,0	67,2	36,3	16,9	10,6	6,42	6,25	22,7
1971/72	5,81	4,05	5,93			35,8	34,7	13,2	8,89	5,33	3,83	2,74	
1972/73	3,39	5,05	13,5	12,8	20,1	38,3			5,22	3,87	2,75	2,22	
1973/74	2,65	3,58	4,09	4,52	33,4	38,3	17,5	10,4	4,50	3,06	2,30	2,33	10,6
1974/75	2,66	5,60	3,98	3,44	7,58	31,1	40,6	17,7	5,90	3,47	2,39	2,43	10,6
1975/76	2,52	2,63	9,11	21,7	67,8	123	114	45,5	18,5				*(36)*
Moy.	**7,93**	**7,17**	**9,90**	**15,9**	**35,0**	**59,8**	**59,6**	**36,7**	**14,7**	**9,42**	**6,39**	**6,13**	***(22,5)***

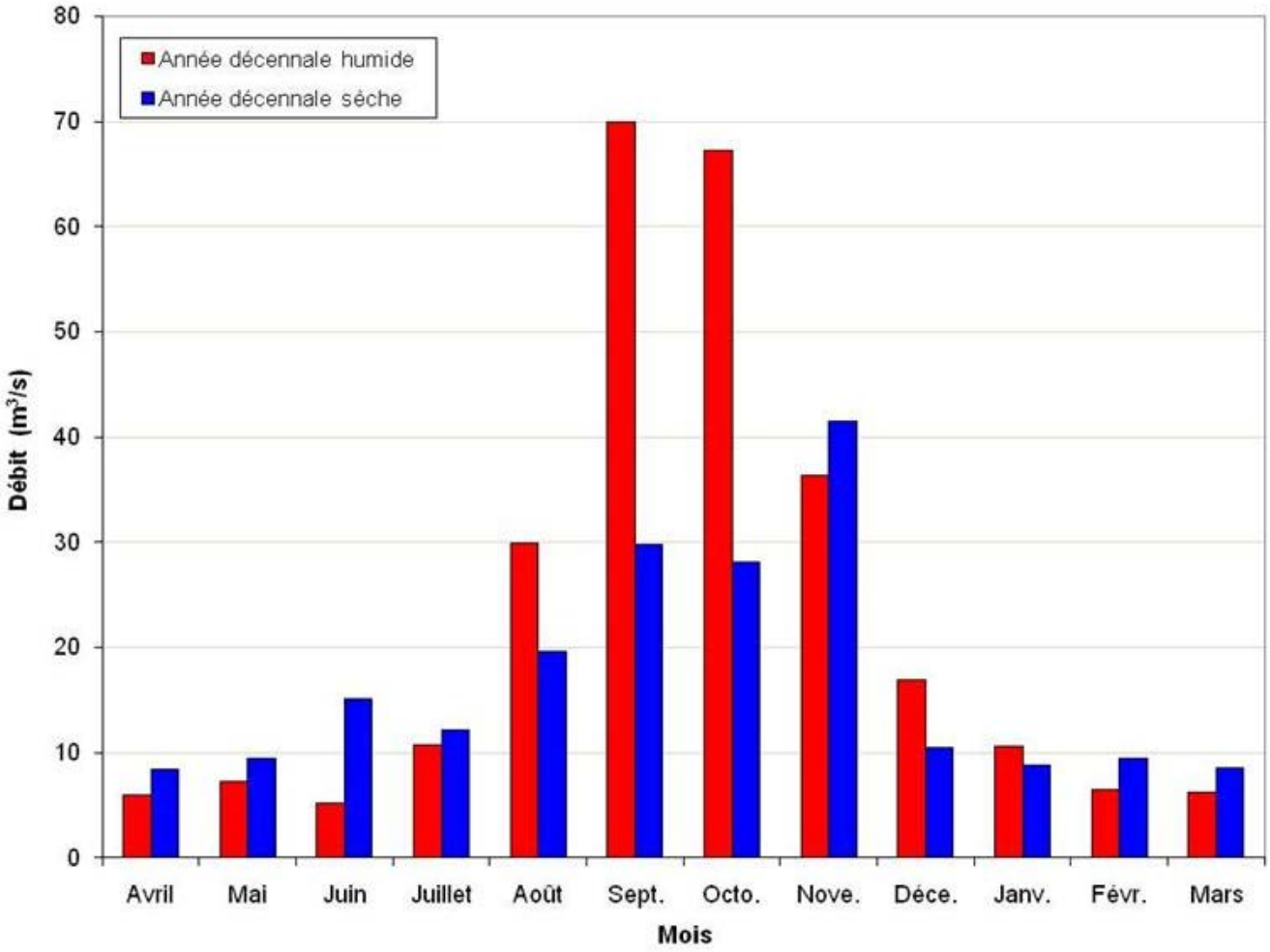


Figure 4-10
L'Ombella à Bossélé (Pont-route au Km 105). Évolution des débits moyens mensuels
Année décennale sèche (1953/54). Année décennale humide (1970/71)

Tableau 4.3.7.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060705303 **Bossélé (Km 105)**
Rivière : Ombella
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 3 020 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1952/53											
1953/54	4,28	5,14	5,43	6,29	8,61	11,5	19,2	38,3	59,2	77,2	79,6
1954/55										81,1	84,0
1955/56										114	114
1956/57											
1957/58											
1958/59											
1959/60											
1960/61											
1961/62											
1962/63											
1963/64	4,55	4,75									
1964/65	4,28	4,46	5,61	6,47	8,05	11,8	28,7	58,7	94,6	106	107
1965/66	4,28	4,33	4,64	5,27	6,38	11,4	37,3	71,7	84,5	101	102
1966/67										109	109
1967/68	5,04	5,19								121	121
1968/69	5,44	5,48									
1969/70	4,46	4,55	4,99	5,45	6,87	12,5	45,6	79,1	89,8	95,0	95,1
1970/71	4,01	4,07	4,32	4,88	5,93	10,4	30,5	70,2	79,6	85,0	85,2
1971/72	2,49	2,50								62,1	63,4
1972/73	1,95	1,95									
1973/74	2,01	2,01	2,07	2,24	2,63	3,90	12,9	38,0	55,3	71,2	72,4
1974/75	1,95	1,97	2,14	2,24	2,72	4,09	11,2	35,8	46,6	50,3	51,0
1975/76										146	146

Le plus fort débit, sur la série, est de 146 m^3/s (soit 48,3 l/s/km²) en 1975. L'étiage le plus sévère est de 1,95 m^3/s, soit 0,7 l/s/km², en 1972 et 1974. Là aussi il faut souligner l'importance des formations carbonatées : elles représentent près des 2/3 de la superficie de ce bassin.

Tableau 4.3.7.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Bossélé (Km 105)**

Rivière : Ombella

Superficie du bassin versant : 3 020 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1953/54	16,8	175	1347	1172	13,0
1964/65	22,6	236	1269	1033	18,6
1965/66	24,7	258	1239	981	20,8
1966/67	*(32)*	334	1543	1209	21,6
1969/70	26,9	281	1750	1469	16,1
1970/71	22,7	237	1540	1303	15,4
1973/74	10,6	111	1207	1096	9,2
1974/75	10,6	111	1500	1389	7,4
1975/76	*(36)*	376	1452	1076	25,9

Compris entre 981 et 1 469 mm, les déficits d'écoulement paraissent normaux car l'ETP sur le bassin est de l'ordre de 1 550 à 1 600 mm.

Le coefficient d'écoulement varie entre 7,4 et 25,9 %, les valeurs les plus faibles étant celles des années 1973-1974 et 1974-1975.

4.3.8. - La Mpoko à Bossélé-Bali

Les relevés de débits, à cette station, commencent en octobre 1957. Il a été possible de déterminer 16 modules annuels.

Le module interannuel est de 92,4 m^3/s ce qui représente un module spécifique de 8,8 l/s/km².

Tableau 4.3.8.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060702515 **Bossélé-Bali**
Rivière : Mpoko
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 10 460 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1957/58							292	227	155	105	80,8	71,5	
1958/59	60,7	68,6	60,4	86,3	93,5	150	183	163	107	73,2	52,6	41,9	95,0
1959/60	32,2	43,8	48,7	85,2	157	285	248	212	127	86,4	64,8	51,9	120
1960/61	48,1	58,1	53,0	126	213	242	227	202	129	93,4	62,0	44,0	125
1961/62	49,2	50,3	40,4	72,1	208	393	345	204	131	94,0	66,6	57,5	143
1962/63	58,5	58,7	56,8	71,4	107	164	224	170	99,5	73,8	53,1	44,7	98,5
1963/64	51,6	57,3	52,6	71,3	148	192	168	135	87,0	61,7	43,9	32,3	91,7
1964/65	39,6	28,1	31,5	64,2	78,7	161	191	142	79,4	55,3	46,4		*(79,5)*
1965/66					136	202	241	143					
1966/67			66,6		207	285	248	212	119	78,5	56,8	40,6	
1967/68	28,9	30,8	54,9	83,7	140	217	212	137	81,1	57,5	39,5	35,5	93,2
1968/69	28,5	30,4	52,6	74,0	159	150	162	163	102	65,9	49,8	62,9	91,7
1969/70	47,7	43,2	51,4	111	180	285	259	183	113	76,6	52,3	45,5	121
1970/71	38,0	40,9	44,0	96,5	180	269	238	196	113	76,3	51,4	42,3	116
1971/72	40,2	24,3	27,8	56,8	102	182	165	91,5	63,6	41,4	29,4	23,9	70,7
1972/73	23,9	17,4	27,3	38,8	75,4	90,7	90,3	59,7	33,7	24,3	16,1	10,9	42,4
1973/74	12,0	13,8	15,4	16,1	95,3	114	76,2	44,5	26,2	16,8	10,8	10,0	37,6
1974/75	11,4	17,8	15,1	20,7	54,4	143	134	97,6	46,1	29,7	20,1	16,1	50,5
1975/76	16,1	18,5	26,6	52,4	191	291	300	160	95,2				*(107)*
Moy.	**36,7**	**37,6**	**42,7**	**70,4**	**140**	**212**	**211**	**155**	**94,9**	**65,3**	**46,9**	**39,5**	***(92,4)***

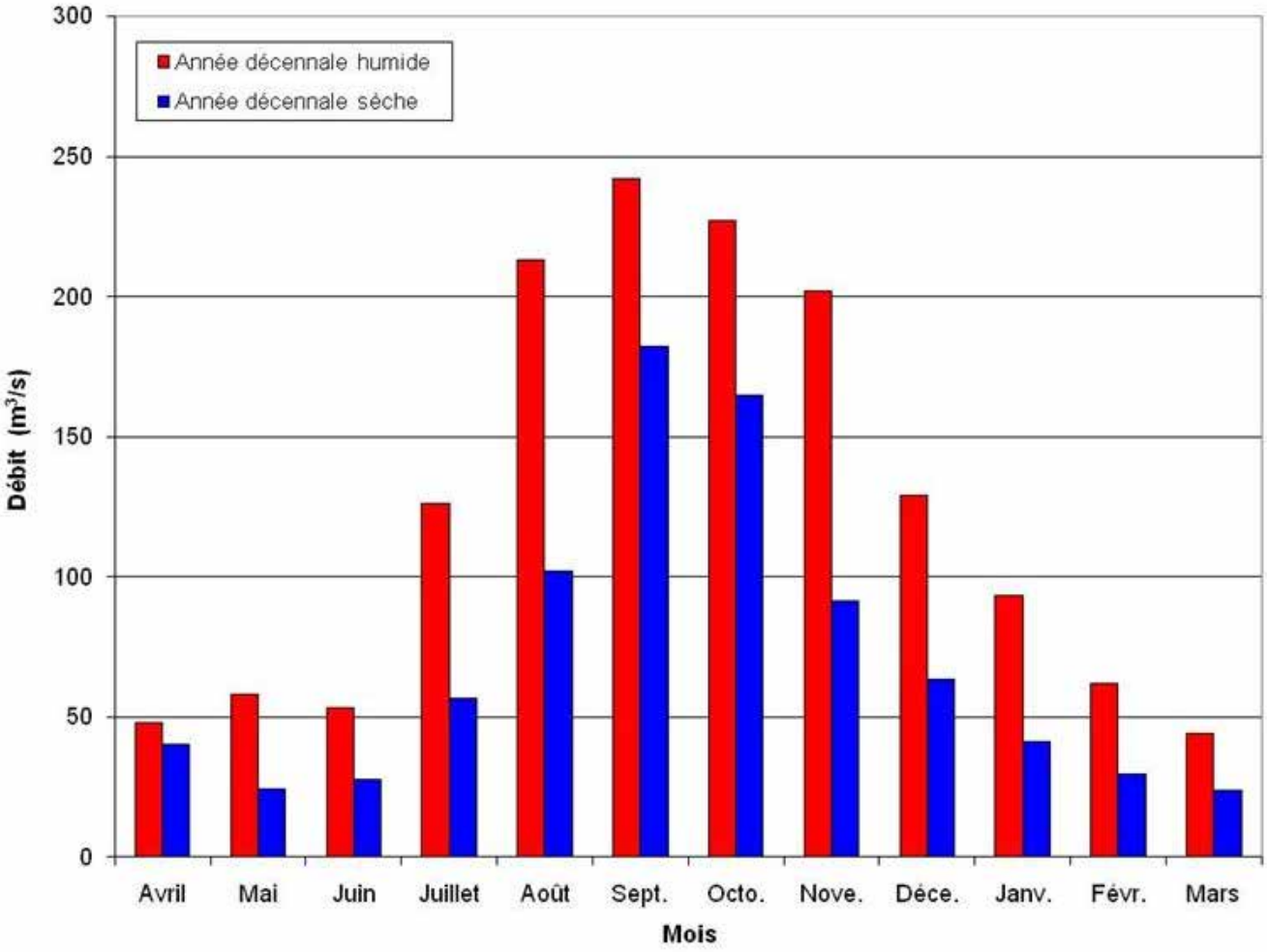


Figure 4-11
La Mpoko à Bossélé-Bali. Évolution des débits moyens mensuels
Année décennale sèche (1971/72). Année décennale humide (1960/61)

Tableau 4.3.8.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060702515 **Bossélé-Bali**
Rivière : Mpoko
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 10 460 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1957/58											
1958/59	32,2	32,5	37,1	47,7	57,1	76,4	133	174	207	243	246
1959/60	24,7	25,1	30,4	38,3	50,1	83,1	173	263	319	385	388
1960/61	37,6	38,3	40,5	44,3	51,8	108	184	256	302	353	361
1961/62	33,6	33,8	37,6	41,5	54,0	83,1	193	384	398	399	399
1962/63	36,8	37,1	40,9	45,9	54,2	74,0	126	213	241	267	268
1963/64	26,8	27,1	31,8	34,7	49,5	70,1	141	174	211	238	240
1964/65	24,0									225	226
1965/66										307	316
1966/67										380	390
1967/68	21,7	21,8	25,4	29,0	35,9	69,5	126	214	252	349	368
1968/69	20,6	20,7	24,9	27,7	48,8	72,1	137	180	204	232	239
1969/70	27,4	27,9	33,7	41,0	49,3	76,3	183	274	337	361	364
1970/71	29,5	29,5	32,6	35,8	45,2	75,2	179	251	294	312	317
1971/72	21,7	21,9	22,9	23,6	28,1	46,6	91,3	174	200	227	238
1972/73	8,77	8,77	10,2	13,9	20,0	30,4	53,8	96,5	111	147	149
1973/74	8,39	8,39	9,37	10,1	12,4	18,0	54,6	117	129	159	162
1974/75	8,39	8,53	9,56	11,8	16,1	26,9	74,5	139	152	175	180
1975/76										395	399

Le débit maximal instantané est de 399 m^3/s soit 38,2 l/s/km² (1961, 1975). L'étiage le plus sévère est de 8,39 m^3/s, soit 0,8 l/s/km² (1973, 1974).

Tableau 4.3.8.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Bossélé-Bali**

Rivière : Mpoko

Superficie du bassin versant : 10 460 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1958/59	95,0	286	1450	1164	19,7
1959/60	120	362	1535	1173	23,6
1960/61	125	377	1622	1245	23,2
1961/62	143	431	1507	1076	28,6
1962/63	98,5	297	1563	1266	19,0
1963/64	91,7	276	1538	1262	17,9
1964/65	*(79,5)*	240	1347	1107	17,8
1967/68	93,2	281	1564	1283	18,0
1968/69	91,7	276	1603	1327	17,2
1969/70	121	365	1657	1292	22,0
1970/71	116	350	1548	1198	22,6
1971/72	70,7	213	1345	1132	15,8
1972/73	42,4	128	1286	1158	10,0
1973/74	37,6	113	1281	1168	8,8
1974/75	50,5	152	1495	1343	10,2
1975/76	*(107)*	323	1441	1118	22,4

Les déficits d'écoulement varient entre 1 076 et 1 343 mm, valeurs tout à fait normales. Le coefficient d'écoulement varie entre 8,8 et 28,6 %.

4.3.9. - La Mpoko à Bangui (Bimbo)

Nous avons déjà signalé, au Chapitre 3, que cette station est influencée par le niveau de l'Oubangui et que par conséquent nous

avions eu des difficultés pour traiter la relation hauteur-débit. De plus la station est très mal observée. Aussi n'avons-nous que 10 modules annuels.

Par contre nous avons déterminé indirectement ces modules en utilisant les modules de l'Oubangui à Bangui et à Zinga, puisque le principal tributaire de l'Oubangui entre ces 2 stations est précisément la Mpoko. Nous avons tenu compte des apports de la Lessé (sur bassin carbonaté) et du bassin versant compris entre Bangui et Zinga (7 770 km²), lui aussi carbonaté.

Les résultats sont donnés par le tableau 4.3.9.1.

Tableau 4.3.9.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060702510 **Bangui**
Rivière : Mpoko
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 25 630 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1952/53													
1953/54			146	191	217	343	754						
1954/55												165	
1955/56	168	139	161	304	450	679	739	758	572	364	323	228	407
1956/57													
1957/58													
1958/59													
1959/60													
1960/61													
1961/62													
1962/63					307	412	520	499	278	307	172	165	
1963/64	163	125	239	273	497	558	456	489	302	183	140	125	296
1964/65	112	99	146	440	639	291	144	137	*(535)*	*(237)*			*(255)*
1965/66													
1966/67			221	220	469	647	631	655	413	236	156	135	*(334)*
1967/68	122	98,3	177	271	359	488	523	409	251	172	125	114	259
1968/69	92,9	106	160	273	435	426	441	436	327	175	94,8	141	259
1969/70	131	138	217	318	463	623	804	563	362	247	199	166	353
1970/71	127	146	173	272	431	618	761	551	372	255	162	133	333
1971/72	130	91,6	83,4	129	205	154	366	255	110	64,9	34,5	32,0	138
1972/73	35,9	9,12	63,4	115	251	277	361	352	129				*(145)*
1973/74													
1974/75										62,6	35,0	19,6	
1975/76			52,1	112	367	567	769	492	304				
Moy.	**120**	**106**	**153**	**243**	**392**	**468**	**559**	**466**	**330**	**209**	**144**	**129**	*(278)*

Tableau 4.3.9.2 - Calcul des modules de la Mpoko par le bilan hydrologique

Année	Module à Zinga	Module à Bangui	Diff. Zinga-Bangui	Apports Bassin versant entre Mpoko et Zinga				*Module de la Mpoko*
				Pluvio.	Coeff.	L. équiv.	Débit	
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(mm)	(%)	(mm)	(m^3/s)	(m^3/s)
1953/54	3580	3430	150	1417	8,0	113	28	*122*
1954/55	4300	4030	270	1518	8,2	124	30	*240*
1956/57	4480	4260	220	1597	8,3	133	32	*188*
1959/60	4410	4110	300	1670	8,4	140	34	*266*
1966/67	5020	4690	330	1986	8,8	175	43	*287*
1967/68	4280	4020	260	1597	8,3	133	32	*228*
1968/69	4960	4670	290	1758	8,5	149	37	*253*
1969/70	6490	6070	420	1822	8,6	157	39	*381*
1970/71	4530	4300	230	1399	7,9	111	27	*203*
1971/72	3110	2890	220	1532	8,4	129	32	*188*
1972/73	3510	3320	190	1350	7,8	105	26	*164*
1973/74	2870	2750	120	1497	8,1	121	30	*90*
1974/75	4140	3900	240	1536	8,4	129	32	*208*

Pour les 5 années communes aux deux méthodes, les modules annuels sont :

Années	Modules		Ecart	
	mesurés	bilan		
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(%)
1967/68	259	228	-31	14
1968/69	259	253	-6	2
1969/70	353	381	28	7
1970/71	333	203	-130	64
1971/72	138	188	50	27

Les résultats sont décevants pour les années 1970-1971 et 1971-1972.

C'est tout à fait normal : les débits obtenus par la différence entre modules de 2 stations dont les moyennes sont respectivement 3 980 et 4 330 m^3/s ne peuvent pas être précis. Il suffit d'un écart de 2 à 3 % sur l'un des 2 modules pour conduire à une erreur importante sur la différence qui n'est que de 10 % de la valeur de l'un ou l'autre module. Mais la station est si proche de l'Oubangui qu'il fallait un autre mode d'estimation que la simple lecture de l'échelle de Bimbo.

En utilisant les modules calculés par le bilan, nous arrivons à un module interannuel de 222 m^3/s tandis que les mesures donnent 278 m^3/s (10,9 l/s/km²). Si nous nous référons aux valeurs du bilan, complétées par les mesures des années 1955-1956 et 1963-1964, nous obtenons un module interannuel de 235 m^3/s, soit 9,2 l/s/km².

Le débit maximal mesuré serait de 1 170 m^3/s (soit 45,7 l/s/km²), en 1969, tandis que le plus faible est de 27,2 m^3/s (soit 1,1 l/s/km²) en 1972. Mais il manque les étiages de 1973 et de 1974.

Tableau 4.3.9.3 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m^3/s)

Station : 1060702510 **Bangui**

Rivière : Mpoko

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 25 630 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1953/54											
1954/55											
1955/56	124	125	135	144	183	361	604	798	855	916	929
1956/57											
1957/58											
1958/59											
1959/60											
1960/61											
1961/62											
1962/63										598	622
1963/64	72,2	80,2	108	124	149	262	423	579	668	795	817
1964/65	78,4	79,9								669	672
1965/66											
1966/67										784	788
1967/68	77,5	78,9	88,5	106	125	218	375	515	547	581	586
1968/69	72,8	72,9	77,9	87,1	113	234	408	466	491	555	557
1969/70	63,7	64,9	82,0	115	192	254	478	683	893	1170	1170
1970/71	101	102	108	120	157	258	460	697	885	936	937
1971/72	27,2	27,2	28,0	30,0	65,1	103	163	343	390	477	489
1972/73										448	456
1973/74											
1974/75											
1975/76										1110	1120

Les déficits d'écoulement ont été calculés dans les 2 cas de figures.

Tableau 4.3.9.4 - Déficit et coefficient d'écoulement, à partir des mesures de débit

Station : **Bangui**

Rivière : Mpoko

Superficie du bassin versant : 25 630 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1955/56	407	501	1742	1241	28,8
1963/64	296	364	1422	1058	25,6
1964/65	*(255)*	314	1355	1041	23,2
1966/67	*(334)*	411	1735	1324	23,7
1967/68	259	319	1597	1278	20,0
1968/69	259	319	1758	1439	18,1
1969/70	353	434	1822	1388	23,8
1970/71	333	410	1399	989	29,3
1971/72	138	170	1532	1362	11,1
1972/73	*(145)*	178	1312	1134	13,6

Tableau 4.3.9.5 - Déficit et coefficient d'écoulement à partir de modules calculés par le bilan hydrologique

Station : **Bangui**

Rivière : Mpoko

Superficie du bassin versant : 25 630 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1953/54	122	150	1495	1345	10,0
1954/55	240	295	1642	1347	18,0
1956/57	188	231	1514	1283	15,3
1959/60	266	327	1535	1208	21,3
1966/67	287	353	1735	1382	20,3
1967/68	228	281	1524	1243	18,4
1968/69	253	311	1552	1241	20,0
1969/70	381	469	1596	1127	29,4
1970/71	203	250	1505	1255	16,6
1971/72	188	231	1392	1161	16,6
1972/73	164	202	1312	1110	15,4
1973/74	90	111	1327	1216	8,4
1974/75	208	256	1485	1229	17,2

Nous arrivons à des valeurs assez plausibles, surtout en utilisant les valeurs données par le bilan hydrologique. L'année 1973-1974 a un coefficient d'écoulement nettement plus faible que pour les années précédentes (8,4 %) : c'est probablement en raison de la sécheresse.

Enfin comparons les modules de la Mpoko à Bossélé-Bali (ou plus exactement au confluent Mpoko-Pama) et à Bangui. Entre Bossélé-Bali et le confluent avec la Pama, le bassin versant n'est que de 271 km², ce qui représenterait un apport supplémentaire de 1 m³/s. Le tableau 4.3.9.6 montre que la Pama a un débit double de la Mpoko à son confluent, ce qui avait été déjà évoqué par Y. Boulvert (1987).

Tableau 4.3.9.6 - Débits de la Pama et de la Mpoko

Année	Bossélé -Bali (m^3/s)	Bangui (Bimbo) (m^3/s)	Pama (%)	Mpoko (%)
1959/60	120	266	55	45
1967/68	94	228	59	41
1968/69	93	253	63	37
1969/70	122	381	68	32
1970/71	117	203	42	58
1971/72	72	188	62	38
1972/73	43	164	74	26
1973/74	39	90	57	43
1974/75	52	208	75	25
Moy.			*63*	*37*

4.3.10. - La Lessé à Bombé

Les premiers débits observés à cette station datent de juin 1958. 11 modules annuels ont pu être déterminés.

Le module interannuel est de 5,52 m^3/s, soit un module spécifique de 4,3 l/s/km².

Tableau 4.3.10.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060703905 **Bombé**

Rivière : Lessé

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 1 300 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1958/59			4,37	3,89	3,93	4,58	5,72	6,66	5,17	3,82	3,09	2,56	
1959/60	2,31	3,34	4,06	5,13	7,13	10,1	10,5	10,8	7,11	4,12	3,59	3,56	5,98
1960/61	3,48	2,84	4,24	3,84	6,93	11,7	11,0	9,32	5,00	4,48	3,62	2,11	5,71
1961/62	2,91	4,55											
1962/63	2,78	3,10	4,32	4,71	6,39	7,64	7,63	6,29	5,14	3,51	2,70	2,42	4,72
1963/64	2,67	3,70	4,28	5,64	8,79	9,66	8,16	7,87	3,86	3,04	2,22	1,74	5,14
1964/65	2,25	2,33	3,81	4,76	4,56	7,20	11,6	8,91	4,78	3,36	2,70	2,40	4,89
1965/66												1,51	
1966/67		2,93	4,70			11,2	11,1	11,9	6,83	3,95	3,24	2,37	
1967/68	1,46	1,66	5,95	9,64	8,19	10,9	11,2	8,76	4,94	4,06	2,64	2,64	6,00
1968/69	2,26	2,56	3,87	7,71	11,3	12,2	11,2	10,7	8,23	4,89	3,52	4,40	6,90
1969/70	4,97	5,33	8,80	7,80	9,90	11,8	13,0	9,72	5,89	4,09	3,09	2,63	7,25
1970/71	3,21	4,25	4,72	5,35	9,32	9,45	11,3	7,76	5,43	4,71			*(5,95)*
1971/72				3,21	4,34	6,52	7,85	4,49	3,02	2,25	1,78	1,81	
1972/73	2,45	1,79	2,03			8,02	12,5	9,33	4,49	3,08	2,41	2,13	
1973/74	1,85	2,24	2,42	2,18	7,95	9,18	10,6	5,70	2,74	2,17	1,70	1,66	4,20
1974/75	1,50	2,00	2,51	3,26	3,13	9,41	7,88	8,68	2,91	2,35	2,22	2,12	4,00
1975/76	2,03	2,45	2,40	3,03	14,8	26,1	31,9						
Moy.	**2,58**	**3,00**	**4,17**	**5,01**	**7,62**	**10,4**	**11,4**	**8,46**	**5,04**	**3,59**	**2,75**	**2,40**	***(5,52)***

Tableau 4.3.10.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060703905 **Bombé**

Rivière : Lessé

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 1 300 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1958/59										9,18	9,76
1959/60	1,35	1,46	1,93	2,48	3,57	4,65	8,87	11,1	12,3	13,6	14,2
1960/61	1,35	1,36	1,66	2,44	3,36	4,45	7,18	11,3	13,0	14,1	14,4
1961/62											
1962/63	1,82	1,84	2,19	2,40	3,04	4,54	6,33	7,63	8,49	8,86	8,89
1963/64	1,35	1,41	1,60	1,88	2,86	4,45	7,78	9,66	11,0	13,4	13,4
1964/65	1,53	1,57	1,82	2,12	2,70	4,07	5,86	10,9	12,3	13,1	13,1
1965/66											
1966/67											
1967/68	1,07	1,09	1,32	1,54	2,63	5,06	9,75	11,2	11,6	12,9	13,2
1968/69	1,82	1,90	2,01	2,19	3,38	6,22	10,6	12,4	13,7	15,5	15,6
1969/70	2,31	2,33	2,45	2,81	4,14	6,74	10,3	12,9	13,7	14,3	14,3
1970/71										12,8	12,8
1971/72										9,75	9,78
1972/73	1,40	1,45								14,3	14,4
1973/74	1,00	1,07	1,54	1,63	1,90	2,34	6,53	10,4	11,1	11,9	12,0
1974/75	1,36	1,36								12,5	12,8
1975/76										14,1	14,2

Le plus fort débit de crue est de 15,6 m^3/s, en 1968, (soit 12,0 l/s/km²) tandis que le plus faible est de 1,00 m^3/s (soit 0,8 l/s/km²) en 1974.

Tableau 4.3.10.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Bombé**

Rivière : Lessé

Superficie du bassin versant : 1 300 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1959/60	5,98	145	1827	1682	7,9
1960/61	5,71	138	1591	1453	8,7
1962/63	4,72	114	1548	1434	7,4
1963/64	5,14	125	1569	1444	8,0
1964/65	4,89	119	1746	1627	6,8
1967/68	6,00	146	1717	1572	8,5
1968/69	6,90	167	1812	1645	9,2
1969/70	7,25	176	1799	1623	9,8
1970/71	*(5.95)*	144	1482	1338	9,7
1973/74	4,20	102	1620	1518	6,3
1974/75	4,00	97	1586	1489	6,1

Le bassin versant étant situé sous forêt équatoriale, le coefficient d'écoulement est faible : il varie de 6,8 à 9,8 %.

De ce fait le déficit d'écoulement varie de 1 338 à 1 682 mm. Ces valeurs sont fortes et peuvent s'expliquer :

- soit par des débits manifestement sous-estimés. Ceci pourrait provenir d'erreurs sur les mesures hydrométriques (hauteur d'eau, étalonnage) ou alors par des pertes souterraines, le bassin étant situé sur des calcaires pouvant être fissurés en amont de la station et encore davantage en aval ;
- soit, ce qui est plus probable et conforme à ce qui est observé en forêt amazonienne, par une ETP sous forêt équatoriale nettement supérieure à ce que l'on rencontre en zone tropicale et une ETR pratiquement identique à l'ETP.

N'oublions pas que ce bassin versant repose, en majeure partie, sur des formations carbonatées.

4.3.11. - La Mbali à Boali

4.3.11.1. - Station de Boali-Poste

La station est observée depuis 1948 mais nous ne disposons que de relevés fractionnaires ou inexploitables parce que faux.

10 modules ont été déterminés et le module interannuel serait de 70,3 m^3/s, soit 15,3 l/s/km².

Tableau 4.3.11.1.1 Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060704603 **Boali-Poste**
Rivière : Mbali
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 4 596 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1948/49						127	141	121	73,3	53,6	38,5	31,1	
1949/50	29,3	22,6	38,0	48,3	54,7	122	124	81,7	51,5	37,2	28,9	26,1	55,4
1950/51	24,7	19,9	24,3	53,5	107	161	196	132	74,7	56,1	41,0	37,9	77,3
1951/52	26,8	22,0	28,7	31,9	75,0	105	122	101	58,8	44,0	34,4	23,8	56,1
1952/53	20,7	25,2	22,9	34,9	96,1	119	121	87,8	55,7	42,4	33,3	27,3	57,2
1953/54	20,9	24,0	37,0	48,3	61,3	111	111	100	58,1	43,6	39,1	28,7	56,9
1954/55	22,2	25,0	39,2	56,8	84,2	125	140	116	71,1	45,4	41,1	36,6	66,9
1955/56	36,4	27,1	30,8		118	179	220	150	86,5				
1956/57										52,0	34,1	27,4	
1957/58	26,3				88,2	143	138	118	82,5				
1958/59										50,7	37,8	26,2	
1959/60	23,7	31,1	29,9	70,4	97,1					63,0	39,5	35,4	
1960/61	34,3	35,0	36,9	52,7	69,3		142	96,1	89,8			37,5	
1961/62	52,0	71,3	81,9	79,8	120	138	191	292		159,0	109,0	72,3	*(130)*
1962/63	52,2	43,9	53,7	61,3	71,7	92,2	105	126	102	55,6	36,2	39,3	69,9
1963/64	33,0	63,6	90,8	96,2	118	159			67,2	81,4	39,4	30,7	
1964/65	27,9	25,1	29,0	120	179						35,3	33,8	
1965/66	30,8	26,6											
1966/67			42,9			136	135	142	84,3	59,8	47,0	35,7	
1967/68	25,9	25,9	40,4	64,8	90,4	136	130	91,7	61,8	48,4	35,6	34,8	65,5
1968/69	27,7	28,5	37,3	50,3	112	124	115	105	94,4			48,6	*(71)*
1969/70	39,7	31,3	27,8	56,5	96,3	145	188	140	81,4				
Moy.	**30,8**	**32,2**	**40,7**	**61,7**	**96,4**	**133**	**145**	**125**	**74,6**	**59,5**	**41,9**	**35,2**	***(70,3)***

Tableau 4.3.11.1.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060704603 **Boali-Poste**
Rivière : Mbali
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 4 596 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1948/49										146	147
1949/50	15,7	15,8	18,9	21,7	31,1	43,6	69,5	124	134	164	164
1950/51	17,1	17,2	17,9	19,4	35,0	56,4	117	188	205	209	210
1951/52	16,4	16,6	19,3	21,9	27,0	41,2	86,9	119	127	131	132
1952/53	16,4	16,4	18,2	20,4	26,3	39,9	87,0	121	136	147	147
1953/54	16,4	16,4	18,2	20,3	31,0	46,6	79,2	115	120	132	132
1954/55	17,9	18,0	19,9	22,1	36,4	50,0	92,1	138	147	155	157
1955/56										232	234
1956/57											
1957/58										158	159
1958/59											
1959/60	20,1	21,7									
1960/61	32,8	32,8									
1961/62	33,1	33,5								329	330
1962/63	14,6	18,2	29,1	33,3	43,4	64,7	93,7	124	128	130	130
1963/64	25,5	27,7									
1964/65	18,2	19,0									
1965/66											
1966/67										174	176
1967/68	20,4	20,8	22,6	24,8	33,5	54,4	87,4	133	140	160	161
1968/69	22,6	22,8								132	133
1969/70	23,7	24,3								211	212

Le plus fort débit observé a été, en 1961, de 330 m^3/s (soit 71,8 l/s/km²) et le plus faible de 14,6 m^3/s (3,2 l/s/km²) en 1963.

4.3.11.2. - Station de Boali-Usine (appelée également Boali-ICOT)

La série est pratiquement complète de 1964 (date du début des observations) à fin 1989, donc sur une période bien différente (5 années communes de bonne qualité) ce qui interdit de comparer les modules sans homogénéisation préalable (ce qui a été fait au Chapitre suivant).

23 modules annuels ont été calculés et le module interannuel ne s'élève qu'à 49,3 m^3/s soit un module spécifique de 11,2 l/s/km².

Il resterait à vérifier si cette station mesure toujours la totalité des débits de la Mbali, après la construction (à partir de 1976), puis la mise en service de la centrale hydroélectrique Boali II. Il n'a pas été possible de vérifier si la restitution des volumes turbinés se fait en amont ou en aval de la station. Dans le cas d'une restitution en aval, le débit turbiné – échappant à la section de jaugeage – serait au maximum de 18 m^3/s. Comme l'examen des tableaux 4.3.11.2.1, 4.3.11.2.2 et 4.3.11.4.1 ne montre aucune anomalie à partir de 1976, nous admettrons que la restitution de Boali II se fait en amont de la station. Durant cette période 1976-1990, lorsque tout le débit de la Mbali est dérivé pour être turbiné, les débits de basses eaux sont issus des archives de l'*ENERCA* (gestionnaire des centrales de Boali I et II).

Tableau 4.3.11.2.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060704604 **Boali-ICOT**

Rivière : Mbali

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 4 410 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1964/65	34,1	24,1	26,7	50,3	47,1	90,1	102	83,7	56	40,9	32,0	31,7	51,6
1965/66	27,2	22,4	22,7	33,3	66,0	109	115	78,0	51,2	37,1	26,8	21,4	50,8
1966/67	23,9	27,5	38,3	39,6	80,1	124	120	127	78,2	55,8	43,2	32,7	65,9
1967/68	22,9	23,1	36,7	59,4	81,8	122	120	86,2	57,3	44,6	33,0	30,5	59,8
1968/69	25,1	26,4	32,4	47,2	99,0	114	104	100	68,8	49,5	38,0	43,4	62,3
1969/70	30,4	28,8	25,0	52,0	80,3	124	163	128	80,4	57,0	42,5	38,2	70,8
1970/71	33,1	33,1	31,9	51,4	97,5	130	114	93,3	60,8	44,8	33,8	27,8	62,6
1971/72	23,4	16,5	17,0	36,2	48,2	76,3	82,6	51,1	42,6	28,3	19,0	17,0	38,2
1972/73	16,9	11,5	23,2	30,0	53,9	63,6	70,0	47,6	31,2	23,7	16,2	10,2	33,2
1973/74	11,3	10,4	9,9	15,5	72,5	81,7	62,3	42,9	28,3	18,8	11,4	11,6	31,4
1974/75	10,8	15,2	15,4	19,4	48,6	95,2	97,1	75,0	43,9	31,1	25,3	22,8	41,7
1975/76	16,9	16,2	20,5	30,3	76,7	93,4	155	92,2	54,7	67,7	29,1	27,8	56,7
1976/77	25,7	19,4	26,9	69,3	69,3	117	102	66,2	48,9	34,1	26,5	18,8	52,0
1977/78	20,2	18,3	30,7	69,7	108	121	99,1	55,3	36,8	25,6	17,8	13,0	51,3
1978/79	17,1	17,8	21,9	32,4	62,7	79,6	107	80,4	37,9	27,7	19,8	14,5	43,2
1979/80	13,3	20,7	18,9	25,6	98,7	140	102	78,4	38,3	27,0	17,9	14,8	49,6
1980/81	14,3	22,4	50,1	77,8	106	94,9	136	100	49,3	31,5	18,4	16,5	59,8
1981/82	11,5	22,3	24,1	41,4	87,5	178	123	69,1	36,3	30,2	18,0	16,3	54,8
1982/83	13,0	21,9	42,5	54,8	104	102	92,4	48,4	29	17,5	10,7	5,31	45,1
1983/84	5,88	15,4	27,7	81,9	81,8	98	91,7	58,8	33,5	20,0	11,4	9,62	44,6
1984/85	10,1	15,1	19,5	47,1	43,8	70,9	44,7	26,5					
1985/86				38,4	85,5	91,6	70,5	73,5	30,8	17,9	12,8	8,35	
1986/87	4,38	10,6	10,5	61,3	73,6	103	99,2	38,2	20,5	12,6	7,38	7,21	37,4
1987/88	11,3	4,25	25,1	28,2	42,8	56,6	44,2	16,2	10,5	4,82	2,30	1,62	20,7
1988/89	4,81	11,5	52,4	65,8	57,7	140	131	56,8	32,1	19,7	13,2	9,04	49,5
1989/90	4,83	18,1	30,0	36,8	101	143	99,2	43,3	24,6				
Moy.	**17,3**	**18,9**	**27,2**	**46,0**	**75,9**	**106**	**102**	**69,9**	**43,3**	**32,0**	**21,9**	**18,8**	**49,3**

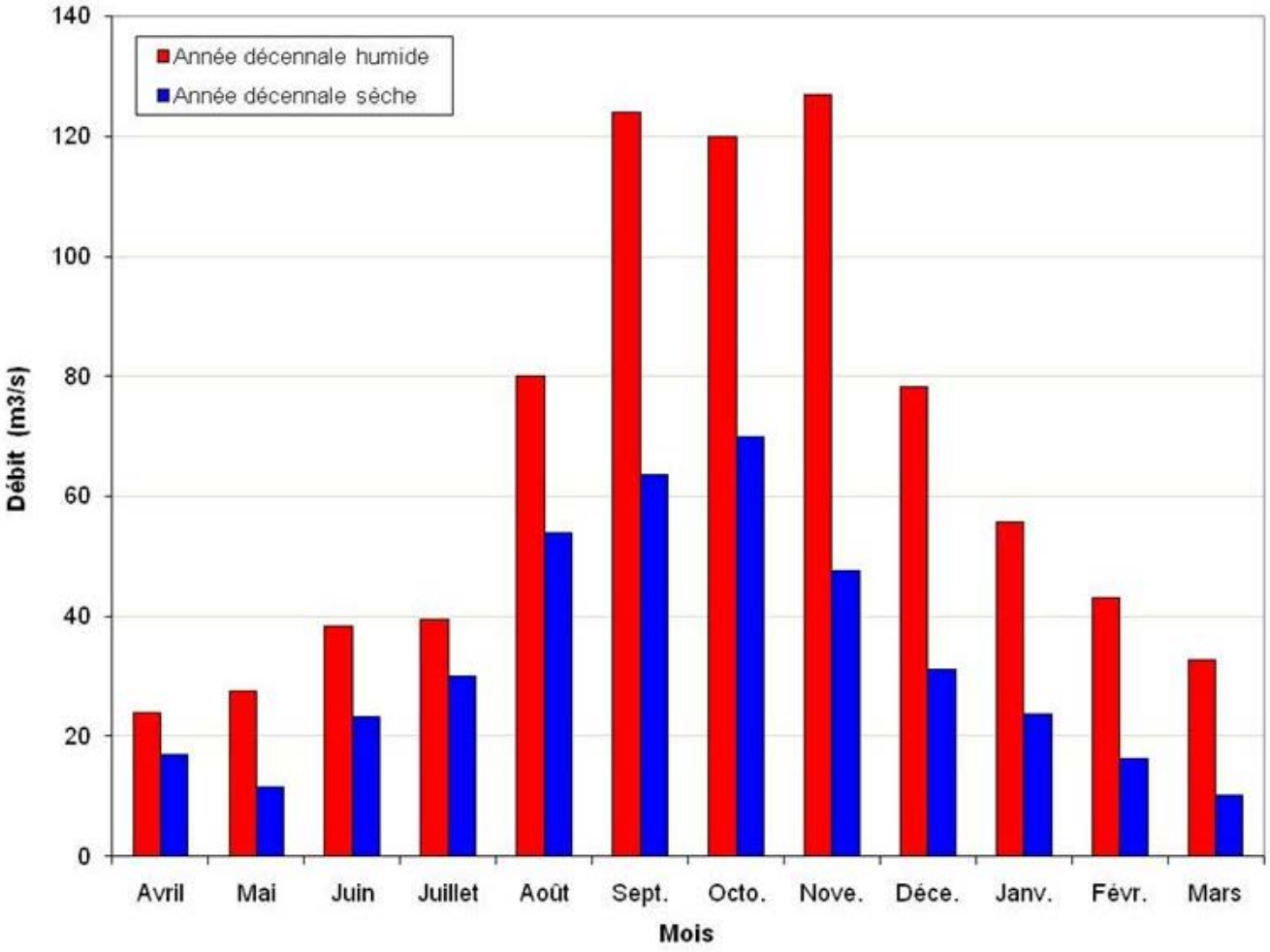


Figure 12
La Mbali à Boali-ICOT. Évolution des débits moyens mensuels
Année décennale sèche (1972/73). Année décennale humide (1966/67)

Tableau 4.3.11.2.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060704604 **Boali-ICOT**
Rivière : Mbali
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 4 410 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1964/65	18,3	18,4	22,5	24,7	30,7	39,6	69,5	100	111	114	114
1965/66	15,0	15,5	17,0	19,0	25,1	35,8	69,8	113	126	138	141
1966/67	17,0	17,1	21,1	24,1	34,8	50,2	105	130	139	152	154
1967/68	17,0	17,4	19,2	22,7	30,7	49,2	81,1	122	127	139	141
1968/69	19,9	19,9	20,8	23,8	35,7	50,0	96,1	113	119	123	127
1969/70	19,9	20,6	23,6	25,2	34,5	54,0	92,5	146	174	204	209
1970/71	24,3	24,4	26,0	27,8	32,5	46,0	92,4	121	133	146	149
1971/72	13,6	13,6	14,8	15,8	18,3	30,2	51,6	78,3	91,0	99,1	100
1972/73	7,94	7,94	8,73	10,2	16,4	27,8	49,1	70,2	76,6	84,9	85,7
1973/74	4,40	4,80	7,41	8,68	11,1	17,7	50,9	78,7	104	119	123
1974/75	6,52	7,36	8,55	10,4	17,9	27,8	63,1	96,5	104	122	125
1975/76	12,2	12,2	13,6	15,5	22,9	38,5	86,3	119	174	224	228
1976/77	14,3	14,5	15,5	18,3	24,5	38,1	72,1	111	123	139	143
1977/78	8,87	8,87	10,9	15,1	19,5	32,9	92,2	113	138	147	154
1978/79	8,38	8,44	10,9	13,0	18,5	29,2	61,3	102	120	139	139
1979/80	10,4	10,6	11,3	12,4	17,1	28,1	83,4	126	139	181	183
1980/81	8,38	8,44	10,6	14,2	21,1	48,8	91,4	131	145	151	152
1981/82	7,88	8,07	9,36	14,0	18,5	33,2	83,1	159	195	218	219
1982/83	3,93	3,93	4,34	8,32	14,4	31,7	72,5	111	131	143	144
1983/84	1,92	1,95	3,52	6,41	10,8	33,9	82,4	98,9	108	116	123
1984/85										96,3	97,6
1985/86										126	130
1986/87	1,40	1,66	2,64	3,98	7,33	17,4	65,7	104	142	167	168
1987/88	1,00	1,01	1,22	1,73	4,03	14,3	31,5	57,4	67,3	77,9	79,3
1988/89	0,680	0,710	1,07	7,25	12,8	30,0	84,2	137	161	205	209
1989/90										226	226

La crue la plus importante a été de 228 m^3/s, en 1975, (soit 51,7 l/s/km²) mais 1961 n'a pas été observé. Le plus faible débit n'était que de 0,680 m^3/s, en 1988, soit 0,2 l/s/km². Là aussi aucune comparaison directe n'est possible entre les 2 stations par manque de période commune d'observation.

4.3.11.3. Essai de synthèse entre les deux stations

Entre 1964 et 1969, les débits ont été mesurés aux 2 stations et nous disposons de 48 valeurs moyennes mensuelles communes. Abstraction faite des relevés d'avril, juillet et août 1964, qui paraissent totalement faux à Boali-Poste, le rapport mensuel entre les débits à ces 2 stations est remarquablement stable, que ce soit en étiage comme en période de crues.

Tableau 4.3.11.3.1 - Rapport des débits de la Mbali entre Boali-Poste et Boali-ICOT (Q Boali-Poste / Q Boali-ICOT)

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1964/65	0,82	1,04	1,09	2,39	3,80	1,10	1,07						
1965/66	1,13	1,10											
1966/67			1,12			1,10	1,13	1,12	1,08	1,07	1,09	1,09	
1967/68	1,13	1,12	1,09	1,09	1,11	1,11	1,08	1,06	1,08	1,09	1,08	1,14	1,10
1968/69	1,10	1,08	1,15	1,07	1,13	1,09	1,11	1,05	1,37		1,12		
1969/70	1,31	1,09	1,11	1,09	1,20	1,17	1,15	1,09	1,01				
Moy.	*1,17*	*1,10*	*1,12*	*1,08*	*1,15*	*1,12*	*1,12*	*1,08*	*1,14*	*1,08*	*1,09*	*1,11*	*1,11*

La valeur moyenne de ce rapport est de l'ordre de 1,11 avec un débit supérieur à Boali-Poste, située en aval de Boali-ICOT. La différence de superficie entre les 2 stations est faible : 186 km². Ce qui, ramené aux 4 410 km² de Boali-ICOT, donne une

augmentation de superficie de 4 % seulement.

En admettant le même coefficient d'écoulement pour le bassin versant à ICOT, tout comme pour les 186 km² séparant les deux stations, il resterait quand même à expliquer le surcroît de débit à Boali-Poste :

- première hypothèse :

  Sur les 186 km² séparant ICOT de Poste, le coefficient d'écoulement serait 3 fois plus fort qu'en amont du bassin : il devrait alors être de l'ordre de 60 % alors que la logique impliquerait une valeur proche de 15 % (et même moins) car nous sommes dans la partie aval du bassin, moins pentue ;

- seconde hypothèse :

  Il y aurait une erreur dans la relation hauteur-débit à Boali-Poste ou à Boali-ICOT, toujours dans le même sens et toujours avec la même valeur (11 %) sur toute l'étendue de la relation. Ceci paraît difficilement acceptable mais demeure plausible ;

- troisième hypothèse :

  Il y a des pertes dans le sous-sol en amont d'ICOT, avec résurgence avant Boali-Poste.

Cette troisième hypothèse paraît le plus vraisemblable :

- déjà P. Darnault cite ce phénomène dans son rapport *Mission de prospection des forces hydrauliques de l'Afrique équatoriale française*, en 1931 (document cité par Y. Boulvert) ;
- en 1930, l'Administrateur M. Jacoulet signalait la perte de la Bali : *elle disparaît complètement. Pendant deux cents mètres, elle s'est frayé un passage sur les rochers qui forment ainsi un pont naturel. Par endroit, il existe des trous profonds de plus de six mètres* (Jacoulet, 1930; Boulvert, 1987) ;
- cette hypothèse avait été émise, vers 1970, par un ingénieur de la *Société Équatoriale d'Énergie Électrique* (aujourd'hui *ENERCA*) qui s'occupait de l'usine hydroélectrique de Boali et qui l'avait signalé à J. Callède en lui demandant comment faire pour la vérifier ;
- ceci n'étonne pas Y. Boulvert, car *le piémont des chutes de Boali repose sur un crypto-karst* (Boulvert, 1986).

Notons que, lors de la réalisation du barrage de Boali III (Coyne et Bellier, 1990), un voile d'injection de 20 à 30 m de profondeur a été établi au centre du barrage.

Néanmoins cette hypothèse, pour toute séduisante qu'elle soit, impliquerait que l'on décèle une résurgence de cette eau. Or une résurgence, qui serait de l'ordre de 4 m^3/s en valeur moyenne, doit se traduire par des bouillonnements bien visibles à l'œil nu. Et rien n'a été encore vu ; mais la résurgence n'est pas forcément visible si l'eau ressort sous les chutes ou dans les rapides.

4.3.11.4. Déficits d'écoulement

Le tableau 4.3.11.4.1 donne les résultats du calcul du déficit d'écoulement et du coefficient d'écoulement.

Pour la période 1949/1963, nous avons utilisé les modules mesurés à Boali-Poste, mais minorés de 11 %.

Tableau 4.3.11.4.1 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Boali**
Rivière : Mbali
Superficie du bassin versant : 4 410 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1949/50	49,3	353	1571	1218	22,4
1950/51	68,8	492	1673	1181	29,4
1951/52	49,9	357	1589	1232	22,5
1952/53	50,9	364	1429	1065	25,5
1953/54	50,6	362	1510	1148	24,0
1954/55	59,5	426	1748	1322	24,4
1962/63	62,2	445	1521	1076	29,2
1964/65	51,6	369	1362	993	27,1
1965/66	50,8	363	1763	1400	20,6
1966/67	65,9	471	1925	1454	24,5
1967/68	59,8	428	1630	1202	26,3
1968/69	62,3	446	1601	1155	27,9
1969/70	70,8	506	1574	1068	32,1
1970/71	62,6	448	1501	1053	29,8
1971/72	38,2	273	1408	1135	19,4
1972/73	33,2	237	1416	1179	16,7
1973/74	31,4	225	1341	1116	16,8
1974/75	41,7	298	1491	1193	20,0
1975/76	56,7	405	1453	1048	27,9
1976/77	52,0	372	1643	1271	22,6
1977/78	51,3	367	1447	1080	25,4
1978/79	43,2	309	1387	1078	22,3
1979/80	49,6	355	1590	1235	22,3
1980/81	59,8	428	1638	1210	26,1
1981/82	54,8	392	1453	1061	27,0
1982/83	45,1	323	1508	1185	21,4
1983/84	44,6	319	1593	1274	20,0
1986/87	37,4	267	1141	874	23,4
1987/88	20,7	148	1339	1191	11,1
1988/89	49,5	354	1630	1276	21,7

1 454 mm tandis que le coefficient d'écoulement va de 11,1 à 32,1 %.

4.3.12. - La Lobaye à Zaoro-Yanga

Cette station n'a que des relevés très fractionnaires depuis 1957. Ceci est dû, en grande partie, aux difficultés techniques pour se rendre sur la station et au manque d'observateur consciencieux.

Aussi il n'a pu être calculé qu'un seul et unique module. Il est de 74,4 m^3/s, ce qui correspond à un débit spécifique de 14,1 l/s/km².

Tableau 4.3.12.1 - Débits moyens mensuels et annuel (en m^3/s)

Station : 1060702026 **Zaoro-Yanga**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 5 280 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1957/58							86,1	81,9	61,0				
1958/59				45,1	64,8	73,3	91,4	86,4	64,0	52,5	45,5	41,1	
1959/60	42,9	49,1	45,9	79,5	84,8	111	148	109	76,2	39,0	50,4	57,5	74,4
1960/61													
1961/62													
1962/63													
1963/64													
1964/65													
1965/66													
1966/67											36,5	36,2	
1967/68	36,8	37,7	45,1	54,8	72,7			82,3	45,1				
1968/69													
1969/70													
1970/71													
1971/72													
1972/73										45,3	41,5	35,7	
1973/74													
Moy.	**39,9**	**43,4**	**45,5**	**59,8**	**74,1**	**92,2**	**109**	**89,9**	**61,6**	**45,6**	**43,5**	**42,6**	***(74,4)***

Tableau **4.3.12.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)**

Station : 1060702026 **Zaoro-Yanga**

Rivière : Lobaye

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 5 280 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1957/58											
1958/59										104	104
1959/60	37,2	37,3	37,9	39,5	46,0	60,5	95,2	142	150	154	155
1960/61											
1961/62											
1962/63											
1963/64											
1964/65											
1965/66											
1966/67	31,7	32,4									
1967/68											
1968/69											
1969/70											
1970/71											
1971/72											
1972/73											
1973/74											

Le plus fort débit serait, en 1957, de 155 m^3/s (soit 29,4 l/s/km²) tandis que le plus faible est de 31,7 m^3/s (soit 6,0 l/s/km²), en 1967, ce qui ne veut pas dire grand chose.

Tableau 4.3.12.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Zaoro-Yanga**
Rivière : Lobaye
Superficie du bassin versant : 5 280 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1959/60	74,4	444	1672	1228	26,6

L'unique calcul du déficit d'écoulement le donne à 1 228 mm tandis que le coefficient d'écoulement est de 26,6 %.

4.3.13. - La Lobaye à Kédingué-Yawa

Observée également depuis 1957, la station présente passablement de lacunes d'observation (ou d'observations fausses) pour qu'il n'y soit calculé que 13 modules annuels, 7 ayant pu être reconstitués.

Le module interannuel ressort à 133 m^3/s soit un module spécifique de 11,9 l/s/km².

Tableau 4.3.13.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060702012 **Kédingué-Yawa**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 11 170 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1957/58							186	186	148	121	100	97,0	
1958/59	105	116	111	107	136	155	192	192	142	117	96,9	85,2	130
1959/60	101	112	102	156	181	240	256	229	175	136	107	100	158
1960/61	108	103	110	108	128	191	254	239	161	122	107	89,7	143
1961/62	99,2	103	103		147	238	295	191	136	111	99,2	103	*(146)*
1962/63	102	106	110	120	155		257	234	164				
1963/64													
1964/65													
1965/66				136	139	173	179	144	121	109	99,4	97,3	
1966/67	100	110	122	137	165	225	205	203	147	115	99,1		*(144)*
1967/68		83,9	122	141	137	211	232	171	134	111	89,5	88,4	*(134)*
1968/69	89,4	104	104	131	175	190	197	179	135	106		138	*(137)*
1969/70	100	104	105	142	167	231	239	205	144	118	100	99,8	146
1970/71	96,1	99,2	96,7	117	181	195	225	180	123	104	86,0	87,7	133
1971/72	94,6	84,8	88,9	118	125	195	203	141	116	90,6			*(117)*
1972/73	83,3	78,7	107	112	130		168	129	97,3	87,7	76,3	70,1	*(110)*
1973/74	77,4	80,0	76,3	91,0	138	169	161	123	94,5	94,5	67,8	69,7	104
1974/75	70,0	84,0	84,1	83,0	138	243		183	130	101	87,2	84,5	*(125)*
1975/76	80,7	83,4	81,0	90,0	123	115	215	150					
Moy.	**93,3**	**96,8**	**102**	**119**	**148**	**198**	**217**	**181**	**135**	**110**	**93,5**	**93,1**	***(133)***

Tableau 4.3.13.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m^3/s)

Station : 1060702012 **Kédingué-Yawa**

Rivière : Lobaye

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 11 170 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1957/58											
1958/59	79,5	80,4	83,5	89,1	99,4	118	155	188	211	245	251
1959/60	81,9	82,2	94,1	96,3	105	147	193	259	277	299	301
1960/61	85,1	85,1	86,8	95,8	105	117	170	251	286	297	297
1961/62	90,0	90,1								335	336
1962/63										298	299
1963/64											
1964/65											
1965/66	92,5	92,9								199	199
1966/67										247	248
1967/68	73,9	73,9								257	259
1968/69										217	219
1969/70	87,5	87,5	92,6	97,4	102	125	173	236	249	259	260
1970/71	79,5	79,9	82,0	84,3	93,5	111	176	221	231	250	252
1971/72										233	233
1972/73	63,9	63,9									
1973/74	64,5	64,5	65,2	68,1	74,7	92,9	134	166	179	190	190
1974/75	70,2	70,4									
1975/76										287	287

Le plus fort débit de crue observé est de 336 m^3/s, en 1961, (soit 30,1 l/s/km²) mais il manque l'année 1955. L'étiage le plus sévère est de 63,9 m^3/s (soit 5,7 l/s/km²) en 1973.

Tableau 4.3.13.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Kédingué-Yawa**

Rivière : Lobaye

Superficie du bassin versant : 11 170 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1958/59	130	367	1501	1134	24,5
1959/60	158	446	1573	1127	28,4
1960/61	143	404	1566	1162	25,8
1961/62	*(146)*	412	1388	976	29,7
1966/67	*(144)*	407	1534	1127	26,5
1967/68	*(134)*	378	1414	1036	26,7
1968/69	*(137)*	387	1522	1135	25,4
1969/70	146	412	1586	1174	26,0
1970/71	133	375	1457	1082	25,7
1971/72	*(117)*	330	1185	855	27,8
1972/73	*(110)*	311	1420	1109	21,9
1973/74	104	294	1272	978	23,1
1974/75	*(125)*	353	1381	1028	25,6

Les déficits d'écoulement ont des valeurs très correctes, comprises entre 855 et 1 174 mm tandis que le coefficient d'écoulement oscille entre 21,9 et 29,7 %.

4.3.14 - La Lobaye à Safa (Terres rouges)

Faisant double emploi avec la station de Mbata, elle n'en a pas moins été très bien observée de 1953 à 1975. L'étalonnage est peut-être un peu moins précis que celui de Mbata et les écarts entre les débits mensuels à ces 2 stations peuvent paraître importants (en 1960-61 notamment). Si l'on s'en réfère aux modules annuels, et sur 16 années communes, l'écart n'a jamais atteint 10 % tandis que pour la moyenne sur cette période il descend à 1 %.

Bien sûr l'étalonnage de Safa laisse à désirer mais comment faire sans de nouveaux jaugeages ? Pour leur part, les auteurs se refusent à toute *hydrologie de salon* et à une nouvelle courbe de tarage se basant sur telle ou telle hypothèse byzantine.

16 modules annuels ont été calculés, le module interannuel s'élevant à 351 m^3/s, soit un module spécifique de 11,9 l/s/km^2.

Tableau 4.3.14.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m^3/s)

Station : 1060702023 **Safa (Terres rouges)**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 29 600 km^2

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1953/54		242	248	259	277	337	392	409	265	235	243	238	*(281)*
1954/55	231	246	290	326	324	494	566	533	364	293	276	270	351
1955/56	296	296	298	392	577	667	773	666	439	352	334	348	453
1956/57	319	312	313	342	365	421	491	420	335	303	284	287	349
1957/58	302	327	409	397	424	490	486	493	409	320	298	294	387
1958/59	323	371	334	254	275	342	454	467	427				
1959/60													
1960/61	504	517	525	530	493	516	495						*(346)*
1961/62		272	256	307	325	565	632	468	317	262	241	243	
1962/63	253	261	270	288	337	442	507	509	366	289	269	261	338
1963/64	280	297	275	302	437	431	417	368	293	259	231	232	319
1964/65	256	240	269	271	254	438	535	414	291	251	233	250	309
1965/66	277	242	257	280	347	447	537	420	258	234	229	252	315
1966/67	267	275	332	369	441	525	643	600	380	321	292	287	394
1967/68	237	249	357	441	349	502	566	438	284	250	231	255	347
1968/69	259	287	307	394	459	514	505	479	354	256	231	301	362
1969/70	258	263	326	400	475	558	623	520	355	271	248	262	380
1970/71	278	277	275	299	439	526	567	447	305	260	224	244	345
1971/72	277	284	317	349	365	474	559	466	315	256			*(343)*
1972/73	249	297	313	313	345	346	534	441	250			232	
1973/74	255	248	277	315	378	416	398	340	258				
1974/75		238	238	315	396	496	510	460	335	265			
1975/76	234	234	237	275	356	372	587	556	377				
Moy.	**282**	**285**	**306**	**337**	**384**	**469**	**535**	**472**	**332**	**275**	**258**	**266**	*(351)*

Tableau 4.3.14.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m^3/s)

Station : 1060702023 **Safa (Terres rouges)**
Rivière : Lobaye

Pays : Centrafrique

Superficie du bassin versant : 29 600 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	mJns	mJou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	MJou	MJns
1953/54	221	226							465		476
1954/55	225	227	228	236	264	298	421	566	598	612	613
1955/56	267	267	272	290	330	353	597	753	799	812	814
1956/57	247	253	274	280	298	327	388	465	520	561	562
1957/58	275	276	292	295	306	391	462	501	525	532	532
1958/59										523	523
1959/60											
1960/61											
1961/62	232	232							685		685
1962/63	238	238	245	251	266	287	414	502	543	573	577
1963/64	220	221	224	229	259	292	374	454	494	514	514
1964/65	220	220	226	233	244	267	310	516	549	590	595
1965/66	216	216	224	228	244	267	364	520	545	575	577
1966/67	251	251	258	266	291	340	485	633	669	703	703
1967/68	228	228	228	230	247	298	430	549	585	591	591
1968/69	228	228	229	240	267	340	472	527	549	564	566
1969/70	240	240	242	245	259	340	489	610	641	662	663
1970/71	207	209	217	234	266	283	449	554	574	590	591
1971/72										607	609
1972/73	228	228							604		609
1973/74										448	453
1974/75										605	609
1975/76										662	663

La crue maximale observée est de 814 m^3/s, en 1955, soit 27,5 l/s/km. Le plus faible débit est de 207 m^3/s, ce qui représente un débit spécifique d'étiage de 7,0 l/s/km en 1971, mais il manque les années 1972 à 1974.

Tableau 4.3.14.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Safa (Terres rouges)**

Rivière : Lobaye

Superficie du bassin versant : 29 600 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1954/55	351	374	1576	1202	23,7
1955/56	453	483	1610	1127	30,0
1956/57	349	372	1453	1081	25,6
1957/58	387	412	1554	1142	26,5
1961/62	*(346)*	369	1300	931	28,4
1962/63	338	360	1481	1121	24,3
1963/64	319	340	1381	1041	24,6
1964/65	309	329	1430	1101	23,0
1965/66	315	336	1411	1075	23,8
1966/67	394	420	1738	1318	24,2
1967/68	347	370	1515	1145	24,4
1968/69	362	386	1545	1159	25,0
1969/70	380	405	1675	1270	24,2
1970/71	345	368	1511	1143	24,4

Une fois de plus, les déficits d'écoulement sont tout à fait satisfaisants : ils s'échelonnent entre 931 et 1 318 mm.

Le coefficient d'écoulement varie entre 23,0 et 30,0 %.

4.3.15. - La Lobaye à Mbata

Cette station, une des meilleures du Centrafrique, est observée depuis 1950 et 26 modules annuels ont été calculés.

Le module interannuel est de 321 m^3/s, ce qui représente un module spécifique de 10,6 l/s/km², valeur inférieure à celui de Safa (11,9 l/s/km²) mais ici la période s'étend jusqu'à fin 1989 et intègre les faibles modules de la période 1975-1989. Si nous supprimons les modules observés durant cette période (années hydrologiques 1987-88 et 1988-89), le module spécifique remonte déjà à 11,3 l/s/km².

D'une façon générale, le régime hydrologique de la Lobaye présente des modules spécifiques et surtout des étiages remarquablement élevés : ceci est le fait de son bassin, situé en grande partie dans les grès de Carnot ; ils jouent leur rôle de roche-réservoir et alimentent la rivière lors de la saison sèche. Ceci provient aussi du fait que le régime devient équatorial dans la partie aval, avec une grande saison sèche plus courte que pour les cours d'eau précédents.

Tableau 4.3.15.1 - Débits moyens mensuels et annuels (en m³/s)

Station : 1060702016 **Mbata**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 30 300 km²

Année	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
1950/51								464	307	266	238	249	
1951/52	226	245	277	291						284	273	255	
1952/53	273	282	358	373	456			498	343	281	257	275	
1953/54	252	257	267	279	287	344	391	403	281	250	255	250	293
1954/55	245	264	300	324	322	456	501	480	350	279	266	266	338
1955/56	294	287	290	358	517	576	662	604	424	339	307	341	417
1956/57	321	300	323	346	351	424	479	413	349	285	256	264	343
1957/58	282	284	324	347	408	491	473	455	408	316	281	270	362
1958/59	293	325	316	293	331	390	443	463	384	313	275	257	340
1959/60	277	319	303	385	419	521	558	561	398	318	288	289	386
1960/61	295	293	295	311	349	473	531	506	372	321	278	254	357
1961/62	273	298	285	333	341	540	590	483	341	290	270	271	360
1962/63	282	291	302	320	361	452	496	508	392	315	292	284	358
1963/64	302	326	303	330	445	440	433	398	320	280	243	243	339
1964/65	278	258	293	302	278	428	519	444	325	271	247	245	324
1965/66	245	244	271	292	362	400	449	402	286	246	226	223	304
1966/67	247	278	326	334	400	513	528	540	392	305	276	244	365
1967/68	226	242	357	430	375	496	548	461	344	307	265	252	359
1968/69	253	296	313	399	450	489	479	469	374	292	253	307	365
1969/70	295	285	316	376	452	527	574	512	369	305	265	261	378
1970/71	254	269	273	299	414	466	509	441	305	265	234	232	330
1971/72	256	230	256	307	343	448	493	402	309	248	222	220	311
1972/73	244	223	262	276	345	343	466	392	270	253	221	209	292
1973/74	221	242	243	242	361	406	405	330	254	214	189	196	275
1974/75	193	231	247	247	308	478	496	453	303	241	219	211	302
1975/76	219	232	219	260	362	388	508	424	303				*(298)*
1976/77													*(218)*
1977/78													
1978/79			189	231	236	327	395	343	213				
1979/80										178	158	150	
1980/81			185					358	219				
1981/82													
1982/83													
1983/84						253		265					
1984/85													
1985/86													
1986/87		174	155	224	222	284	394	340	193	150	136	140	
1987/88	145	133	150	160	172	233	251	186	148	128	118	119	162
1988/89	122	128	161	221	197	282	384	274	168	138	119	117	190
1989/90	121	147	163	177	305	384	367	273	183				
Moy.	**248**	**255**	**268**	**302**	**351**	**422**	**476**	**423**	**311**	**265**	**239**	**238**	**327**

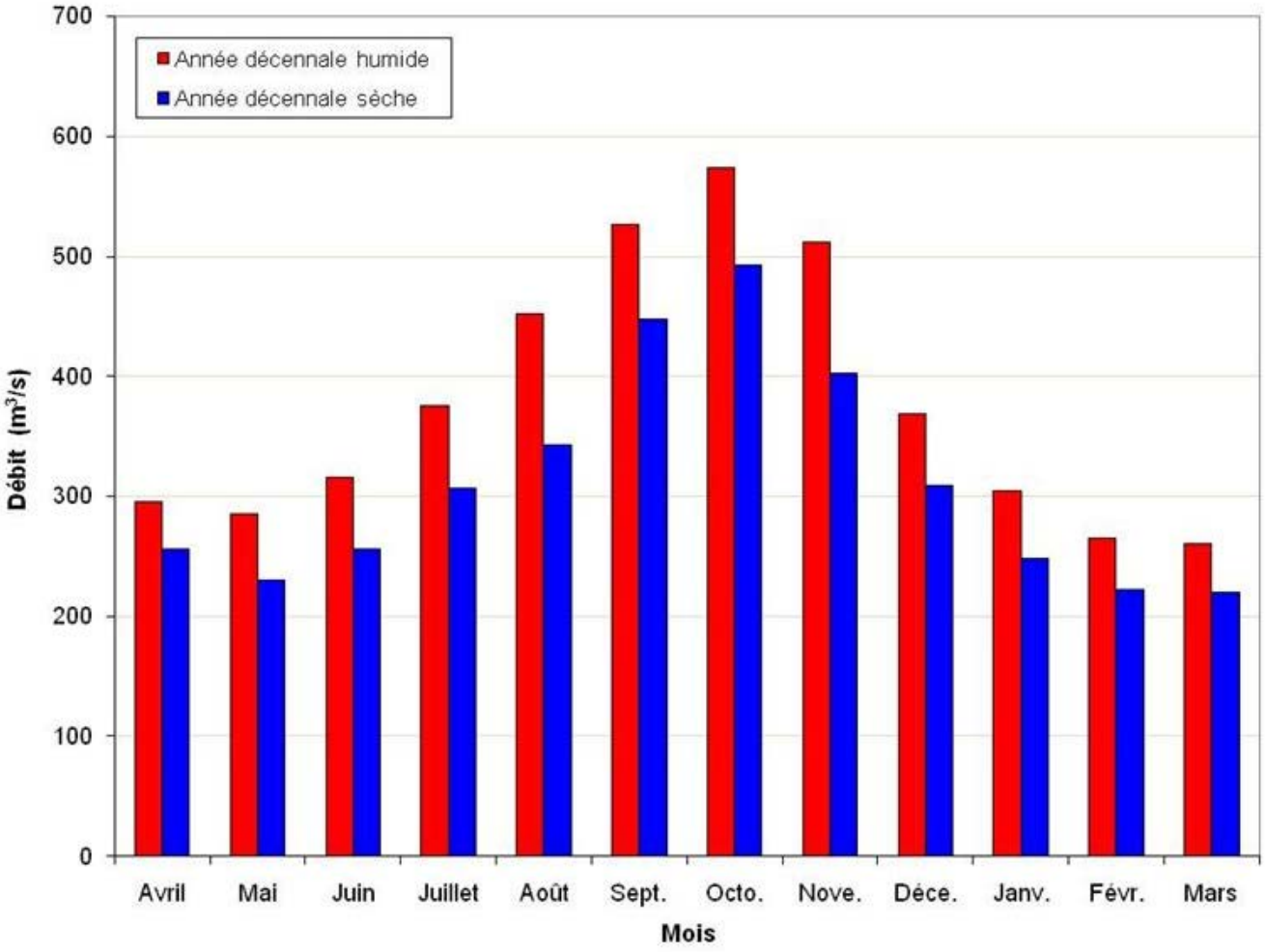


Figure 13
La Lobaye à Mbata. Évolution des débits moyens mensuels
Année décennale sèche (1971/72). Année décennale humide (1969/70)

Tableau 4.3.15.2 - Débits extrêmes et caractéristiques (en m³/s)

Station : 1060702016 **Mbata**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Superficie du bassin versant : 30 300 km²

Début de l'année hydrologique en avril

Année	m.Ins	m.Jou	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	M.Jou	M.Ins
1950/51											
1951/52	205	207									
1952/53	247	251								569	570
1953/54	228	229	236	243	256	267	337	404	424	434	435
1954/55	235	235	238	251	270	297	396	505	523	535	536
1955/56	262	262	270	286	305	354	534	654	678	689	689
1956/57	247	247	250	260	293	325	393	452	501	523	524
1957/58	252	252	263	269	291	333	451	480	503	545	547
1958/59	250	250	253	263	287	324	391	458	484	504	504
1959/60	254	255	275	282	296	345	450	569	590	620	620
1960/61	247	247	250	266	290	311	443	525	555	578	580
1961/62	256	257	260	265	280	311	412	564	607	627	628
1962/63	264	265	272	281	293	318	433	504	527	550	551
1963/64	225	225	230	239	286	318	405	459	482	502	502
1964/65	226	227	234	247	259	294	339	511	529	530	535
1965/66	213	213	216	224	240	276	372	440	482	499	500
1966/67	213	213	233	246	278	322	466	535	572	603	606
1967/68	218	218	223	232	258	336	433	539	556	573	577
1968/69	228	228	237	250	284	340	459	504	517	523	524
1969/70	242	243	253	260	283	342	468	570	593	604	606
1970/71	218	218	223	232	257	285	434	502	516	529	531
1971/72	211	211	214	218	239	273	357	477	514	540	542
1972/73	190	191	204	216	231	264	336	458	483	486	534
1973/74	179	179	183	194	216	245	341	421	434	443	444
1974/75	179	180	188	200	221	250	378	502	521	530	531
1975/76										588	589
1976/77											
1977/78										443	443
1978/79											
1979/80											
1980/81											
1981/82											
1982/83											
1983/84											
1984/85											
1985/86											
1986/87										436	437
1987/88	111	111	113	119	129	149	181	245	262	291	292
1988/89	112	112	113	117	126	161	237	353	420	436	437
1989/90										418	418

La crue maximale est de 689 m^3/s, en 1955, ce qui représente 22,7 l/s/km² tandis que l'étiage le plus faible est de 111 m^3/s soit 3,7 l/s/km², valeur observée en 1989 durant la période de sécheresse 1973-1989.

Tableau 4.3.15.3 - Déficit et coefficient d'écoulement

Station : **Mbata**

Rivière : Lobaye

Superficie du bassin versant : 30 300 km²

Année	Module annuel (m3/s)	Lame équivalente (mm)	Pluviométrie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1953/54	293	305	1465	1160	20,8
1954/55	338	352	1576	1224	22,3
1955/56	417	434	1610	1176	27,0
1956/57	343	357	1453	1096	24,6
1957/58	362	377	1554	1177	24,3
1958/59	340	354	1431	1077	24,7
1959/60	386	402	1569	1167	25,6
1960/61	357	372	1504	1132	24,7
1961/62	360	375	1300	925	28,8
1962/63	358	373	1481	1108	25,2
1963/64	339	353	1381	1028	25,6
1964/65	324	337	1430	1093	23,6
1965/66	304	316	1411	1095	22,4
1966/67	365	380	1738	1358	21,9
1967/68	359	374	1515	1141	24,7
1968/69	365	380	1545	1165	24,6
1969/70	378	393	1675	1282	23,5
1970/71	330	343	1511	1168	22,7
1971/72	311	324	1333	1009	24,3
1972/73	292	304	1406	1102	21,6
1973/74	275	286	1410	1124	20,3
1974/75	302	314	1447	1133	21,7
1975/76	*(298)*	310	1592	1282	19,5
1986/87	*(218)*	227	1367	1140	16,6
1987/88	162	169	1295	1126	13,1
1988/89	190	202	1644	1442	12,3

Les déficits d'écoulement sont compris entre 925 et 1 442 mm. L'ensemble de ces valeurs paraît correct. Le coefficient d'écoulement qui était de l'ordre de 25 %, de 1953 à 1975, tombe en dessous des 20 % lors de la reprise des observations en 1986 : il descend même jusqu'à 12 % en 1988-89 (cf. les nappes à recharges en contexte karstique).

4.4. - Tentative de reconstitution des données de base de l'Uele

(voir également, dans les *Références récentes* de la *Monographie*, le Complément n° 1 de D. Orange)

Au Chapitre 3 précédent, nous avons signalé (en 3.2) qu'il n'existe malheureusement aucune mesure hydrométrique sur le Uele.

Néanmoins, avec les stations de Mobaye, Bangassou, Loungouba et Kembé, nous avons tenté de reconstituer les modules annuels de l'Uele.

4.4.1. - Principe de base

Le débit de l'Oubangui à Mobaye (figure 14) est la somme des débits :

- du Mbomou à Bangassou ;
- de la Mbari à Loungouba ;
- de la Kotto à Kembé ;
- de la Bili ;
- d'apport du bassin versant rive droite (indiqué A sur la figure) entre Bangassou, Kembé et Mobaye ;
- d'apport du bassin versant en rive gauche (indiqué B sur la figure) entre Bangassou et Mobaye ;
- et, bien sûr, de l'Uele.

Si nous connaissons toutes les valeurs de ces apports (sauf l'Uele), il est possible d'établir un bilan hydrologique et de déterminer

les modules de l'Uele.

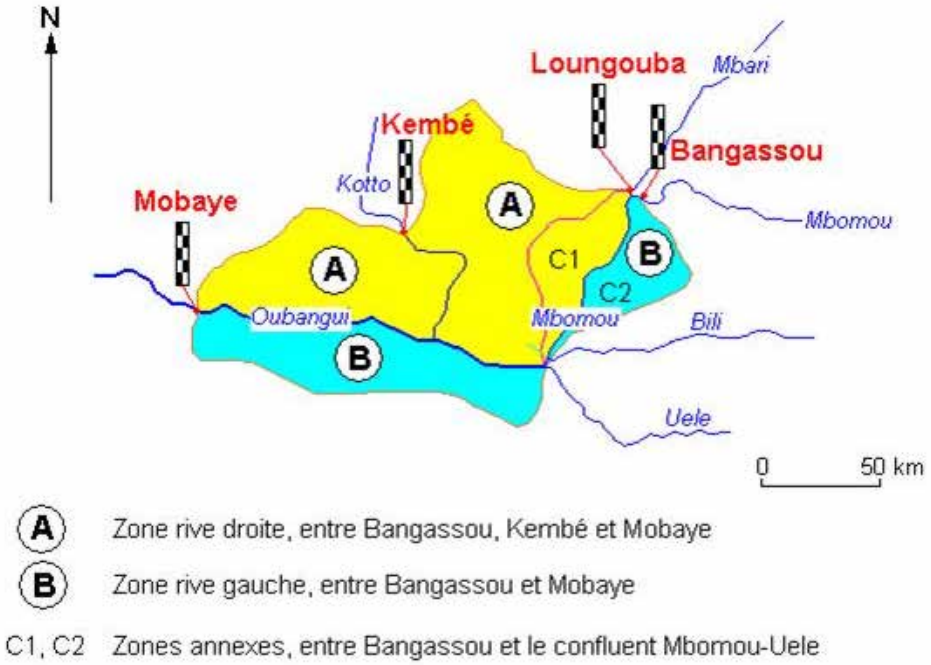


Figure 14
Reconstitution des débits de l'Uele. Bilan hydrologique à Mobaye

Nous disposons de 7 années pour lesquelles les débits ont été mesurés à Mobaye et à Bangassou (1952-1953, 1953-1954, 1954-1955, 1955-1956, 1972-1973, 1973-1974 et 1974-1975).

4.4.2. - Estimation des apports

Les apports des bassins versants ont été basés sur la pluviométrie moyenne du bassin et sur un coefficient d'écoulement. Ceci permet de calculer la lame équivalente et ensuite le débit.

Si la détermination de la pluie moyenne ne pose guère de problème, par contre le choix du coefficient d'écoulement n'est pas évident. Nous avons opté pour celui, observé ou estimé, de la Mbari à Loungouba et ce pour l'ensemble des bassins rive gauche et rive droite, ainsi que pour la Bili. Nous savons très bien que le bassin de la Mbari est situé plutôt en zone de savanes tandis que celui de la Bili est surtout en zone forestière : ce choix est peut-être hardi mais que faire, sinon tirer les valeurs au hasard dans un chapeau ... Finalement, comme les superficies des bassins sont modestes, les apports seront faibles et l'erreur à craindre n'aura qu'une faible d'influence sur le bilan.

Les résultats sont donnés dans le tableau 4.4.1

Tableau 4.4.1- Estimation des apports annexes pour le bilan de l'Uele

Paramètres	1952	1953	1954	1955	1967	1972	1973	1974
Référence : le Mbari à Loungouba								
Coefficient d'écoulement	*15,6*	13,1	13,4	14,2	13,7	9,3	*13,2*	*15,3*
Bili *(superficie du bassin versant : 21 400 km²)*								
Pluviométrie	1556	1510	1734	1668	1522	1461	1714	1592
Coefficient d'écoulement	*15,6*	13,1	13,4	14,2	13,7	9,3	*13,2*	*15,3*
Lame équivalente	243	198	232	237	209	136	226	244
Débit (m³/s)	*165*	*134*	*158*	*161*	*141*	*92*	*154*	*165*
Bassin versant rive droite, entre Bangassou et Mobaye *(superficie : 8 750 km²)*								
Pluviométrie	1388	1559	1527	1688	1391	1475	1705	1732
Coefficient d'écoulement	*15,6*	13,1	13,4	14,2	13,7	9,3	*13,2*	*15,3*
Lame équivalente	217	204	205	240	191	137	225	265
Débit (m³/s)	*60*	*57*	*57*	*67*	*53*	*38*	*62*	*74*
Bassin versant rive gauche, entre le confluent Uele-Mbomou et Mobaye *(superficie : 5 650 km²)*								
Pluviométrie	1426	1535	1543	1702	1344	1496	1722	1706
Coefficient d'écoulement	*15,6*	13,1	13,4	14,2	13,7	9,3	*13,2*	*15,3*
Lame équivalente	222	201	207	242	184	139	227	261
Débit (m³/s)	*40*	*36*	*37*	*43*	*33*	*25*	*41*	*47*

(les valeurs en bleu sont issues d'estimation)

4.4.3. - Évaluation des débits de l'Uele

Le tableau 4.4.2 donne les résultats de cette estimation.

En 1967-1968, il manquait le débit annuel de l'Oubangui à Mobaye : il a été estimé statistiquement, en utilisant la corrélation serrée qui existe entre les modules de Mobaye et ceux de Bangui (r = 0,961). Le module de Mobaye, pour 1967-1968, serait de 3 190 m³/s. De même, nous avons reconstitué, soit par complément des mois manquants, soit par corrélation hydro-pluviométrique :

- Mbari à Loungouba : 125 m^3/s en 1952-1953, 140 m³/s en 1973-1974 et 182 m³/s en 1974-1975 ;
- Kotto à Kembé : 400 m^3/s pour 1952-1953 (la corrélation hydro-pluviométrique donnerait 458 m^3/s, valeur trop voisine des 463 m^3/s de la forte année 1955-1956), 310 m^3/s pour 1953-1954 et 418 m^3/s pour 1967-1968.

Ces valeurs reconstituées sont en bleu

Tableau 4.4.2 – Estimation du débit de l'Uele (m^3/s)

Paramètres	1952	1953	1954	1955	1967	1972	1973	1974
Débit de l'Oubangui à Mobaye (A)	2980	2730	3190	3480	*3190*	2820	2200	3290
Débit du Mbomou à Bangassou	678	696	934	949	824	826	642	941
Débit de la Mbari à Loungouba	*125*	137	173	168	168	108	*140*	*182*
Débit de la Kotto à Kembé	*400*	*310*	377	463	*418*	296	242	390
Débit de la Bili	165	134	158	161	141	92	154	165
Apports rive droite	60	57	57	67	53	38	62	74
Apports rive gauche	40	36	37	43	33	25	41	47
Total des débits (B)	1343	1370	1735	1851	1637	1385	1281	1799
Différence (A-B) = Débit de l'Uele	1637	1360	1455	1629	1553	1435	919	1491
Lame équivalente	370	307	328	368	350	324	208	337
Pluviométrie	1696	1681	1706	1928	1717	1685	1797	1663
Déficit d'écoulement	1326	1374	1378	1560	1367	1361	1589	1326
Coefficient d'écoulement	21,8	18,3	19,2	19,1	20,4	19,2	11,5	20,2

Les résultats sont assez satisfaisants, mis à part les déficits d'écoulement des années 1955-1956 et 1973-1974 qui sont un peu forts.

Précision à attendre de ce bilan

Pour simplifier les calculs, nous avons ici largement arrondi les données initiales, car nous ne recherchons que l'ordre de grandeur de l'erreur à craindre. C'est ainsi que nous avons estimé la pluviométrie moyenne à 1 500 mm et l'erreur sur le coefficient d'écoulement à 5 %, valeurs qui paraissent assez plausibles.

Ceci entraîne une erreur sur la lame écoulée est donc de ± 75 mm.

Convertie en débit, ces 75 mm correspondent :

- pour la Bili : ± 50 m^3/s ;
- pour le bassin versant rive gauche : ± 13 m^3/s ;
- pour le bassin versant rive droite : ± 21 m^3/s.

En admettant le débit des rivières connu à 5 % près aux stations hydrométriques, l'erreur à craindre, en débit, est (toujours avec des valeurs arrondies du module) :

- pour le Mbomou à Bangassou (Q = 800 m^3/s) : ± 40 m^3/s ;
- pour le Mbari à Loungouba (Q = 150 m^3/s) : ± 8 m^3/s ;
- pour la Kotto à Kembé (Q = 400 m^3/s) : ± 20 m^3/s ;
- pour l'Oubangui à Mobaye (Q = 3 000 m^3/s) : ± 150 m^3/s.

La *Théorie des Erreurs* indique que l'erreur totale à craindre est égale à la racine carrée de la somme des carrés des erreurs.

Dans notre cas nous avons :

Erreur globale = $\sqrt{2500 + 169 + 441 + 1600 + 64 + 400 + 22500}$

= **± 166 m^3/s**, ce qui représentera une erreur de l'ordre de 11 % du débit de l'Uele.

Vu les conditions d'établissement de cette reconstitution, cette erreur paraît tout à fait tolérable.

4.4.4. - Les débits du Mbomou et de l'Uele au confluent de ces rivières

Voyons si, au confluent, le débit de l'Uele est réellement supérieur à celui du Mbomou, pour confirmer (ou infirmer) l'hypothèse de V. Liotard (Boulvert, 1985).

Le débit du Mbomou, au confluent, est la somme :

- du débit du Mbomou à Bangassou ;
- du débit du Mbari à Loungouba ;
- du débit du Bili ;
- des apports des bassins versants (indiqués C1 et C2 sur la figure 14).

Le tableau 4.4.3 donne les résultats des calculs

Tableau 4.4.3 - Débits du Mbomou et de l'Uele à leur confluent

Paramètres	1952	1953	1954	1955	1967	1972	1973	1974
Débit du Uele	1637	1360	1455	1629	1553	1435	919	1491
Débit du Mbomou à Bangassou	678	696	934	949	824	826	642	941
Débit du Mbari à Loungouba	125	137	173	168	168	108	140	182
Débit de la Bili	165	134	158	161	141	92	154	165
Apport du bassin versant entre Bangassou et le confluent Uele-Mbomou	18	18	18	20	15	13	18	23
Total = Débit du Mbomou au confluent	861	985	1283	1298	1148	1039	954	1311
Pourcentage de débit								
Uele	66	58	53	56	57	58	49	53
Mbomou	34	42	47	44	43	42	51	47

Valeur moyenne : 56 % pour l'Uele, 44% pour le Mbomou.
Effectivement le débit de l'Uele est supérieur, en moyenne, de 31 % à celui du Mbomou. V. Liotard avait raison ...

4.4.5. - Reconstitution des modules de l'Uele

Nous avons tenté de reconstituer les modules de l'Uele en utilisant la corrélation qui existe entre les 8 coefficients d'écoulement de l'Uele (déterminés ci-dessus) et leurs correspondants à la station de Mobaye. Elle est tout à fait acceptable (figure 15), avec un coefficient de corrélation linéaire – *r* – de 0,810.

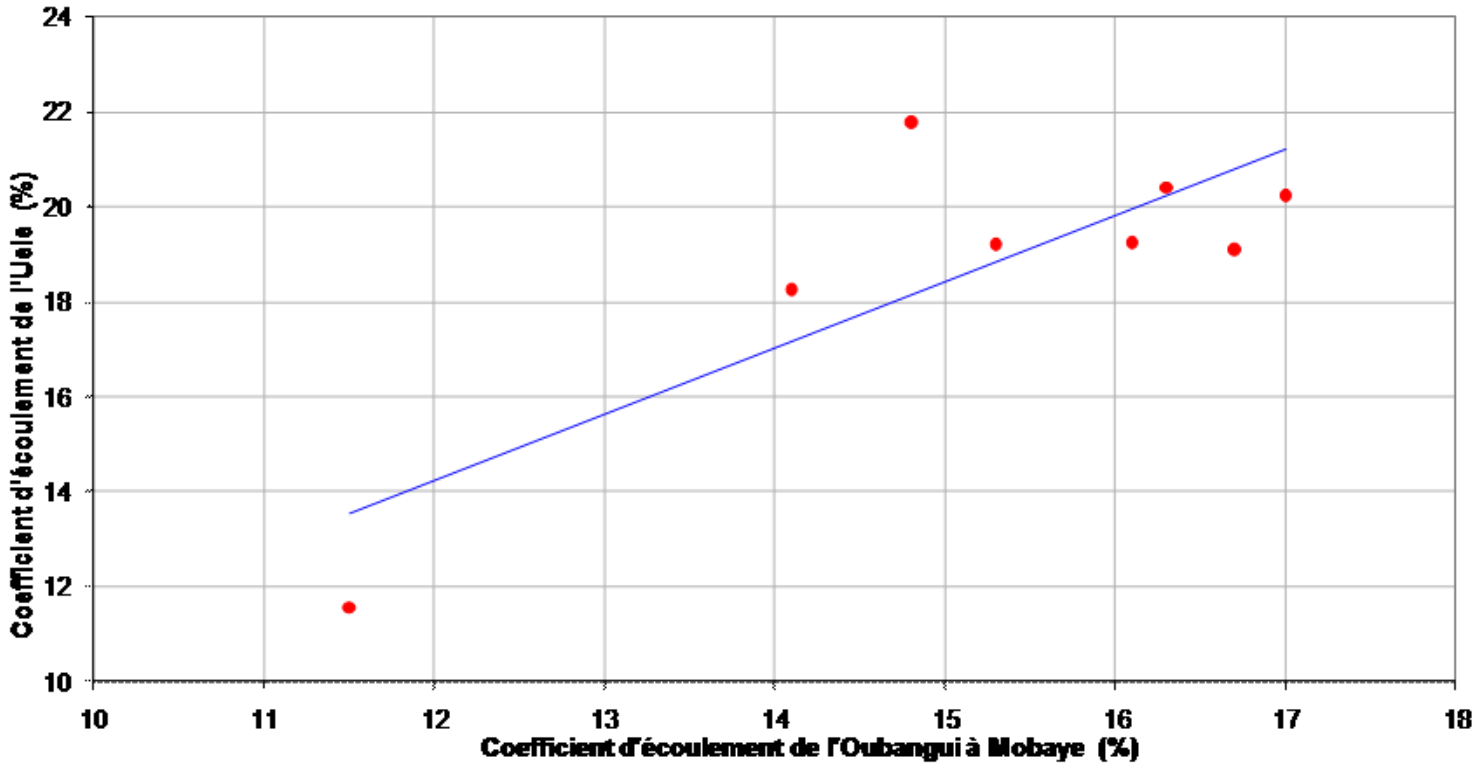


Figure 15

Relation entre les coefficients d'écoulements de l'Uele et de l'Oubangui à Mobaye

La pluviométrie de l'Uele a été calculée par la méthode de Thiessen. La période 1940-61 ne pose pas de problème puisque nous disposons de la pluviométrie du Congo ex-belge.

Pour la période postérieure à 1961, nous avons procédé comme suit :

- nouveau calcul de la pluviométrie moyenne sur le bassin de l'Uele, sans les stations du Congo ex-belge, avec de nouveaux polygones de Thiessen ;
- corrélation des résultats avec les précédents (période 1940/61). Le coefficient de corrélation linéaire est très moyen : *r* = 0,67. La régression linéaire a permis de corriger les pluies moyennes sur la période postérieure à 1961, sans se faire trop d'illusions sur la précision finale. Mais la pluviométrie de la période postérieure à 1961 ne concerne que 4 années et ne sert qu'à calculer le déficit d'écoulement.

Le tableau 4.4.4 donne les résultats de cette reconstitution. 25 modules ont pu être reconstitués. Le module interannuel est de 1 540 m^3/s soit un module spécifique de 11,4 l/s/km².
Les déficits d'écoulement sont apparemment corrects, sauf ceux des années 1955-1956, 1961-1962 et 1973-1974, visiblement trop élevés, sans que nous puissions dire d'où provient l'erreur.

Tableau 4.4.4 - Reconstitution des modules annuels de l'Uele et calcul du déficit et coefficient d'écoulement

Superficie du bassin versant : 139 700 km²

Année	Coefficient d'écoulement (%)		Pluviométrie moyenne sur le B.V Uele	Lame équivalente	Déficit d'écoulement	Débit de l'Uele
	Mobaye	Uele	(mm)	(mm)	(mm)	(m^3/s)
1940/41	15,6	19,3	1779	342	1437	1517
1941/42	18,3	23,0	1722	396	1326	1756
1942/43	17,2	21,5	1757	377	1380	1672
1943/44	14,8	18,1	1468	266	1202	1179
1944/45	14,8	18,1	1660	301	1359	1334
1945/46	17,8	22,3	1716	383	1333	1697
1946/47	18,2	22,9	1637	375	1262	1659
1947/48	17,4	21,8	1682	366	1316	1622
1948/49	18,5	23,3	1810	422	1388	1868
1949/50	17,7	22,2	1552	344	1208	1525
1950/51						
1951/52	14,5	17,7	1546	274	1272	1213
1952/53	14,8	**21,8**	1696	370	1326	1637
1953/54	14,1	**18,3**	1681	307	1374	1360
1954/55	16,1	**19,2**	1706	328	1378	1455
1955/56	16,7	**19,1**	1928	368	1560	1629
1956/57	17,9	22,5	1836	412	1424	1827
1957/58	16,1	19,9	1711	341	1370	1512
1958/59	*16,6*	20,6	1713	354	1359	1567
1959/60	*16,2*	20,1	1736	349	1387	1545
1960/61	*16,6*	20,6	1757	363	1394	1607
1961/62	*16,6*	20,6	2022	417	1605	1849
1962/63						
1963/64						
1964/65						
1965/66						
1966/67						
1967/68	*16,3*	**20,4**	1717	350	1367	1553
1668/69						
1969/70						
1970/71						
1971/72						
1972/73	15,0	**19,2**	1685	324	1361	1435
1973/74	11,3	**11,5**	1797	208	1589	919
1974/75	16,6	**20,2**	1663	337	1326	1491

*(les chiffres en caractères **gras** correspondent à l'évaluation établie en 4.4.3)*

Module interannuel de l'Uele : 1 540 m^3/s

[Retour en haut du Chapitre]

Sommaire de la monographie

Chapitre 5

ÉTUDE DES DÉBITS ANNUELS

Généralités

L'Oubangui supérieur

Le moyen Oubangui

Les affluents du moyen Oubangui

Variation du module spécifique en fonction de la taille du bassin versant

Irrégularités interannuelles d'une station à l'autre

Variation temporelle des modules. Conclusion

Le débit moyen annuel – ou *module* – est l'un des paramètres essentiels du régime hydrologique.

Pour chaque station hydrométrique nous avions, au Chapitre 4, déterminé les modules annuels observés et, en faisant la moyenne de ceux-ci, le module interannuel,

Dans ce Chapitre nous reprendrons ces valeurs en effectuant :

- une corrélation hydro-pluviométrique, quand elle est possible ;
- une étude statistique de la distribution des modules observés.

Comme nous le verrons plus loin, il faut faire l'impossible pour que les études statistiques portent sur un nombre d'années suffisant : l'idéal serait 50 à 70 ans. C'est pourquoi nous avons procédé ainsi :

- dans un premier temps, nous avons utilisé les modules tels qu'ils figurent au Chapitre précédent. En général, les modules reconstitués ne s'écartent pas plus de 5 % de la valeur vraie, ce qui garantie la reconstitution ;
- dans un second temps, nous avons reconstitué une seconde série de modules en prenant plus de risques, en combinant les rares débits mensuels observés avec des reconstitutions à l'échelle mensuelle des débits manquants, même certains pour les hautes eaux quand ils sont en petit nombre, ou même parfois en reconstituant une année entière par corrélation avec ceux des stations aval ou de stations voisines. Ceci surtout pour le Mbomou. Les débits ainsi reconstitués ne doivent pas s'écarter, en général, de plus de 10 % des valeurs vraies mais un écart de 20 à 25 % n'est pas exclu : par exemple pour Bangui où nous avons utilisé une corrélation assez mauvaise entre débit maximum annuel et module ; mais heureusement, pour cette période, il n'y a pas de valeurs extrêmes de débits et l'on ne risque donc pas de fausser la distribution.

Nous en déduirons le module interannuel et les modules de fréquence décennale en année sèche et en année humide ou plus exactement en année de faible ou de forte hydraulicité.

La corrélation hydro-pluviométrique est effectuée à partir de la pluie moyenne tombée sur le bassin versant. D'une manière assez générale, cette corrélation n'est pas très serrée : ceci est principalement le fait de l'imprécision dans la détermination de la pluviométrie (trop petit nombre de postes et mauvaise qualité des mesures). Mais la dispersion résulte aussi des différences de distributions temporelles des averses à l'intérieur de la saison des pluies.

Les bassins versants étant pour la plupart de superficie importante, les apports globaux sont composés d'une multitude d'apports partiels provenant de régions diverses entre lesquelles les corrélations deviennent de plus en plus lâches à mesure que la distance qui les sépare s'accroît. Nous sommes en présence d'un grand nombre de variables indépendantes et, quelle que soit la loi de distribution de chacune de ces variables, celle régissant les modules à la station hydrométrique, devrait être une loi de Gauss (*Théorème central limite*). Et effectivement on verra que toutes les distributions sont voisines de la distribution gaussique ou sont des distributions gaussiques. La situation est très comparable à celle du Cameroun (Nord excepté) (Olivry, 1986). Mais pour déterminer la loi de distribution il faut un échantillon suffisant, ce qui n'est pas souvent le cas, d'autant plus que la longue série humide des années 1960 et la longue série sèche des années 1970-1990 présentent des modules qui **ne sont plus indépendants** d'où des perturbations aux deux extrémités des courbes de distribution. Cependant la distribution est franchement gaussique : à Bangui, sur le Chinko à Rafaï, la Kotto à Kembé, la Ouaka à Bambari, la Tomi à Sibut. Elle est hypogaussique (loi de Goodrich), très près de la normale, pour la Mbali, la Mpoko, la Lobaye et tout le sud-ouest humide. Elle est encore hypogaussique sur l'Uele mais là elle s'écarte davantage de la loi normale : il s'agit également d'un bassin bien arrosé. Plus au nord on trouve quelques distributions hypergaussiques (loi de Pearson ou même de Galton) : c'est assez net pour Bangassou et la Ouara mais, pour la Mbari et Zémio, les échantillons sont bien petits. Plus à

l'ouest c'est une loi de Galton pour la Bangui-Kété à Alindao ; on devrait trouver ce genre de loi pour les plus petits bassins mais certains d'entre eux, à peine supérieurs à 1 000 km², semblent avoir une distribution normale.

La distribution de Gauss étant symétrique, moyenne et médiane ont la même valeur. Ceci est encore vrai pour bon nombre de distributions hypergaussiques et hypogaussiques que nous avons considérées. Nous avons presque toujours confondu le module de fréquence 0,5 et la moyenne. Pour la Mbali, hypogaussique, les deux déciles présentent même des valeurs symétriques par rapport à la médiane.

Pour les stations disposant de 10 modules observés ou plus, l'analyse statistique est effectuée en utilisant le programme *DIXLOIS* dont la nouvelle version (Lebel et Boyer, 1989) traite directement les échantillons par la loi de Gauss et par la loi de Gumbel mais il est toujours possible de faire l'analyse avec d'autres lois.

Cette distribution est contrôlée avec un autre utilitaire : *ALED* (Ajustement des Lois à des Échantillons de Données), qui a été mis au point par le Laboratoire d'hydrologie et modélisation de l'Université Montpellier II. Et c'est suite à ses tests de validité que, dans certains cas, la loi de Gauss est remplacée par une autre.

Pour les stations les plus représentatives, nous avons figuré la distribution graphique, en utilisant une méthode qui utilise les résultats de *DIXLOIS*.

Lorsque les stations ne disposent pas d'au moins 10 modules observés, l'ajustement est fait graphiquement avec une loi de Gauss. Un échantillon aussi réduit ne permet pas de s'illusionner sur une grande précision des résultats.

Nous indiquons également l'écart-type, le coefficient de variation et le coefficient K_3 (rapport entre les débits annuels décennaux humide et sec). Quand le nombre d'échantillon est suffisant (plus de 25 valeurs), le test du c^2 est effectué.

Le module spécifique interannuel est éventuellement redéterminé.

Les dispositions de présentations sont identiques à celles définies au début du Chapitre 4. Nous avons conservé le même ordre de traitement que pour les Chapitres précédents.

5.1 - L'Oubangui supérieur

5.1.1. - Le Mbomou à Zémio

Superficie du bassin versant : 27 700 km²
Nombre de modules observés : 12
Moyenne des modules observés : 201 m^3/s

	Année de fréquence Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : $r = 0,11$			
Aucune corrélation pluie-débit			
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 28,3 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,154			
Coefficient K_3 : 1,589			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**146**	**190**	**232**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**155**	**195**	**255**

, soit un module spécifique interannuel de : 7,0 l/s/km² K_3 = 1,645

Remarque :

L'échantillon complété comporte 19 années. Le nombre d'années très humides est un peu fort, mais même avec un échantillon mieux équilibré la distribution serait hypergaussique (Pearson ou Galton).

5.1.2. - Le Mbomou à Bangassou

Superficie du bassin versant : 119 050 km²
Nombre de modules observés : 11

Moyenne des modules observés : 854 m^3/s

	Année de fréquence Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : $r = 0,00$			
Aucune corrélation pluie-débit			
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 126 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,150			
Coefficient K_3 : 1,568			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**620**	**843**	**972**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**685**	**850**	**1 080**

, soit un module spécifique interannuel de : 7,1 l/s/km² K_3 = 1,577

Remarque :

Avec l'échantillon complété de 24 années, la courbe de distribution apparaît légèrement hypergaussique (Pearson ou Galton). Ce sont les chiffres de cette seconde distribution qui sont adoptés.

Il n'y a pas de grande différence entre le débit correspondant à la fréquence 0,5 (850 m^3/s) et la moyenne des modules (854 m^3/s).

5.1.3. - Le Mbokou à Obo

Superficie du bassin versant : 5 960 km²
Nombre de modules observés : 7
Moyenne des modules observés : 18,2 m^3/s

	Année de fréquence Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : $r = 0,0$			
Aucune corrélation pluie-débit			
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 3,14 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,182			
Coefficient K_3 : 1,93			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**11,8**	**17,3**	**22,8**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**13**	**18,5**	**25**

, soit un module spécifique interannuel de : 3,1 l/s/km² K_3 = 1,923

Remarque :

Les valeurs retenues sont majorées par rapport à celles de la distribution avec 7 années : celles-ci correspondent à une moyenne qui serait de 5 à 10 % inférieure à la moyenne 1954-1975.

5.1.4. - La Kéré à Kéré

L'unique module a une année exceptionnellement humide. Les quelques mois de 1958-1959 et 1968-1969 sont un peu en dessous de la moyenne. On ne peut qu'indiquer un ordre de grandeur du module spécifique : 3 à 4 l/s/km².

5.1.5. - La Ouara à Dembia

Superficie du bassin versant : 19 590 km²
Nombre de modules observés : 12
Moyenne des modules observés : 140 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,06			
Aucune corrélation pluie-débit			
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 35,8 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,267			
Coefficient K_3 : 2,111			
Débit moyen annuel (m^3/s)	90	134	190
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	100	127	187

, soit un module spécifique interannuel de: 6,5 l/s/km² K_3 = 1,870

Remarque :

L'échantillon complété, de 18 années, semble bien montrer une distribution hypergaussique (Pearson ou Galton) dont on a retenu la médiane et les deux déciles.

5.1.6. - Le Chinko à Rafaï

Superficie du bassin versant : 52 060 km²
Nombre de modules observés : 14
Moyenne des modules observés : 404 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,59			
Pluviométrie (mm)	1 322	1 455	1 588
Débit moyen annuel (m^3/s)	313	380	447
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 88,4 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,223			
Coefficient K_3 : 1,846			
Débit moyen annuel (m^3/s)	279	397	515
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	280	395	500

, soit un module spécifique interannuel de : 7,6 l/s/km² K_3 = 1,786

Remarque :

Avec un échantillon complété à 20 années, il se confirme que la distribution est bien gaussique : on n'y observe pas la "bosse" des années 1960 comme à Bangui. Une bonne partie du bassin est beaucoup plus septentrionale que pour les autres rivières et à part l'année 1960-1961 on n'y observe pas d'autres crues exceptionnelles comme ailleurs (figure 5-1).

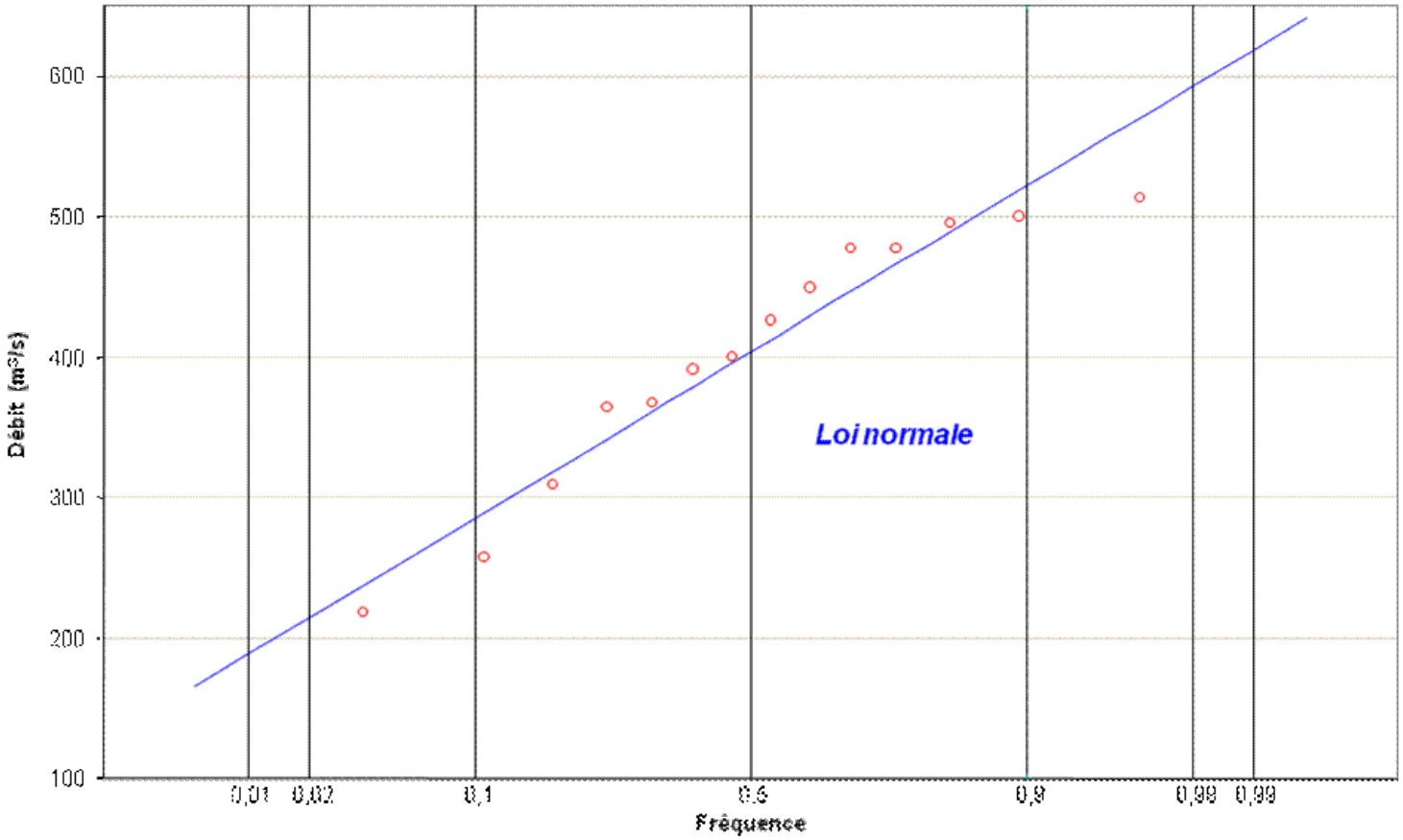


Figure 5-1

Distribution des débits annuels du Chinko à Rafaï

L'écart entre la corrélation hydro-pluviométrique, la moyenne des modules et la distribution gaussienne n'est pas très important puisque les valeurs sont 380, 404 et 395 m^3/s. Pour les fréquences décennales, l'écart entre corrélation et distribution est plus important : 12 % pour la décennale sèche et 13 % pour la décennale humide. Vu la modestie du coefficient de corrélation hydro-pluviométrique, nous avons adopté les valeurs de la distribution statistique sur 20 ans, qui a sensiblement les mêmes caractéristiques que la distribution à 14 ans.

5.1.7. - Le Mbari à Loungouba

Superficie du bassin versant : 23 600 km²
Nombre de modules observés : 9
Moyenne des modules observés : 178 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : $r = 0,47$			
Pluviométrie (mm)	**1 429**	**1 597**	**1 765**
Débit moyen annual (m^3/s)	**144**	**185**	**227**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 51 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 2,411			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**107**	**182**	**258**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**115**	**170**	**240**

, soit un module spécifique interannuel de : 7,2 l/s/km² $K_3 = 2,087$

Remarque :

La distribution semble légèrement hypergaussique.

À cette station aussi, la faiblesse du coefficient de corrélation hydro-pluviométrique nous a fait choisir les valeurs de la distribution statistique pour caractériser les fréquences décennales bien que même avec 9 années l'échantillon reste bien maigre. Mais il groupe à la fois des années fortes et des années faibles.

5.1.8. - L'Uele à son confluent avec le Mbomou

Superficie du bassin versant : 139 700 km²
Nombre de modules reconstitués : 25
Moyenne des modules reconstitués : 1 540 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,53			
Pluviométrie (mm)	**1 559**	**1 717**	**1 875**
Débit moyen annuel (m^3/s)	**1 324**	**1 478**	**1 632**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 203 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,137			
Coefficient K_3 : 1,407			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**1 266**	**1 559**	**1 781**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**1 260**	**1 560**	**1 780**

, soit un module spécifique interannuel de : 11,5 l/s/km² K_3 = 1,413

Remarque :

Vu la faiblesse du coefficient de corrélation hydro-pluviométrique, c'est la distribution statistique qui a été retenue pour la détermination des valeurs décennales. Pour cette station, la loi de Goodrich a été utilisée. Les valeurs concernant le module interannuel sont assez proches l'une de l'autre (figure 5-2).

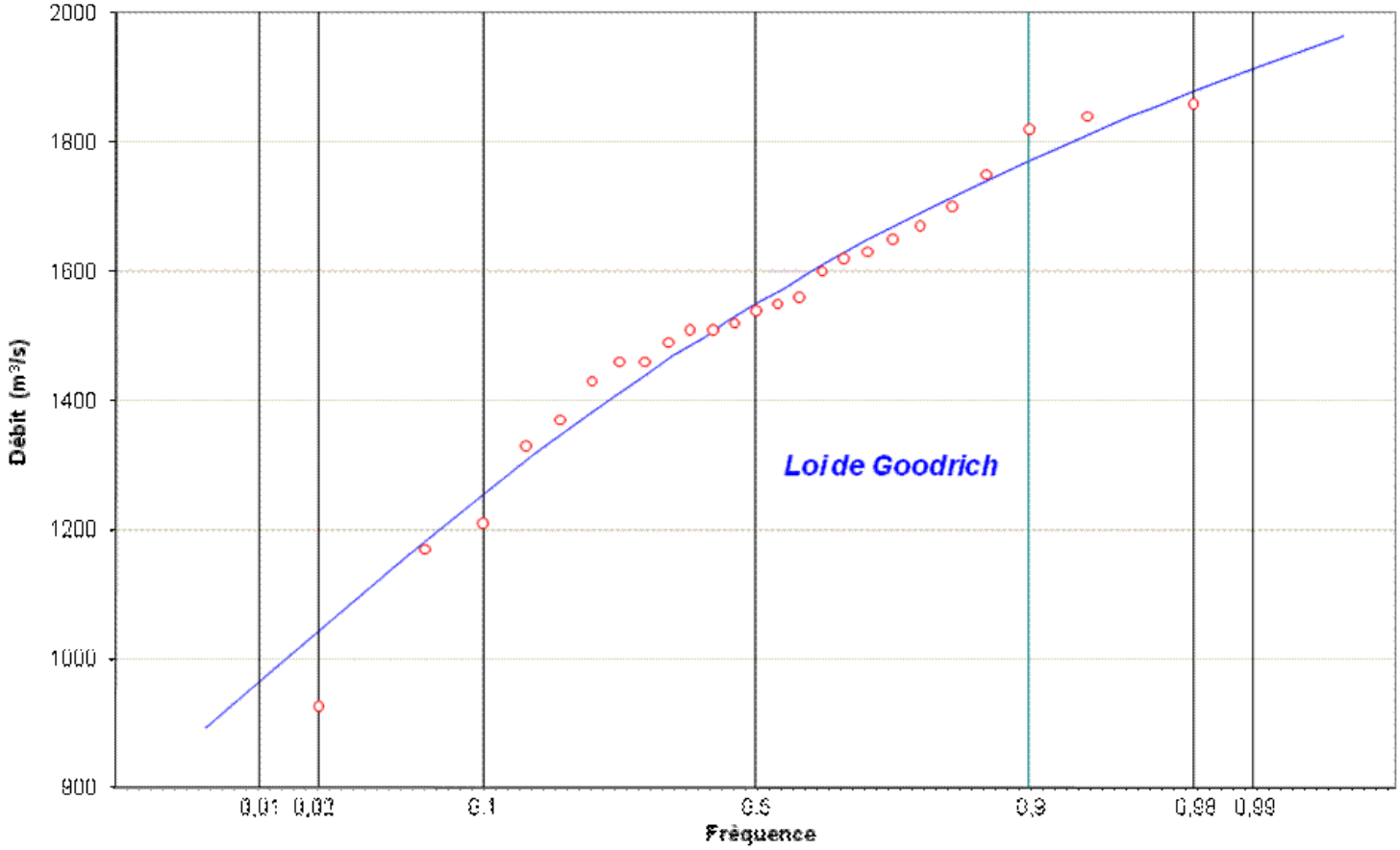


Figure 5-2

Distribution de la reconstitution des débits annuels du Uele à son confluent

5.2. - Le moyen Oubangui

5.2.1. - L'Oubangui à Mobaye

Superficie du bassin versant : 395 900 km²
Nombre de modules observés : 24
Moyenne des modules observés : 3 330 m³/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,61			
Pluviométrie (mm)	**1 475**	**1 606**	**1 738**
Débit moyen annuel (m³/s)	**2 948**	**3 327**	**3 710**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 627 (m³/s)			
Coefficient de variation : 0,188			
Coefficient K_3 : 1,666			
Débit moyen annuel (m³/s)	**2 508**	**3 328**	**4 179**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m³/s)	**2 650**	**3 330**	**4 000**

, soit un module spécifique interannuel de : 8,4 l/s/km² K_3 = 1,509

Remarque :

Il est possible que la distribution soit normale avec une grosse "bosse" pour les valeurs les plus fortes des années 1960 (voir Bangui), d'où le chiffre de 4 000 m³/s qui tient compte de nos incertitudes quant à la partie "haute" de la courbe de distribution (figure 5-3).

Le coefficient de corrélation hydro-pluviométrique est assez bon pour que l'on prenne en ligne de compte les valeurs issues de cette corrélation.

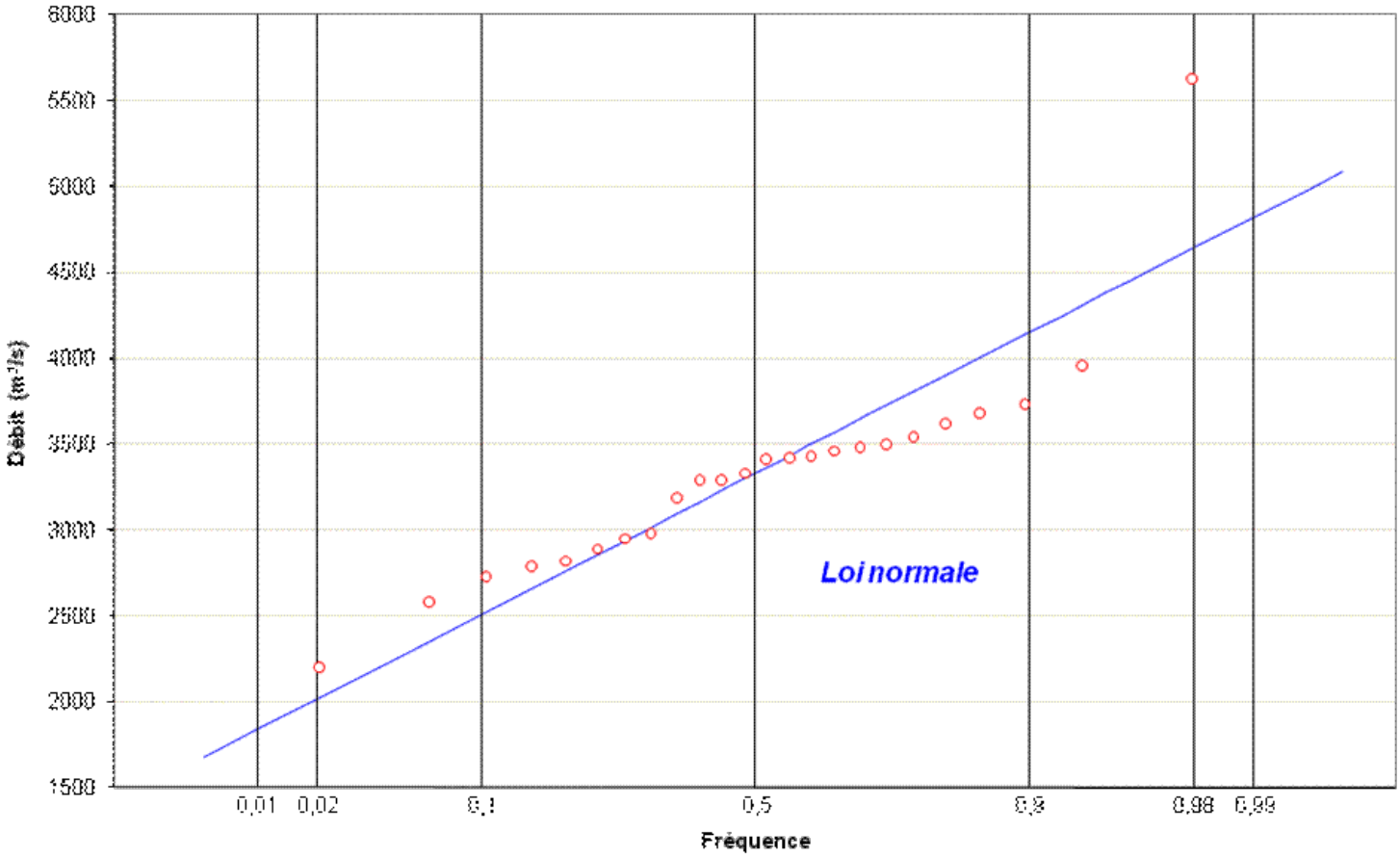


Figure 5-3

Distribution des débits annuels de l'Oubangui à Mobaye

5.2.2. - L'Oubangui à Bangui

Superficie du bassin versant : 488 500 km²
Nombre de modules observés : 61
Moyenne des modules observés : 3 980 m³/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,69			
Pluviométrie (mm)	**1 448**	**1 555**	**1 663**
Débit moyen annuel (m³/s)	**3 243**	**3 988**	**4 531**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 867 (m³/s)			
Coefficient de variation : 0,215			
Coefficient K_3 : 1,771			
χ^2 (8 degrés de liberté) : 13,34			
Débit moyen annuel (m³/s)	**2 909**	**4 030**	**5 151**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m³/s)	**3 100**	**4 100**	**5 050**

, soit un module spécifique interannuel de : 8,4 l/s/km² K_3 = 1,629

Remarque :

La corrélation hydro-pluviométrique étant assez forte, les valeurs retenues tiennent compte de toutes les déterminations. La distribution, avec 61

années, est *incontestablement normale* et si on complète l'échantillon à 77 ans, la *droite de Henry* reste la même et l'ajustement des fortes valeurs s'améliore. Mais dans les deux cas les échantillons comprennent deux séries tout à fait exceptionnelles :

- celle des années 1960 : le Nil a retrouvé, pour une année, les débits extrêmement forts de la fin du siècle dernier et le Congo a eu une crue tout à fait exceptionnelle ;
- celle des années sèches 1970-1990.

Or pendant ces années-là, les modules annuels *ne sont plus indépendants*. De ce fait, en série sèche par exemple, une année qui a tout pour être moyenne rencontre des conditions telles qu'elle est sèche (figure 5-4).

Le nombre d'années sèches et le nombre d'années humides sont, de ce fait, plus élevés qu'ils devraient l'être si les modules étaient indépendants. D'où un creux sous la droite pour les fréquences supérieures à 0,85 et une bosse pour les fréquences inférieures à 0,05. Ceci peut être accentué pour des échantillons plus courts (Bangassou, Mobaye par exemple).

Les valeurs retenues sont fortement influencées par l'échantillon de 77 années. Il a été tenu compte du fait que la corrélation hydro-pluviométrique, même très bonne, diminue systématiquement la variance.

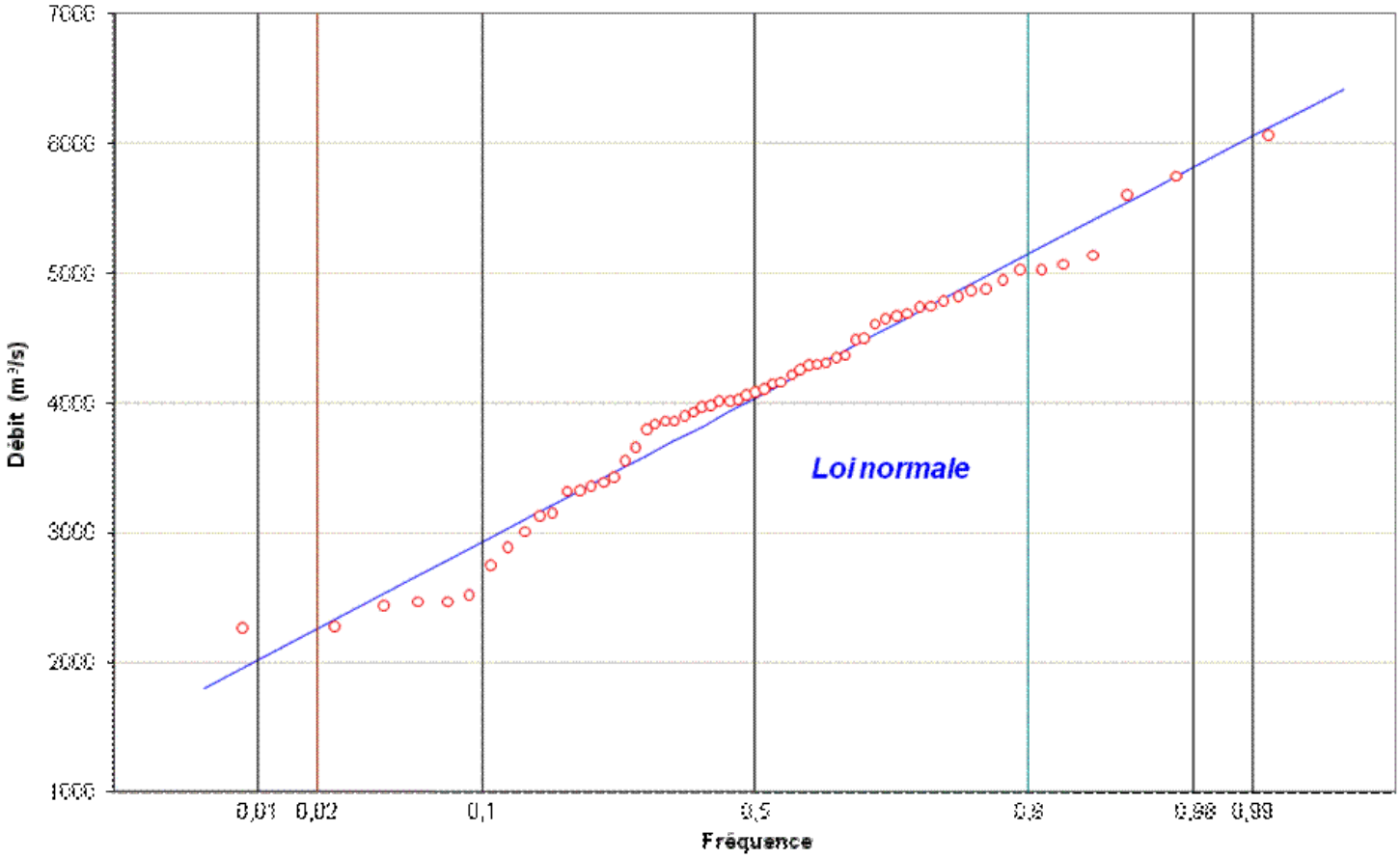


Figure 5-4
Distribution des débits annuels de l'Oubangui à Bangui

5.2.3. - L'Oubangui à Zinga

Superficie du bassin versant : 521 900 km²
Nombre de modules observés : 16
Moyenne des modules observés : 4 330 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : $r = 0,94$			
Pluviométrie (mm)	1 448	1 555	1 663
Débit moyen annuel (m^3/s)	3 274	4 438	5 612
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 898 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,210			
Coefficient K_3 : 1,776			
Débit moyen annuel (m^3/s)	3 086	4 283	5 480
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**3 180**	**4 280**	**5 550**

, soit un module spécifique interannuel de : 8,2 l/s/km² K_3 = 1,745

Remarque :

La bonne corrélation hydro-pluviométrique nous a conduits à faire la moyenne de toutes les déterminations.

5.3. - Les affluents du moyen Oubangui

5.3.1. - La Kotto à Bria

Superficie du bassin versant : 60.590 km22
Nombre de modules observés : 15
Moyenne des modules observés : 252 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : $r = 0,86$			
Pluviométrie (mm)	1 165	1 360	1 556
Débit moyen annuel (m^3/s)	210	263	316
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 46,1(m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,185			
Coefficient K_3 : 1,658			
Débit moyen annuel (m^3/s)	187	249	310
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**190**	**250**	**315**

soit un module spécifique interannuel de : 4,1 l/s/km² K_3 = 1,658

Remarque :

Nous avons, encore ici, une distribution normale.

Les écarts entre les diverses déterminations sont suffisamment faibles pour que des valeurs proches de la moyenne soient adoptées.

5.3.2. - La Kotto à Kembé

Superficie du bassin versant : 77 750 km²
Nombre de modules observés : 15
Moyenne des modules observés : 393 m^3/s

	Année de fréquence Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,84			
Pluviométrie (mm)	**1 247**	**1 419**	**1 592**
Débit moyen annuel (m^3/s)	**321**	**402**	**482**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 85,8 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,219			
Coefficient K_3 : 1,777			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**283**	**393**	**503**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**295**	**400**	**495**

, soit un module spécifique interannuel de : 5,1 l/s/km² K_3 = 1,678

Remarque :

La distribution est nettement gaussique, comme pour le Chinko (figure 5-5).

La corrélation hydro-pluviométrique est bonne et les déterminations des modules donnent des valeurs voisines pour la distribution avec 15 ans comme pour la distribution avec 20 ans. On a retenu les chiffres de la distribution avec 20 ans.

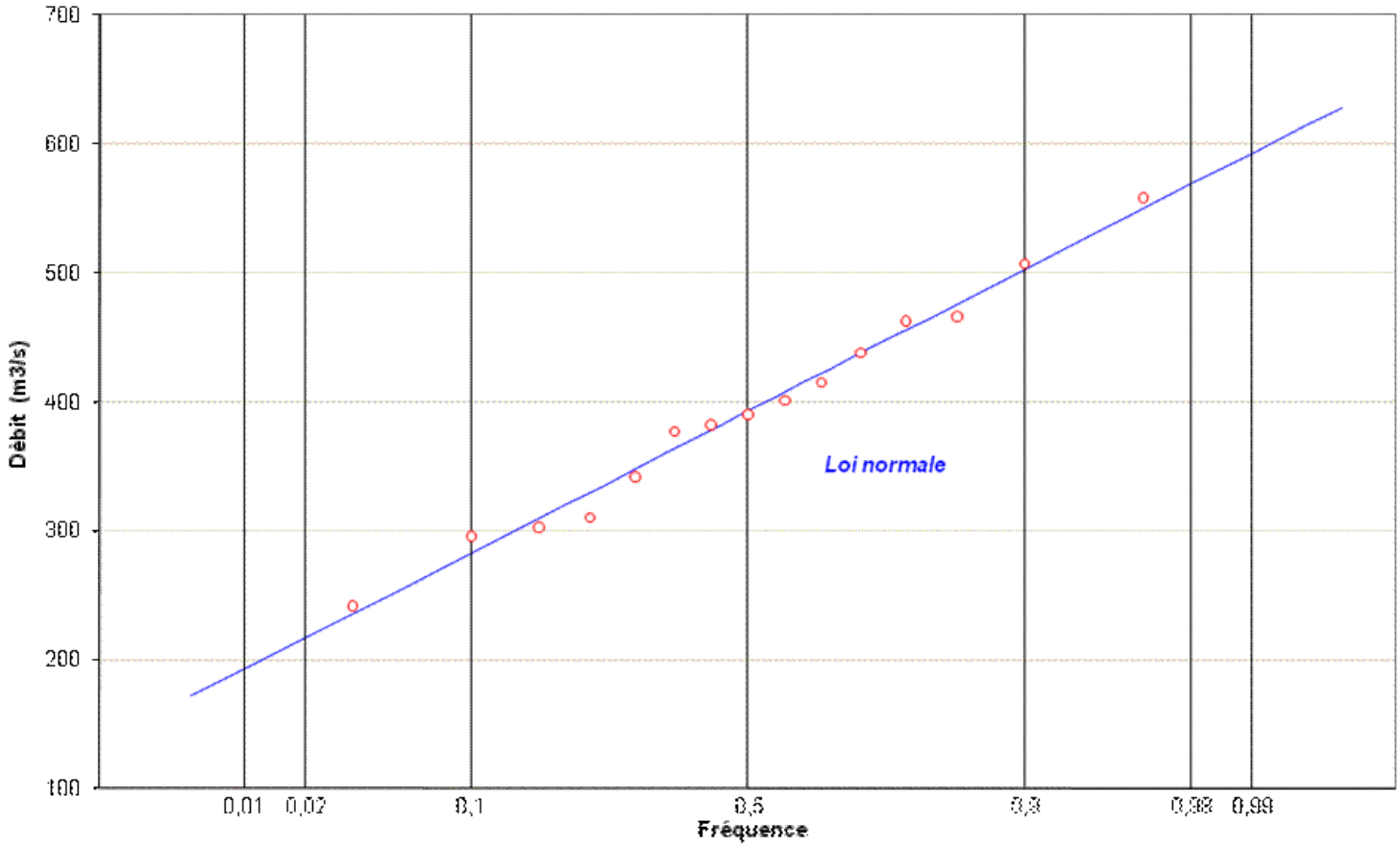


Figure 5-5

Distribution des débits annuels de la Kotto à Kembé

5.3.3. - La Pipi à Ouadda

Superficie du bassin versant : 2 500 km²

Nombre de modules observés : 9

Moyenne des modules observés : 11,8 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,21			
Aucune corrélation pluie-débit			
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 2,1 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,176			
Coefficient K_3 : 1,736			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**8,7**	**11,9**	**15,1**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**8,7**	**11,9**	**15,1**

, soit un module spécifique interannuel de : 4,8 l/s/km² K_3 = 1,736

L'échantillon est très petit mais la présence d'une année sèche et d'une année humide permet d'avoir une idée de la moyenne et des valeurs décennales.

5.3.4. - La Bangui-Kété à Alindao

Superficie du bassin versant : 4 560 km²
Nombre de modules observés : 22
Moyenne des modules observés : 59,2 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,64			
Pluviométrie (mm)	**1 306**	**1 526**	**1 747**
Débit moyen annuel (m^3/s)	**46**	**60**	**73**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 14,6 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,248			
Coefficient K_3 : 1,871			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**41,9**	**57,3**	**78,4**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**42**	**58**	**77**

, soit un module spécifique interannuel de : 13,0 l/s/km² K_3 = 1,905

Remarque :

La loi de Gauss convient mal à cette station (figure 5-6). Par contre, celles de Galton, Pearson III et même Gumbell donnent des résultats extrêmement voisins. Il est normal, pour un bassin aussi petit, de trouver une distribution hypergaussique. Bien que le coefficient de corrélation hydro-pluviométrique reste acceptable, l'excellente distribution statistique nous conduit à lui donner un poids plus fort pour déterminer les valeurs décennales et moyennes.

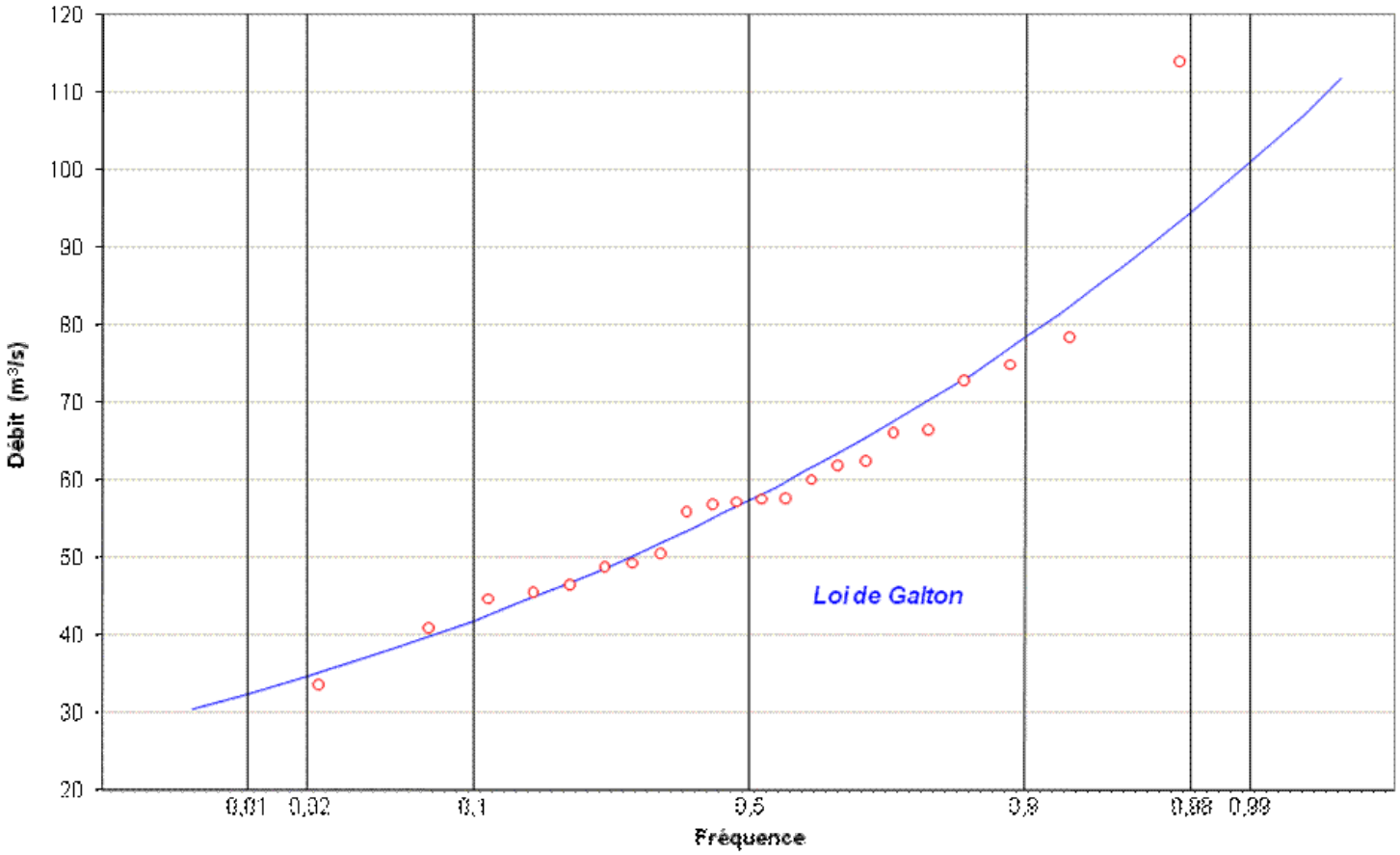


Figure 5-6

Distribution des débits annuels de la Bangui-Kété à Alindao

5.3.5. La Ouaka à Bambari

Superficie du bassin versant : 29 730 km²
Nombre de modules observés : 15
Moyenne des modules observés : 187 m³/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,47			
Pluviométrie (mm)	**1 238**	**1 416**	**1 595**
Débit moyen annuel (m³/s)	**158**	**184**	**210**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 42,3 (m³/s)			
Coefficient de variation : 0,226			
Coefficient K_3 : 1,855			
Débit moyen annuel (m³/s)	**131**	**187**	**243**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m³/s)	**130**	**185**	**240**

, soit un module spécifique interannuel de: 6,2 l/s/km² K_3 = 1,846

Remarque :

La distribution est nettement normale. Les échantillons avec 15, puis 20 années, donnent pratiquement les mêmes résultats.

Le coefficient de corrélation hydro-pluviométrique est trop faible pour tenir compte des modules décennaux ainsi déterminés. Par contre le module interannuel a la même valeur pour les 3 déterminations.

5.3.6. - La Tomi à Sibut

Superficie du bassin versant : 2 610 km²
Nombre de modules observés : 16
Moyenne des modules observés : 15,7 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,55			
Pluviométrie (mm)	**1 101**	**1 339**	**1 577**
Débit moyen annuel (m^3/s)	**12**	**16**	**20**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 5,3 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,336			
Coefficient K_3 : 2,614			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**8,76**	**15,8**	**22,9**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**9,2**	**16**	**22,5**

, soit un module spécifique interannuel de : 6,1 l/s/km² K_3 = 2,446

Remarque :

La distribution, avec l'échantillon complété à 21 années, est nettement gaussique. L'année 1973-1974 se situe, en réalité, à une fréquence beaucoup plus faible que celle du calcul.

Les 3 déterminations du module interannuel sont pratiquement identiques.

On a retenu les chiffres de la distribution de l'échantillon avec 21 années, qui est plus sûr pour les valeurs extrêmes.

5.3.7. - L'Ombella à Bossélé (Pont au kilomètre 105 de la route Bangui-Bambari)

Superficie du bassin versant : 3 020 km²
Nombre de modules observés : 9
Moyenne des modules observés : 22,5 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,35			
Aucune corrélation pluie-débit			
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 6,7 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,364			
Coefficient K_3 : 3,625			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**8**	**18,4**	**29**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**11**	**23**	**32**

soit un module spécifique interannuel de : 7,6 l/s/km² K_3 = 2,909

Remarque :

Les valeurs indiquées pour les modules décennaux ne sont que de simples ordres de grandeur, même avec un échantillon complété à 12 années. Les extrêmes correspondent à des fréquences très faibles, que ce soit 1973-1974 et 1974-1975 pour les années sèches ou 1975-1976, 1955-1956

et 1966-1967 pour les années humides. C'est pourquoi on a majoré légèrement la valeur décennale sèche et réduit légèrement la valeur décennale humide.

5.3.8. - La Mpoko à Bossélé-Bali

Superficie du bassin versant : 10 460 km²
Nombre de modules observés : 16
Moyenne des modules observés : 92,4 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,75			
Pluviométrie (mm)	1 353	1 502	1 652
Débit moyen annuel (m^3/s)	63	93	118
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 31,1 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,336			
Coefficient K_3 : 2,617			
Débit moyen annuel (m^3/s)	51,2	92,6	134
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	52	95	130

, soit un module spécifique interannuel de : 9,1 l/s/km² K_3 = 2,500

Remarque :

Avec 17 années complétées, la distribution paraît hypogaussique (loi de Goodrich).

Les valeurs des modules interannuels sont quasi-identiques. Par contre l'écart est plus important sur les modules décennaux.

5.3.9. - La Mpoko à Bangui (Bimbo)

Superficie du bassin versant : 25 630 km²
Nombre de modules observés : 10
Moyenne des modules observés : 278 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,14			
Aucune corrélation pluie-débit			
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 83,1 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,367			
Coefficient K_3 : 2,782			
Débit moyen annuel (m^3/s)	124	235	345
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	124	245	360

, soit un module spécifique interannuel de : 9,6 l/s/km² K_3 = 2,903

Remarque :

La distribution, avec un échantillon de 16 années, est très légèrement hypogaussique.

Bien que les 2 valeurs du module interannuel soient très voisines, les indications des débits sont à utiliser avec grande prudence car la station est influencée par le niveau de l'Oubangui.

5.3.10. - La Lessé à Bombé

Superficie du bassin versant : 1 300 km²
Nombre de modules observés : 11
Moyenne des modules observés : 5,52 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,59			
Pluviométrie (mm)	1 425	1 652	1 879
Débit moyen annuel (m^3/s)	4,72	5,74	6,76
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 0,796 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,136			
Coefficient K_3 : 1,429			
Débit moyen annuel (m^3/s)	4,8	5,83	6,86
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	4,2	5,5	6,85

, soit un module spécifique interannuel de : 4,2 l/s/km² K_3 = 1,631

Remarque :

L'échantillon des 11 modules est bien maigre. Mais les écarts, d'une distribution à l'autre (gaussique, hypogaussique, hypergaussique) sont faibles. En définitive nous avons retenu une distribution normale, malgré la taille réduite du bassin.

La corrélation hydro-pluviométrique est mauvaise.

5.3.11. - La Mbali à Boali-Usine

Superficie du bassin versant : 4 410 km²
Nombre de modules observés : 30 (avec Boali Poste)
Moyenne des modules observés : 50,9 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,27			
Aucune corrélation pluie-débit			
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 11,3 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,222			
Coefficient K_3 : 1,815			
χ^2 : 3,667 (3 degrés de liberté)			
Débit moyen annuel (m^3/s)	36,2	51	65,7
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	36	51	66

, soit un module spécifique interannuel de : 11,6 l/s/km² K_3 = 1,833

Remarque :

La distribution est, peut-être, légèrement hypogaussique (Goodrich) mais cela ne se voit pas à l'échelle des modules et des 2 déciles (figure 5-7).

Il peut sembler curieux qu'il n'existe aucune corrélation hydro-pluviométrique à cette station. Une possible explication est, qu'ici, la pluviométrie du bassin n'est déterminée qu'avec 2 postes pluviométriques seulement.

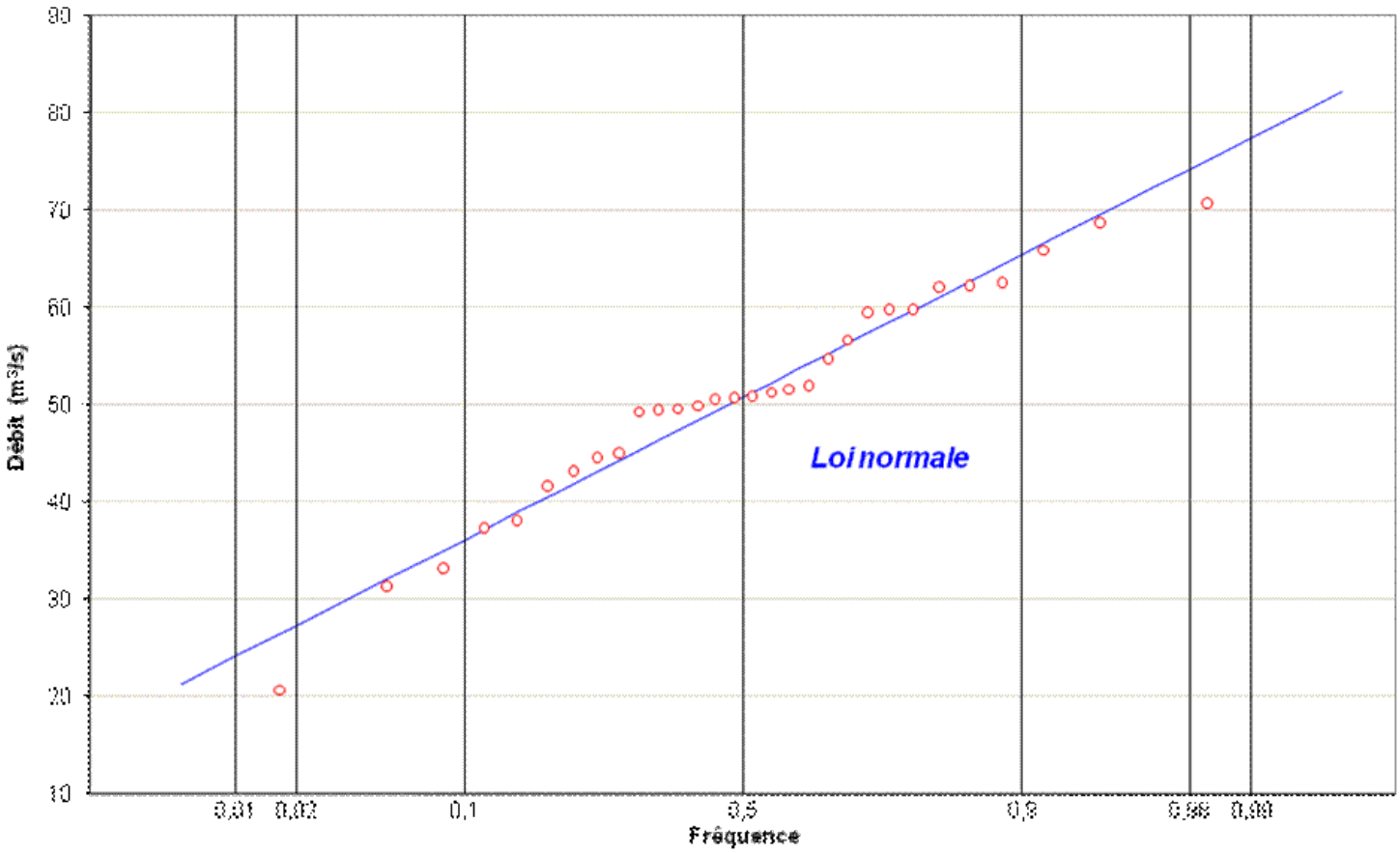


Figure 5-7

Distribution des débits annuels de la Mbali à Boali-Usine

5.3.12. - La Lobaye à Zaoro-Yanga

L'unique module annuel observé est de 74,4 m^3/s, ce qui correspond à un module spécifique de 14,1 l/s/km².

5.3.13. - La Lobaye à Kédingué-Yawa

Superficie du bassin versant : 11 170 km²
Nombre de modules observés : 13
Moyenne des modules observés : 133 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : $r = 0,94$			
Pluviométrie (mm)	**1 294**	**1 446**	**1 597**
Débit moyen annuel (m^3/s)	**107**	**129**	**151**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 18 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,132			
Coefficient K_3 : 1,464			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**110**	**138**	**161**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**110**	**135**	**150**

, soit un module spécifique interannuel de : 12,1 l/s/km² K_3 = 1,364

Remarque :

La distribution avec l'échantillon complété à 16 années est légèrement hypogaussique (loi de Goodrich). On a revu le module décennal humide avec cette dernière distribution.

La corrélation hydro-pluviométrique est ici excellente et la dispersion entre les 2 méthodes est tout à fait acceptable.

5.3.14. - La Lobaye à Safa (Terres rouges)

Superficie du bassin versant : 29 600 km²
Nombre de modules observés : 16
Moyenne des modules observés : 351 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : $r = 0,76$			
Pluviométrie (mm)	**1 341**	**1 486**	**1 632**
Débit moyen annuel (m^3/s)	**304**	**345**	**387**
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 37,5 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,105			
Coefficient K_3 : 1,318			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**308**	**358**	**406**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**305**	**354**	**402**

, soit un module spécifique interannuel de : 12,0 l/s/km² K_3 = 1,318

Remarque :

La distribution est encore hypogaussique, comme pour toute la Lobaye. Malgré la modestie de l'échantillon, on retrouve le "creux" de Bangui, mais pas la "bosse" des années 1960 : à cette époque les crues de la Lobaye ont été fortes, mais pas extraordinaires.

Le bon coefficient de corrélation hydro-pluviométrique nous a fait admettre des valeurs moyennes tant pour le module interannuel que pour le module décennal sec. En année décennale humide, la valeur de 402 m^3/s se déduit par symétrie par rapport à la moyenne (354 m^3/s).

5.3.15. - La Lobaye à Mbata

Superficie du bassin versant : 30 300 km²
Nombre de modules observés : 26 (2 années supplémentaires reconstituées)
Moyenne des modules observés : 322 m^3/s

	Année de fréquence		
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide
CORRÉLATION HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE			
Coefficient de corrélation : r = 0,40			
Aucune corrélation pluie-débit			
DISTRIBUTION STATISTIQUE			
Ecart-type : ± 28,3 (m^3/s)			
Coefficient de variation : 0,154			
Coefficient K_3 : 1,520			
χ^2 : 4,385 (2 degrés de liberté)			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**254**	**327**	**385**
VALEURS RETENUES			
Débit moyen annuel (m^3/s)	**254**	**327**	**385**

, soit un module spécifique interannuel de : 10,8 l/s/km² K_3 = 1,516

Remarque :

La valeur du module interannuel, déterminé par une distribution de Goodrich (la loi de Gauss s'applique mal ici), donne la même valeur que la moyenne de nos 26 modules du Chapitre 4 (figure 5-8).

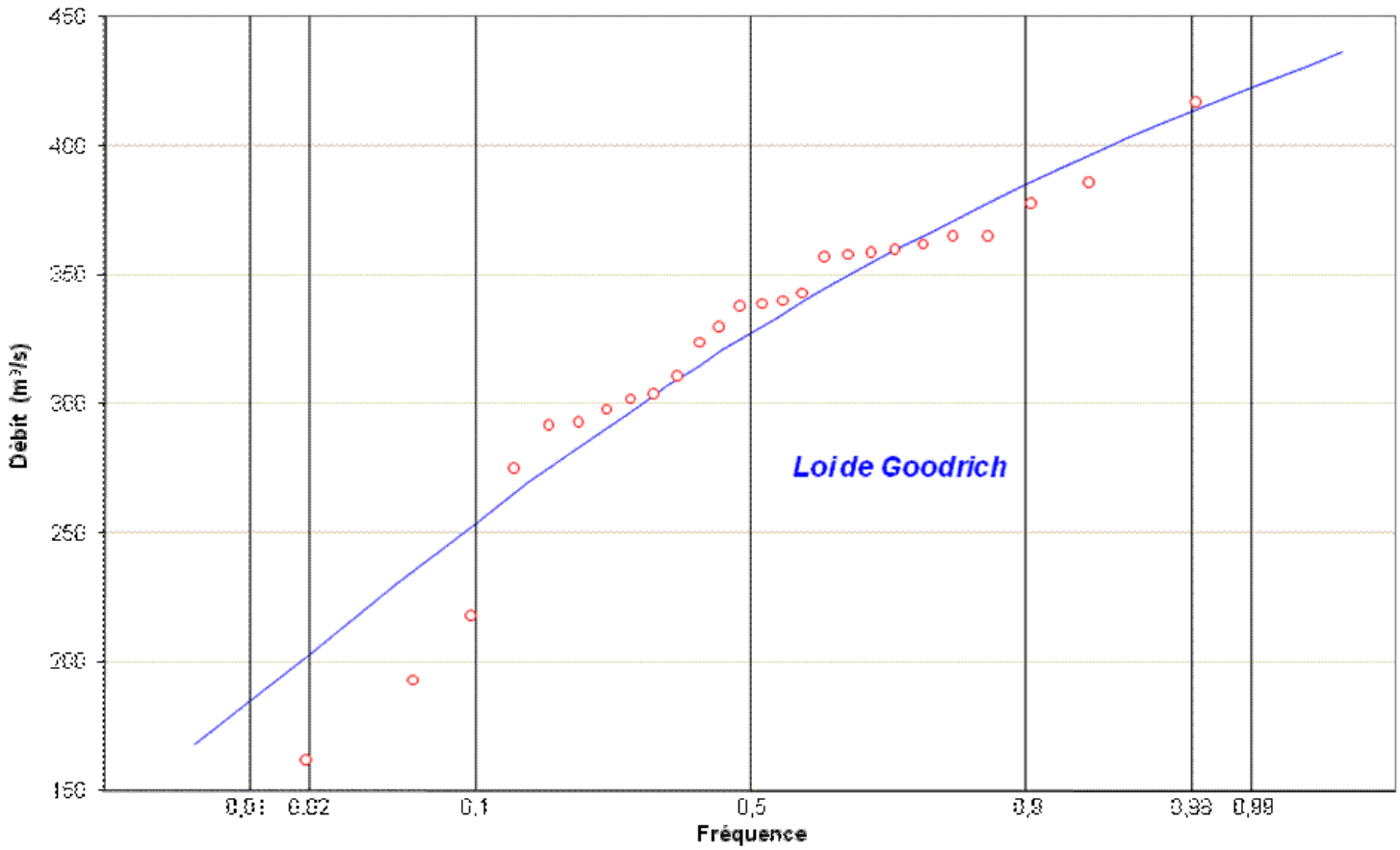


Figure 5-8
Distribution des débits annuels de la Lobaye à Mbata

5.4. - Variation du module spécifique en fonction de la taille du bassin versant

La figure 5-9 indique comment se distribuent les modules spécifiques (en l/s/km²) en fonction de la superficie des bassins versants.

Nous y distinguons 3 zones :

- la zone **A**, où les modules sont les plus faibles : de 3 à 5 l/s/km². Y sont inclus la Kotto, le Mbokou, la Pipi et la Lessé. L'influence de la superficie est faible : c'est logique en région climatique guinéenne, où la hauteur pluviométrique joue davantage un rôle principal ;
- la zone **B**, avec des modules compris entre 5 et 10 l/s/km². Elle englobe la totalité des stations de l'Oubangui même, avec le Mbomou, le Mbari et le Chinko. Y sont associés la Tomi, l'Ombella et la Mpoko (bien que cette dernière pourrait presque être classée dans la catégorie précédente où elle retrouverait des bassins qui lui sont proches) ;
- la zone **C**, avec des modules de 10 l/s/km² et plus. Cette zone concerne la Bangui-Kété à Alindao (valeur record, avec 13 l/s/km²), la Mbali à Boali, la Lobaye et l'Uele.

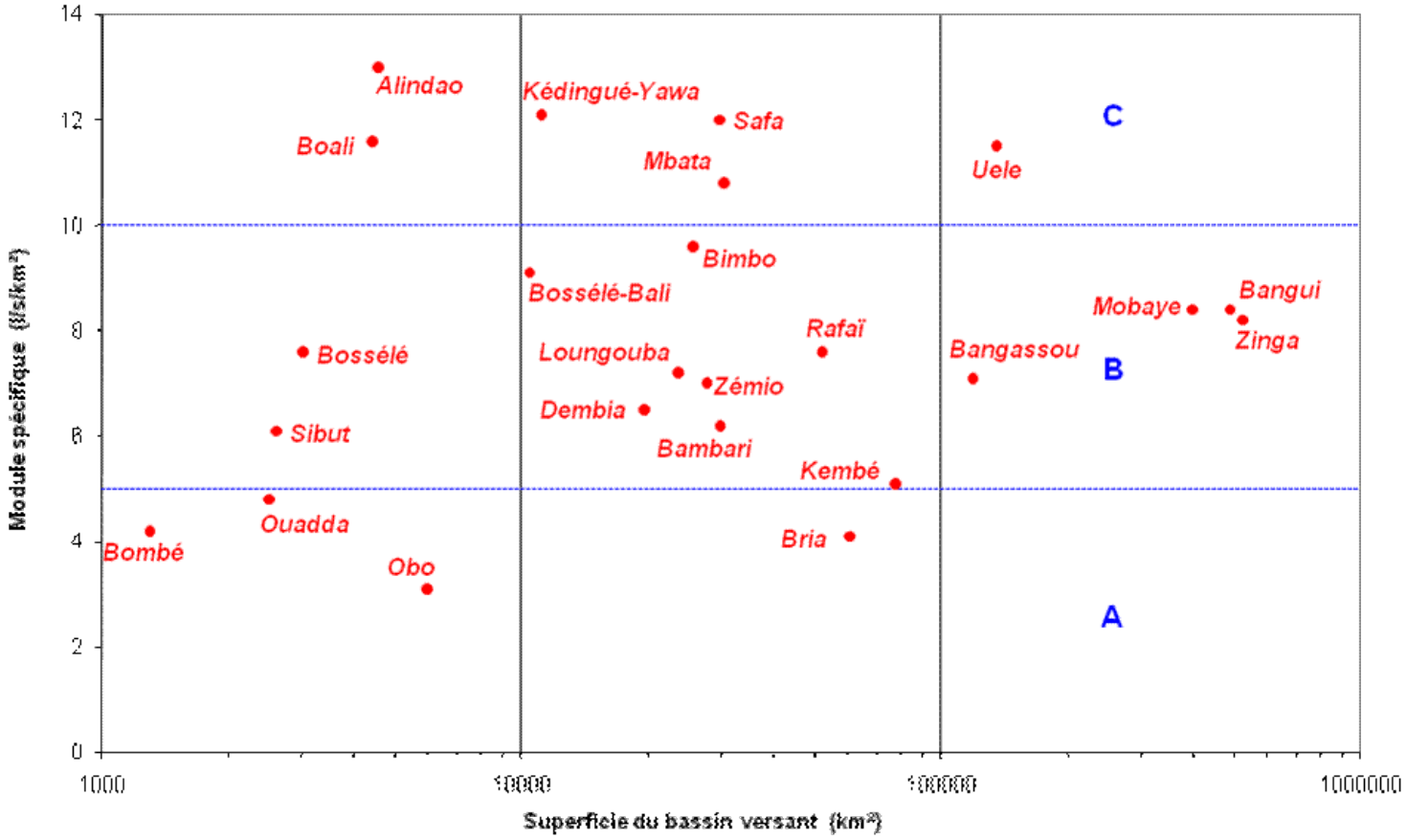


Figure 5-9

Distribution des modules spécifiques en fonction de la superficie des bassins versants

5.5. - Irrégularités interannuelles d'une station à l'autre

De la même façon, nous avons représenté, sur la figure 10, comment se répartissent les stations en fonction de leur coefficient d'irrégularité K_3 (rapport entre le module de fréquence décennale "humide" et celui de fréquence décennale "sèche") et de la superficie de leur bassin versant.

- la classe **A** caractérise les rivières dont ce coefficient est compris entre 1,4 et 1,6. Ce sont les rivières les plus régulières du bassin oubanguien : la Lessé, la Lobaye (en totalité), le Mbomou, l'Oubangui et l'Uele. Ce sont de très grands bassins (ou des bassins beaucoup plus petits mais qui reçoivent des pluies abondantes comme la Lobaye) ;
- la classe **B** concernent bon nombre de rivières où le coefficient est compris entre 1,6 et 2,0 ;
- enfin la classe **C** concerne les stations où K_3 est supérieur à 2. Elle caractérise les rivières qui présentent de fortes irrégularités d'une année à l'autre. Ce sont la Mpoko, le Mbari, l'Ombella et la Bangui-Kété. Les bassins sont petits ou assez petits ; on pourrait presque y joindre le bassin du Mbokou, petit lui aussi.

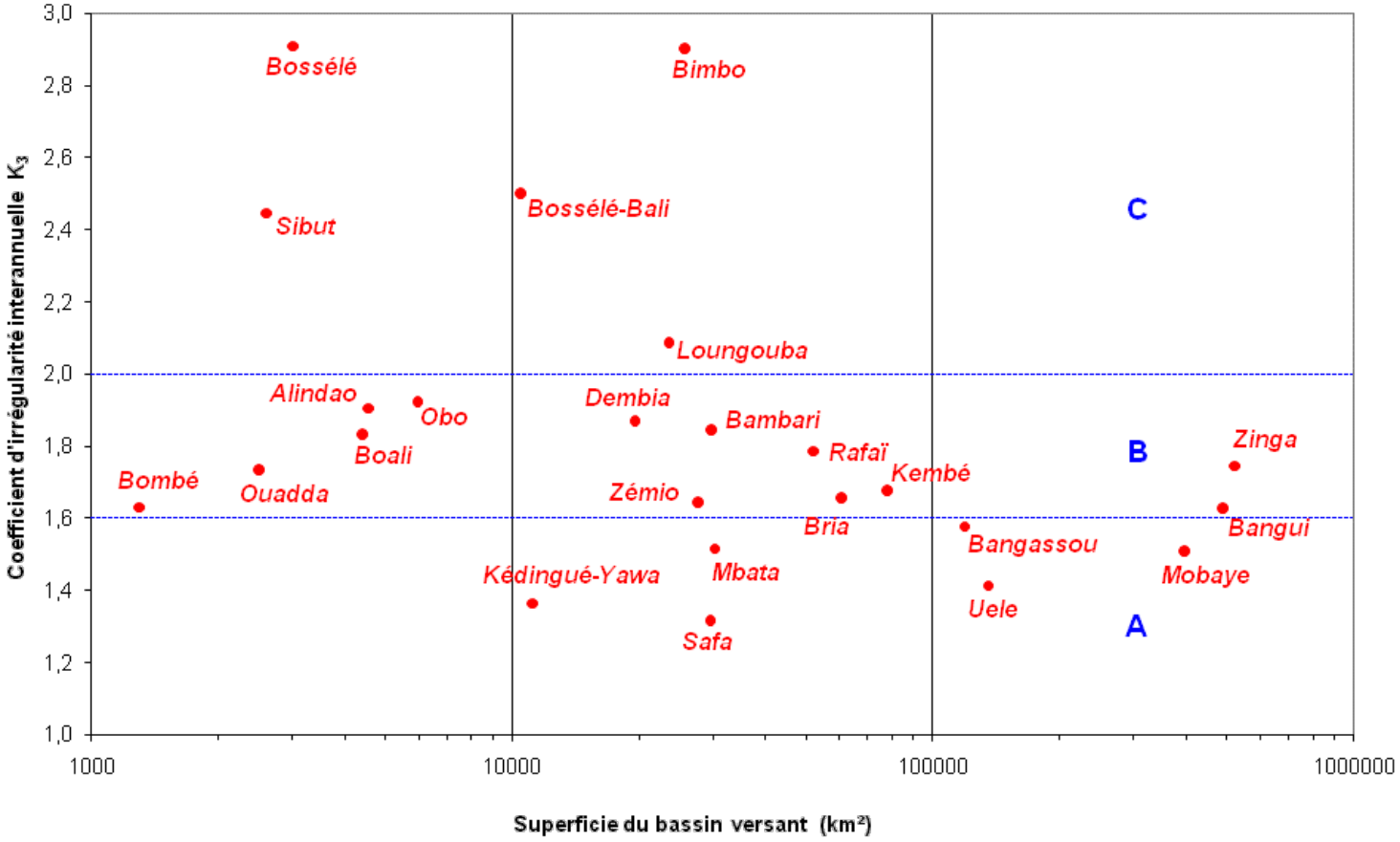


Figure 5-10

Distribution des Coefficients d'irrégularité interannuelle K_3 en fonction de la superficie des bassins versants

En général, ce sont des valeurs relativement faibles, bien en accord avec le climat guinéen. L'influence soudanienne fait croître K_3 pour certains bassins. Mais la superficie peut jouer son rôle : plus le bassin est petit, toutes choses restant égales par ailleurs, plus K_3 est grand mais cette croissance est faible.

L'influence de l'abondance pluviométrique est plus importante.

La Lobaye, de faible irrégularité interannuelle, présente de forts modules spécifiques. À l'inverse l'Ombella, qui n'a pas un module spécifique très important (7,6 l/s/km²), a par contre une forte irrégularité (K_3 = 2,9).

5.6. - Variation temporelle des modules

Voyons comment évoluent les séries chronologiques des modules et des pluviométries, aux 3 meilleures stations du bassin : l'Oubangui à Bangui, la Mbali à Boali et la Lobaye à Mbata.

La méthode utilisée est celle de la moyenne mobile. Comme au Chapitre 2 pour la pluviométrie (paragraphe 2.8.3), nous avons calculé les moyennes mobiles sur une période de 5 années, en centrant le résultat (c'est-à-dire que, par exemple, la moyenne mobile de l'année 1962 correspond à la moyenne des années 1960 à 1964).

L'Oubangui à Bangui :

La figure 5-11 indique comment varient les moyennes mobiles de 1937 à 1988 (ce qui correspond à l'échantillon 1935-1990) pour les modules et de 1943 à 1985 (échantillon 1940-1988) pour la pluviométrie moyenne sur le bassin versant limité à Bangui.

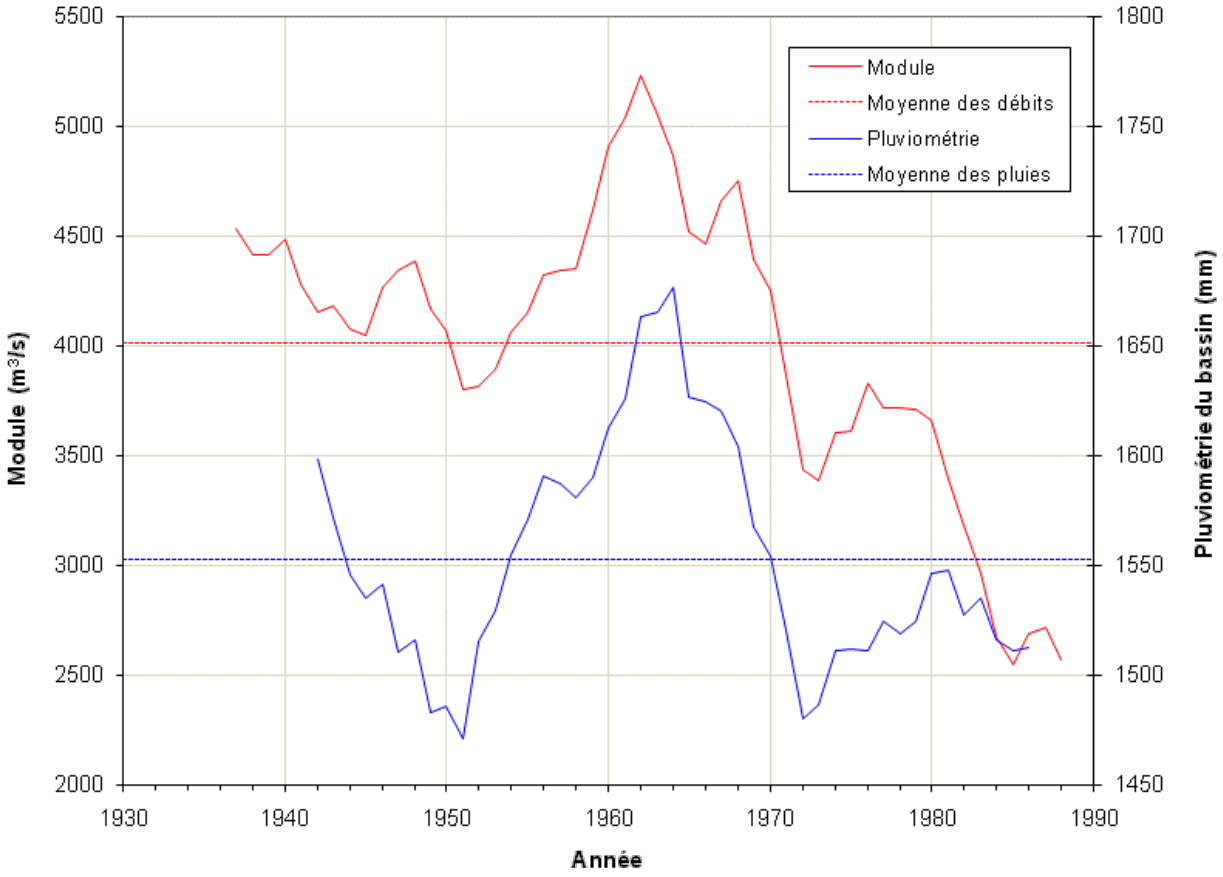


Figure 5-11

Moyennes mobiles sur 5 ans des modules de l'Oubangui à Bangui et de la pluviométrie de son bassin

Nous y observons :

- o des modules légèrement supérieurs à la moyenne, de 1937 à 1950 ;
- o une période 1951-1953 légèrement déficitaire ;
- o ensuite les années 1954 à 1970 sont très largement excédentaires ;
- o une chute spectaculaire des modules, de 1971 à 1973, suivie d'une légère remontée de 1974 à 1980 et d'une chute encore plus spectaculaire à partir de 1981. On retrouve, ici, une trace de la sécheresse de 1913-1914, beaucoup plus nette sur le Niger et le Sénégal.

La pluviométrie du bassin suit très bien la variation de débit jusque vers 1972. Ceci malgré le fait que nous n'avons aucun renseignement sur les stations de la RDC (ex-Zaïre) depuis 1961. Les stations de Rafaï, Zémio et Obo sont alors les seules utilisée pour déterminer la pluviométrie moyenne du bassin de l'Uele, de dimension équivalente à celui du Mbomou.

Une autre explication réside dans la sérieuse baisse du niveau des nappes phréatiques depuis 1970.

Les analyses statistiques sur les séries chronologiques effectuées avec l'utilitaire *Khronostat* (téléchargement à http://www.hydrosciences.org/spip.php?article239) indiquent une « rupture » en 1970 ou 1971 sur la série des modules et en 1969 sur la série des pluviométries.

La Mbali à Boali :

Les moyennes mobiles ont été établies de 1951 à 1986 (échantillon 1949-1988) en utilisant les années complétées.

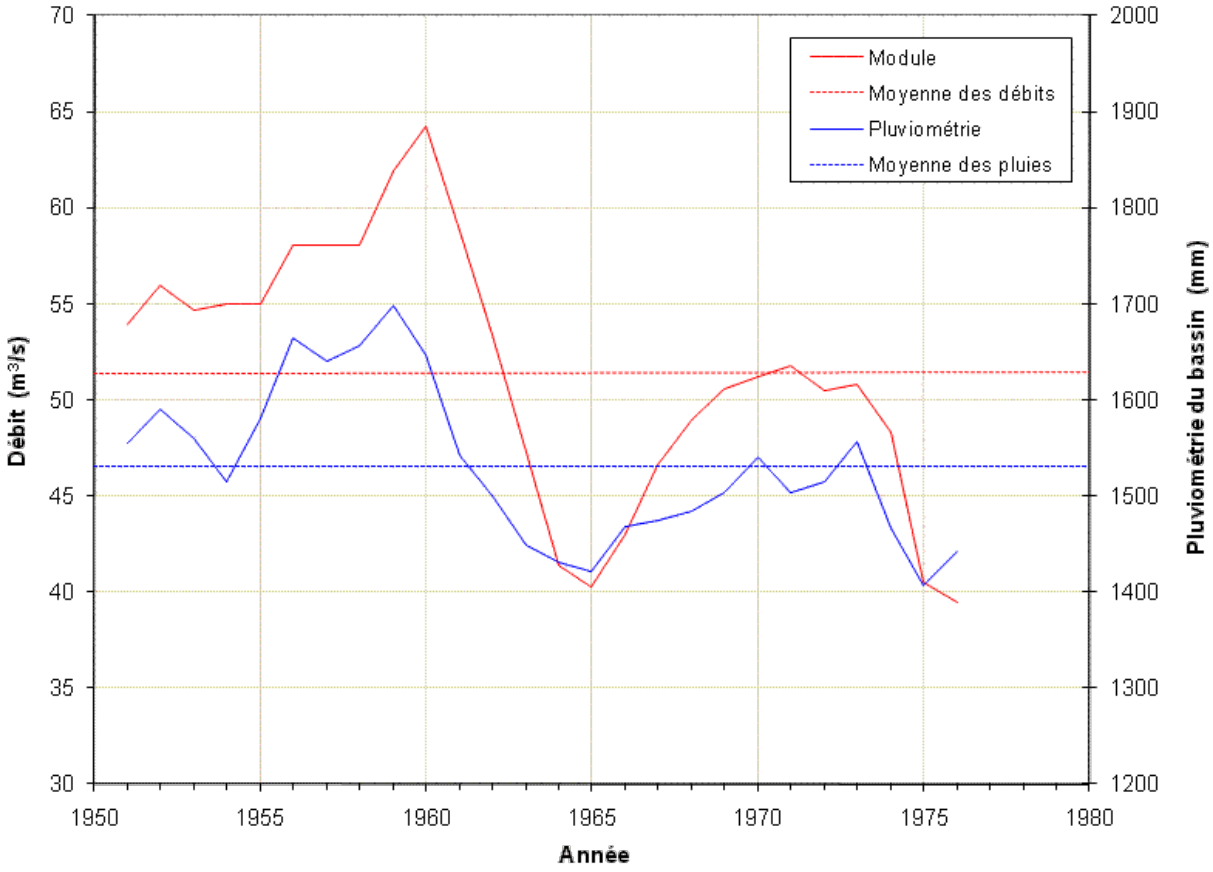


Figure 5-12

Moyennes mobiles sur 5 ans des modules de la Mbali à Boali et de la pluviométrie de son bassin

La figure 5-12 donne l'allure de ces moyennes. Nous constatons que :

- o les modules croissent jusqu'en 1960 ;
- o il y a une brutale diminution de 1960 à 1965 ;
- o ils remontent de 1965 à 1971, où ils atteignent une valeur moyenne qui perdure jusqu'en 1973 ;
- o à partir de 1973, les modules diminuent nettement.

Il semblerait que les débits, à partir de 1988, aient retrouvé des valeurs proches de la moyenne.
Bien que déterminée avec seulement 2 postes pluviométriques, la pluviométrie du bassin reflète une variation identique à celle des modules.

Les analyses statistiques sur les séries chronologiques effectuées avec l'utilitaire *Khronostat* indiquent une « rupture » en 1970 sur la série des modules et en 1969 sur celle des pluviométries.

La Lobaye à Mbata :

La détermination concerne la période allant de 1955 à 1973, qui correspond à l'échantillon 1953-1975.

La figure 5-13 donne aussi l'allure des variations des modules et des pluviométries jusqu'en 1973. Elle indique que:

- o les années sont excédentaires de 1955 à 1961 ;
- o à partir de 1961, les débits diminuent jusqu'en1963 ;
- o de 1963 à 1965, les modules sont un peu inférieurs à la moyenne ;
- o il y a une nette augmentation de débits de 1965 à 1968;
- o cette augmentation est suivie d'une chute brutale de l'écoulement jusqu'en 1973 (fin des moyennes mobiles), qui semblerait s'être prolongée jusqu'en 1989 (fin des observations disponibles pour cette station).

Il convient de noter l'effet régulateur des grès de Carnot sur la variation des modules d'une année à l'autre.

La pluviométrie sur le bassin suit bien ces variations de débit.

Les analyses statistiques sur les séries chronologiques effectuées avec l'utilitaire *Khronostat* indiquent des « ruptures » en 1970, 1974 et 1976 sur la série des modules mais aucune sur la série des pluviométries.

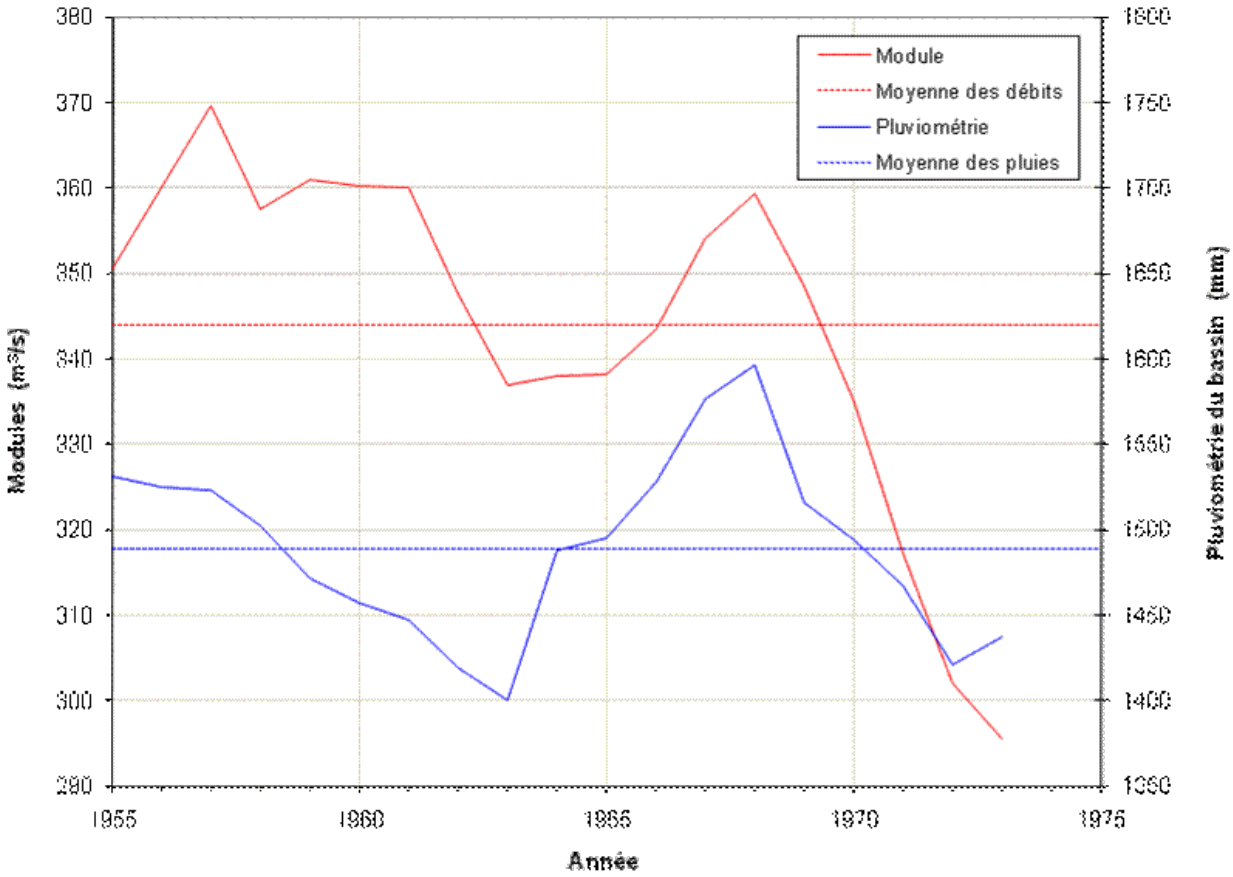


Figure 5-13

Moyennes mobiles sur 5 ans des modules de la Lobaye à Mbata et de la pluviométrie de son bassin

Conclusion :

D'une façon générale, la période s'étendant jusque vers 1960 s'avère de forte hydraulicité. Mais vers la fin de la décennie 1960, les débits diminuent nettement.

La cause de cette diminution est un *effet de bascule* dans la Circulation générale de l'atmosphère, entre l'Afrique et l'Amérique du Sud. Elle correspond à une augmentation pluie-débit sur les bassins de l'Amazone et du Paraná, sans que l'on puisse encore en expliquer l'origine (*voir Chapitre 2, paragraphe 2.8.3.2 – La sécheresse de 1970*).
Cette série sèche est encore plus extraordinaire que la série humide des années 1960 (en fait, de 1954 à 1970). Elle se retrouve, de façon fragmentaire, à toutes les stations hydrométriques en amont de Bangui, sauf celles alimentées en partie par les zones de climat soudanien où les années humides de 1960 sont moins nombreuses, surtout après 1961.

Notons également, dans l'ensemble, une bonne corrélation *module-pluie*. Ceci est parfaitement logique : la pluie est l'élément moteur de l'écoulement.

Retour en haut du Chapitre

Sommaire de la monographie

Chapitre 6

ÉTUDE DES CRUES

Généralités. Date d'apparition du débit maximum annuel
Résultats des analyses statistiques sur les crues maximales annuelles
L'Oubangui supérieur
Le moyen Oubangui
Les affluents du moyen Oubangui
Commentaires sur la fréquence d'utilisation des lois statistiques
Variabilité des débits de crue décennale en fonction de la taille du bassin versant
Variation interannuelle du débit de la crue maximale
Les plus fortes crues observées sur l'Oubangui à Bangui

Le programme utilitaire de traitement statistique *DIXLOIS* est également utilisé pour cette étude, avec les lois de distribution suivantes :

- loi normale (loi de Gauss) ;
- loi gausso-logarithmique (loi de Galton) ;
- loi de Gumbel ;
- loi de Pearson III ;
- loi de Goodrich.

La validité de ces distributions est contrôlée avec l'utilitaire *ALED*, qui utilise :

- le test du c^2 ;
- le test de Cramer-Von Mises ;
- le test de Watson ;
- le test d'Anderson-Darling.

Les dispositions de présentations sont identiques à celles définies au début du Chapitre 4.

6.1. - Date d'apparition du débit maximum annuel

Le tableau 6.1 rassemble les dates d'apparition de la crue maximale annuelle, station par station.

Tableau 6.1 - Dates d'apparition des crues maximales annuelles

Rivière	Station	Juillet	Août			Septembre			Octobre			Novembre			Total
			01-10	11-20	21-31	01-10	11-20	21-30	01-10	11-20	21-31	01-10	11-20	21-30	
							Oubangui Supérieur								
Mbomou	Zémio			1				2	2	2	5	8			20
	Bangassou						1	3	1	5	3	3			16
Ouara	Dembia								5	3	5	2	1		16
Chinko	Rafaï					2	3	1	6	2	3	1	1		19
Mbari	Loungouba				1			2	2	4	3	2			14
							Moyen Oubangui								
Oubangui	Mobaye					2	1	3	2	6	4	7	1	1	27
	Bangui					2	1	5	5	9	20	13	6		61
	Zinga					1	1	2	2	3	5	2			16
							Affluents de l'Oubangui								
Kotto	Bria			1			3	3	3	2	1				13
	Kembé				1	3	6	5	3	2	1				21
Pipi	Ouadda	2		3	2	2		1		3	1				14
Bangui-Kété	Alindao	3		2	3	2	4	1	2	2	4	2			25
Ouaka	Bambari			1		1	1	3	2	6	5				19
Tomi	Sibut			2	3	1	2	5	4	3	2				22
Ombella	Bossélé				1		2	2	1	1	3	1			11
Mpoko	Bossélé-Bali			2	3	4	1	2	2	2		1			17
	Bangui (Bimbo)			1	1	1				2	3	1	4		13
Lessé	Bombé				1	3	1	1	3	2	3	1			15
Mbali	Boali			1	1	4	6	4	8	3	4		2		33
Lobaye	Kédingué-Yawa						2	1	2	3	4	1			13
	Safa				2		2	1	2	5	7	1			20
	Mbaïa			1	1		3	3	2	6	7	3	1		27

Nous pouvons constater :

- que les rivières de l'Oubangui Supérieur, du Moyen Oubangui, la Ouaka à Bambari et la Lobaye présentent une occurrence de crue maximale annuelle essentiellement durant les deux dernières décades d'octobre et la première décade de novembre. Ceci est particulièrement net pour l'Oubangui, du fait de la crue de l'Uele qui, vu la forme très allongée de son bassin, arrive seulement courant octobre à son confluent avec le Mbomou ;
- que les crues maximales de la Pipi, vu la position septentrionale de son bassin, s'observent en juillet et surtout en août, mais aussi en octobre. Le peu d'années d'observations ne permet pas de mieux préciser le phénomène ;
- que les autres rivières ont une période d'apparition de la crue maximale annuelle assez large, allant de la seconde décade d'août à la dernière décade d'octobre.

En somme, la position plus ou moins septentrionale des bassins conduit à un maximum relativement précoce et la grande longueur de certains cours d'eau donne lieu à un maximum tardif.

Le tableau 6.2 donne les pourcentages dans la répartition de ces dates.

Tableau 6.2 - Date d'apparition de la crue maximale annuelle (en %)

Juillet	Août			Septembre			Octobre			Novembre		
	01-10	11-20	21-31	01-10	11-20	21-30	01-10	11-20	21-31	01-10	11-20	21-30
					Oubangui Supérieur, Moyen Oubangui, Ouaka à Bambari et Lobaye							
	1	2	3	6	10	12	20	26	16	4		
					Autres rivières							
2		5	7	11	15	14	15	11	12	4	4	

6.2. - Résultats des analyses statistiques sur les crues maximales annuelles

Pour chaque station, nous indiquons les résultats qui ont satisfait aux tests *ALED*. Quand plus de trois lois sont acceptées, nous n'avons retenu que les trois distributions qui nous paraissent les meilleures.

Nous avons ensuite adopté, pour chaque période de retour, la valeur du débit de crue qui semblait le plus proche de la réalité, valeur qui n'est pas forcément la moyenne des trois distributions retenues mais celle qui, généralement, correspond à la meilleure.

Les périodes de retour sont : 2, 5, 10, 20, 50 et exceptionnellement 100 et 1 000 ans.

6.2.1. - L'Oubangui supérieur

6.2.1.1. Le Mbomou à Zémio

Superficie du bassin versant : 27 700 km²
Nombre d'années d'observations : 13
Taille de l'échantillon : 19
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 530 m^3/s
Écart-type : ± 141 m^3/s
Coefficient de variation : 0,266

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	536	651	715	760	820
Galton	517	637	710	777	860
Pearson III	522	639	705	764	834
Valeur adoptée	535	650	715	760	820

Débit spécifique de la crue décennale : 25,8 l/s/km²

Nous avons augmenté la taille de l'échantillon en utilisant :

- la corrélation entre les débits maximaux instantanés de l'année hydrologique (**M.Ins**) observés à Zémio et à Bangassou;
- la corrélation entre les débits maximaux instantanés de l'année hydrologique (**M.Ins**) observés à Bangassou et à Mobaye ;

Il y une certaine dispersion, surtout pour la seconde corrélation : ceci est dû au fait que, pour certaines années, l'extrême Est (Uele) est plus ou moins favorisé que les autres régions. Pour d'autres années la tendance humide ou sèche est homogène et on retrouve alors les points sur la droite de régression : c'est le cas pour 8 des 12 points représentatifs ; 4 sont assez en dehors, de part et d'autre de la droite, surtout en 1954. Cela est moins net pour la corrélation Zémio/Bangassou. Avec ces corrélations on a pu reconstituer un certain nombre de débits maximaux. Pour Bangassou, il est assez réconfortant de trouver, par les 2 régressions, des valeurs voisines pour un certain nombre d'années (voir plus loin).

On a reconstitué, pour Zémio, les débits maximaux pour :

1957 : 450 m^3/s	1958 : 585 m^3/s	1959 : 435 m^3/s
1960 : 353 m^3/s	1962 : 795 m^3/s	

Nous avons pris en compte le maximum observé le 15 octobre 1969, soit 809 m^3/s (la hauteur d'eau du Mbomou ayant vraisemblablement été obtenue par l'observation et la mesure des délaissées de crue).

On obtient, ainsi, un échantillon de 19 années : la distribution change peu par rapport à celle trouvée avec 12 années mais elle est beaucoup plus sûre.

La distribution expérimentale est un peu bossue par suite de l'existence des débits maximaux de 1969 et 1962, dont la fréquence réelle est nettement inférieure aux fréquences 0,026 et 0,079 que donne la formule pour un échantillon de 19 ans. On pourrait se demander quelle serait l'allure de la courbe si on avait pu reconstituer les débits maximaux de 1961 et de 1964. D'après les valeurs de Bangui, les maximaux pour ces deux années-là seraient nettement supérieurs à ceux de 1962 et 1969. Mais un examen des débits maximaux du Chinko et de la Ouara, beaucoup plus proches, montre au contraire qu'il y a très peu de chances pour que ces débits de 1961 et 1964 dépassent ceux de ces années là. Ceci est important car, si sur la période 1952-1975 il fallait ajouter encore deux crues dépassant nettement 800 m^3/s, la distribution deviendrait hypergaussique. Telle qu'elle est, elle est nettement gaussique, d'où les chiffres adoptés pour les diverses fréquences.

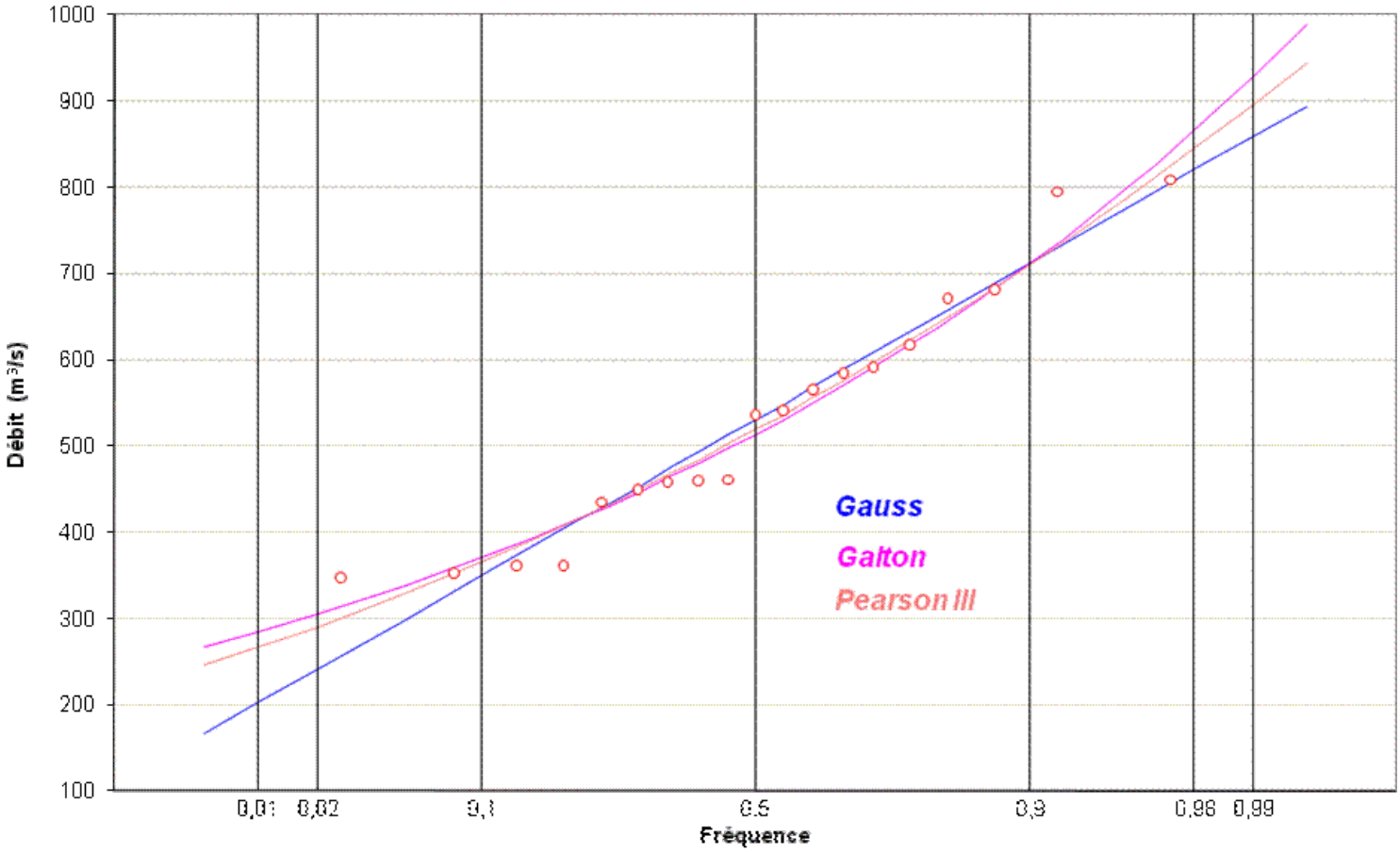


Figure 6-1
Le Mbomou à Zémio. Distribution des crues annuelles

6.2.1.2. Le Mbomou à Bangassou

Superficie du bassin versant : 119 050 km²
Nombre d'années d'observations : 12
Taille de l'échantillon : 19
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 2 780 m³/s
Écart-type : ± 706 m³/s
Coefficient de variation : 0,254

Loi de	Débit de crue (m³/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	2 690	3 315	3 670	3 960	4 270
Galton	2 660	3 170	3 480	3 760	4 100
Pearson III	2 680	3 160	3 440	3 680	3 960
Valeur adoptée	**2 690**	**3 320**	**3 670**	**3 960**	**4 270**

Débit spécifique de la crue décennale : 30,8 l/s/km²

Les mêmes corrélations que pour la station précédente ont été utilisées. Nous avons contrôlé que, dans certains cas, les 2 corrélations conduisaient, pour Bangassou, à des résultats voisins :

- 1969 : 4 270 et 3 970 m³/s ;
- 1970 : 3 180 et 3 060 m³/s.

Les points "aberrants" correspondent généralement à des hydraulicités différentes pour les diverses parties des bassins. C'est très probablement le cas pour l'année 1968, où la corrélation Zémio/Bangassou donne un résultat beaucoup trop faible. On peut heureusement retrouver à peu près cette valeur par d'autres moyens : en effet, on dispose du débit moyen de septembre 1968 à Bangassou (2 510 m³/s) et on sait que le maximum s'est produit en septembre sur le Chinko avec 1 030 m³/s. À Zémio, le maximum de 1968 a eu lieu fin septembre ou début octobre au plus tard. Étant donné un débit moyen de 2 510 m³/s en septembre à Bangassou, le maximum pour 1968 est voisin de

2 700 m^3/s. Lorsque les deux corrélations donnent des valeurs voisines, on en prend la moyenne. Nous avons ainsi reconstitué les débits maximaux pour :

1956 : 2 000 m^3/s	1957 : 2 250 m^3/s	1962 : 4 180 m^3/s
1968 : 2 700 m^3/s	1969 : 4 100 m^3/s	1970 : 3 120 m^3/s
1971 : 1 900 m^3/s		

Avec l'échantillon des valeurs observées sur 12 ans on ne pouvait guère faire d'étude statistique. Avec 19 ans et sachant que les fréquences expérimentales les plus faibles correspondent à des débits trop élevés, comme on l'a vu pour Zémio, un ajustement par une distribution gaussique se justifie tant bien que mal. Nous n'avons pas utilisé les débits de Mobaye reconstitués à partir de Bangui : cette double reconstitution aurait conduit à des résultats hasardeux, alors que nous avons des indices sérieux de valeurs maximales à Bangassou, en 1961 et 1964, plus faibles que celles de 1962 et 1969.

6.2.1.3. Le Mbokou à Obo

C'est seulement graphiquement que nous avons traité cette station, qui ne comporte que 7 années d'observations. Il est impossible de compléter cet échantillon par des corrélations qui seraient trop lâches.

Superficie du bassin versant : 5 960 km²
Nombre d'années d'observations : 7
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 70,3 m^3/s
Écart-type : ± 30,3 m^3/s
Coefficient de variation : 0,430

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gumbel	70	95	120	(145)	
Valeur adoptée	70	95	120	(145)	

Débit spécifique de la crue décennale : 20,1 l/s/km²

6.2.1.4. La Kéré à Keré

Tout comme pour Obo, l'étude des crues de la Kéré n'a pu qu'être qu'esquissée graphiquement car, là aussi, il y moins de 10 mesures durant toute la période d'observations mais il y a une année exceptionnellement forte en 1969 et une année forte en 1954.

Superficie du bassin versant : 3 790 km²
Nombre d'années d'observations : 6
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : (54,3 m^3/s)
Écart-type : ± (30 0 m^3/s)
Coefficient de variation : (0,553)
(toutes ces valeurs sont influencées par les maxima de 1969 et 1954)

Ajustement	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
graphique	(40)		(90)		
Valeur adoptée	(40)		(90)		

Débit spécifique de la crue décennale : 24 l/s/km²

6.2.1.5. La Ouara à Dembia

Superficie du bassin versant : 19 590 km²
Nombre d'années d'observations : 17
Taille de l'échantillon : 21

Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 386 m^3/s
Écart-type : ± 86,6 m^3/s
Coefficient de variation : 0,224

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	385	462	505	537	575
Pearson III	374	455	501	541	589
Goodrich	385	465	504	534	567
Valeur adoptée	**385**	**460**	**505**	**540**	**575**

Débit spécifique de la crue décennale : 25,8 l/s/km²

L'échantillon des 17 valeurs observées peut être complété grâce à la corrélation entre **$M.Ins_{Dembia}$** et **$M.Ins_{Zémio}$** qui est acceptable, d'autant plus que les débits à reconstituer ne correspondent pas à des valeurs extrêmes. On peut donc ajouter les débits maximaux de :

1967 : 430 m^3/s	1970 : 450 m^3/s
1971 : 375 m^3/s	1975 : 375 m^3/s

Les années 60 observées n'ont manifestement pas le même caractère exceptionnel que pour d'autres stations (il manque cependant la valeur du débit maximal de 1961). La distribution, nettement gaussique, correspond aux 21 valeurs ; elle serait très vraisemblablement valable pour un échantillon plus important. On peut donc la retenir.

6.2.1.6. Le Chinko à Rafaï

Superficie du bassin versant : 52 060 km²
Nombre d'années d'observations : 20
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 1 340 m^3/s
Écart-type : ± 244 m^3/s
Coefficient de variation : 0,180

Loi de	Débit de crue pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	1 360	1 570	1 680	1 770	1 870
Pearson III	1 340	1 560	1 690	1 790	1 920
Goodrich	1 370	1 570	1 660	1 740	1 810
Valeur adoptée	**1 360**	**1 570**	**1 680**	**1 770**	**1 870**

Débit spécifique de la crue décennale : 32,3 l/s/km²

Il manque 3 années que l'on pourrait reconstituer. Le gain d'information qui serait apporté par la reconstitution de ces 3 ans serait insignifiant.

La distribution (figure 6-2) est nettement gaussique. Elle correspond aux chiffres que nous avons adoptés.

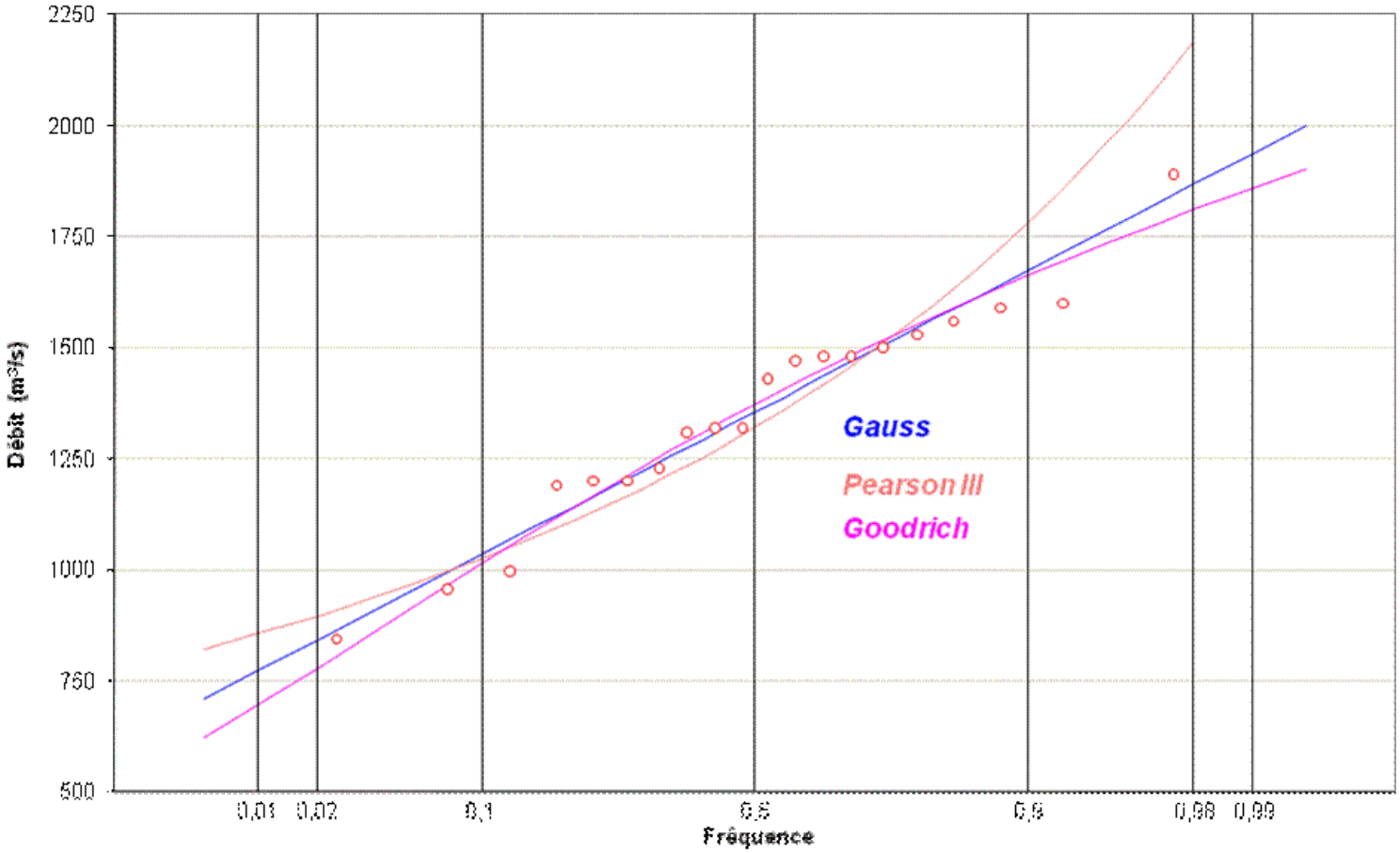


Figure 6-2

Le Chinko à Rafaï. Distribution des crues annuelles

6.2.1.7. - Le Mbari à Loungouba

Superficie du bassin versant : 23 600 km²
Nombre d'années d'observations : 10
Taille de l'échantillon : 21
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 577 m³/s
Écart-type : ± 171 m³/s
Coefficient de variation : 0,296

Loi de	**Débit de crue (m³/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur**				
	2	**5**	**10**	**20**	**50**
Gauss	**577**	**724**	**802**	**884**	
Goodrich	**581**	**723**	**793**	**865**	
Valeur adoptée	**580**	**725**	**800**	**880**	

Débit spécifique de la crue décennale : 33,9 l/s/km²

Le nombre de débits maximaux observés (10) est faible. Aussi a-t-on tout fait pour améliorer cette situation. Il existe une corrélation assez lâche entre les débits maximaux de la Mbari et ceux de la Kotto. Elle nous a permis de reconstituer 11 valeurs :

1956 : 570 m³/s	1957 : 570 m³/s	1958 : 830 m³/s	1960 : 590 m³/s
1961 : 820 m³/s	1962 : 850 m³/s	1964 : 785 m³/s	1971 : 525 m³/s
1973 : 280 m³/s	1974 : 630 m³/s	1975 : 530 m³/s	

Malheureusement, les 4 plus fortes valeurs de l'échantillon sont obtenues par cette corrélation : un écart de 100 m³/s sur une ou plusieurs de ces valeurs reste possible, ce qui peut être gênant pour définir la nature de la distribution. Elle semble gaussique avec les valeurs des débits maximaux que nous avons retenues. Après avoir utilisé *DIXLOIS*, un passage avec *ALED* indique que les 5 lois statistiques sont acceptables

(test du c^2 inclus) mais le tracé graphique est quand même meilleur avec Gauss et Goodrich, ce qui indique une légère tendance à une distribution hypogaussique.

6.2.2. - Le moyen Oubangui

6.2.2.1. - L'Oubangui à Mobaye

Superficie du bassin versant : 403 800 km²
Nombre d'années d'observations : 29
Taille de l'échantillon : 37
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 8 580 m^3/s
Écart-type : ± 1 510 m^3/s
Coefficient de variation : 0,176

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	8 460	9 710	10 400	11 100	11 800
Pearson III	8 500	9 770	10 500	11 100	11 800
Valeur adoptée	8 500	9 750	10 500	11 100	11 800

Débit spécifique de la crue décennale : 26,0 l/s/km²

Pour combler les lacunes de la série de Mobaye on peut utiliser la corrélation **$M.Ins_{Mobaye}$** et **$M.Ins_{Bangui}$** qui est assez serrée. La régression est représentée par une courbe concave (Mobaye en fonction de Bangui) ce qui est logique. Il y a peu de points aberrants ; ils correspondent généralement à des différences d'hydraulicité dans diverses parties du bassin. L'écart le plus élevé correspond à 20 % du débit maximal annuel de Bangui. On en déduit ainsi 8 débits maximaux complémentaires :

1960 : 9 100 m^3/s	1961 : 13 100 m^3/s	1963 : 7 400 m^3/s
1964 : 12 600 m^3/s	1965 : 7 650 m^3/s	1966 : 7 600 m^3/s
1967 : 9 100 m^3/s	1968 : 7 500 m^3/s	

Les valeurs de 1961 et 1964 sont sur la partie extrapolée de la courbe de régression donc un peu incertaines. Il est difficilement imaginable qu'elles soient plus fortes car la différence (**$M.Ins_{Mobaye}$** - **$M.Ins_{Bangui}$**) est déjà bien faible : 1 400 m^3/s pour 1961 et 1964, soit 10 %. Mais il est normal qu'elles soient nettement plus fortes que la valeur de 11 200 m^3/s observée en 1962.

L'échantillon se compose alors de 37 années. Sa distribution (figure 6-3) s'ajuste bien à une loi hypergaussique (loi de Galton ou de Pearson III). L'estimation de la crue centennale est peut-être légèrement surestimée par suite du caractère tout à fait exceptionnel des crues de 1961 et 1964. Ceci est bien visible à Bangui et plus à l'aval mais ceci ne veut pas dire que l'on retrouverait ce caractère tout à fait exceptionnel à l'amont, à Bangassou ou à Zémio. Les séries de la Ouara et du Chinko le montrent bien. Or le débit maximal moyen du Chinko n'est très éloigné du débit maximal moyen de Bangassou divisé par 2, donc son influence est très forte sur ce débit de Bangassou.

Par ailleurs les valeurs des débits maximaux annuels observés à Bangui, en 1983 et 1984, seraient égales, avec la même régression extrapolée à un débit maximal, à Mobaye, de 5 760 et 5 000 m^3/s, nettement en dessous du minimum observé en 1973 (5 950 m^3/s). Nous n'avons pas voulu introduire ces valeurs dans l'échantillon de Mobaye.

Nous pouvons estimer que la crue centennale serait de l'ordre de 12 500 à 13 000 m^3/s.

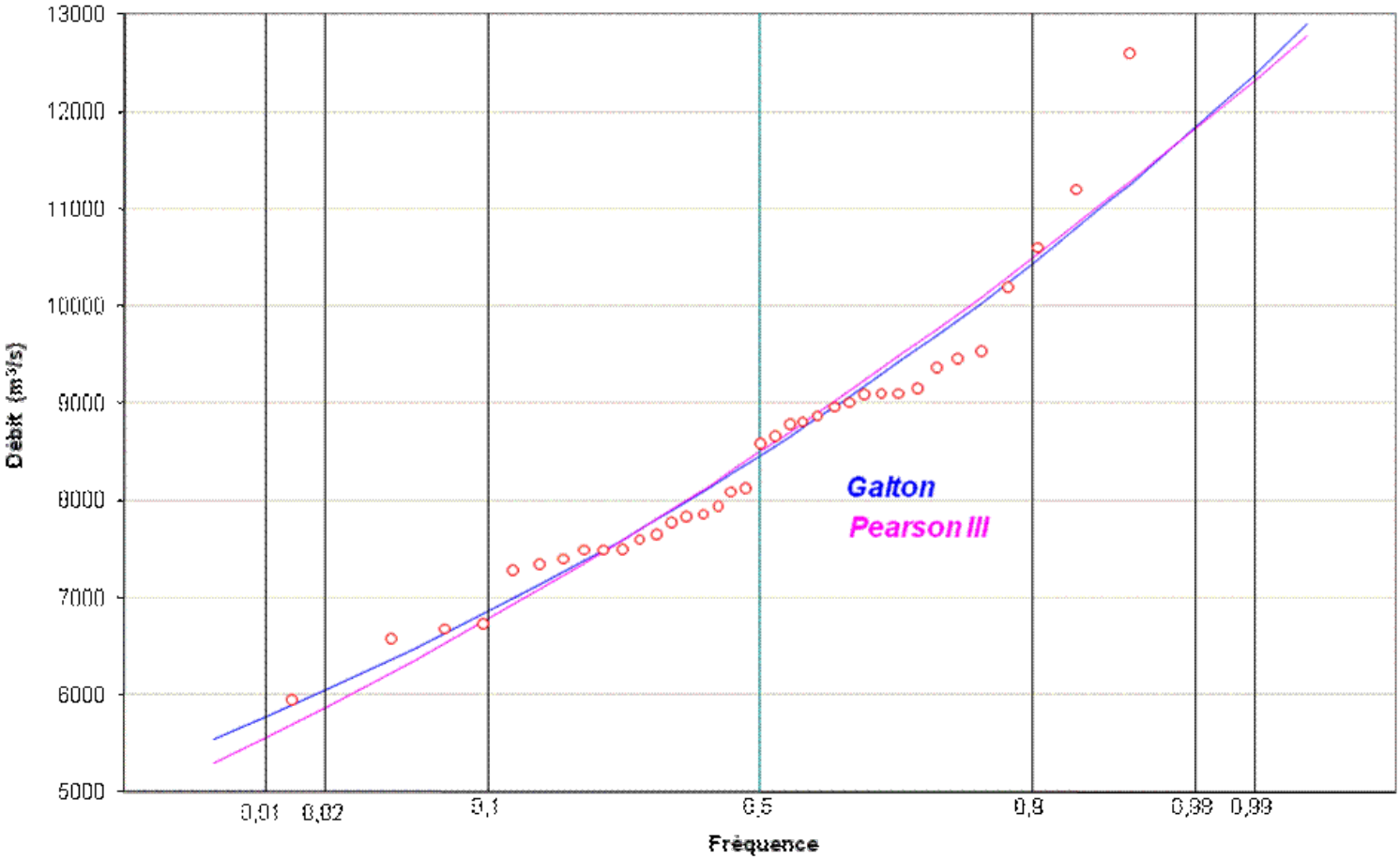


Figure 6-3
L'Oubangui à Mobaye. Distribution des crues annuelles

6.2.2.2. - L'Oubangui à Bangui

Nous avons analysé :

- un échantillon complet, portant sur la période 1911-1990, pour lequel il faut faire des réserves sur la qualité des observations allant de 1919 à 1934 ;
- un échantillon réduit aux seules observations d'excellente qualité, de 1935 à 1990.

Le bassin versant a une superficie de 488 500 km².

- Échantillon complet :

Nombre d'années d'observations : 78
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 10 100 m^3/s
Écart-type : ± 1 980 m^3/s
Coefficient de variation : 0,196

Loi de	**Débit de crue pouvant être atteint ou dépassé une année sur**				
	2	**5**	**10**	**20**	**50**
Gauss	**10 100**	**11 800**	**12 700**	**13 400**	**14 200**
Pearson III	**9 980**	**11 800**	**12 800**	**13 700**	**14 700**
Goodrich	**10 200**	**11 900**	**12 700**	**13 300**	**14 000**
Valeur adoptée	**10 100**	**11 800**	**12 700**	**13 500**	**14 200**

Là encore, la distribution gaussique (figure 6-4) est celle qui s'ajuste le mieux à l'échantillon. Elle correspond aux chiffres que nous avons adoptés.

- Échantillon réduit :

Nombre d'années d'observations : 56
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 9 950 m^3/s
Écart-type : ± 1 930 m^3/s
Coefficient de variation : 0,193

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	9 950	11 600	12 400	13 100	13 900
Pearson III	9 820	11 600	12 400	13 000	13 600
Goodrich	10 100	11 700	12 400	13 000	13 600
Valeur adoptée	**9 950**	**11 600**	**12 400**	**13 000**	**13 700**

La différence entre les résultats de ces deux séries d'analyse n'est pas significative. Ceci est normal car, dans le premier cas, sur les 78 valeurs des maximaux annuels nous y retrouvons les 56 valeurs de l'échantillon réduit.

En définitive nous adopterons :

	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Valeur adoptée	**10 000**	**11 700**	**12 600**	**13 300**	**14 000**

Débit spécifique de la crue décennale : 25,8 l/s/km²

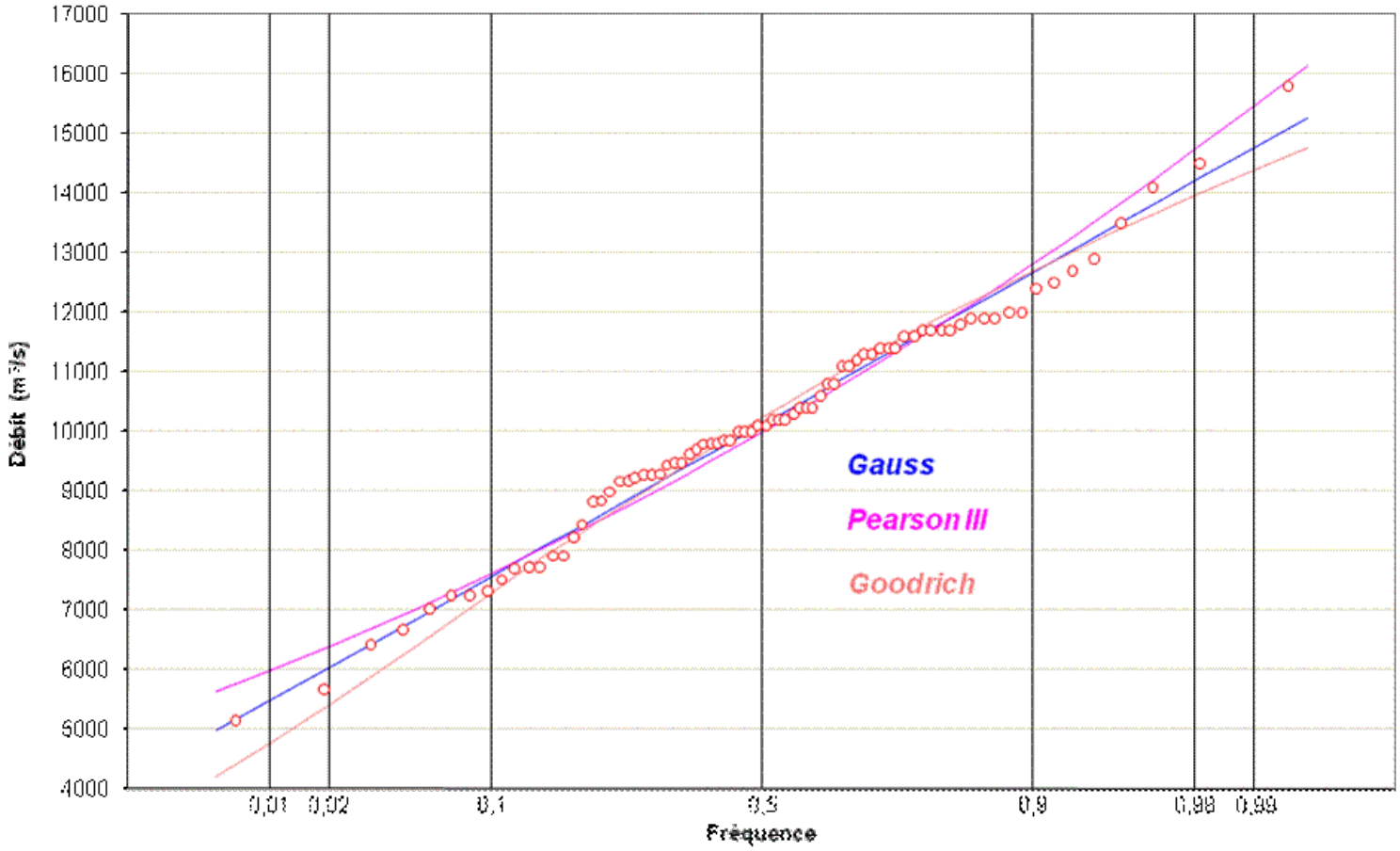


Figure 6-4
L'Oubangui à Bangui. Distribution des crues annuelles (échantillon complet)

Crue centennale :

- l'échantillon complet indiquerait 14 900 m^3/s pour la crue centennale (l'analyse donnant des débits allant de 14 400 à 15 500 m^3/s) ;

- l'échantillon réduit donne cette même valeur de 14 900 m^3/s, les débits variant de 14 000 à 15 200 m^3/s.

Estimation de la *crue centennale* : *14 900 m^3/s*, soit 30,5 l/s/km²

Crue millénaire :

Le nombre d'observations est trop petit pour que l'analyse donne autre chose qu'une valeur indicative.

- nous arrivons, avec l'échantillon complet, à un débit de 16 500 m^3/s, les résultats de l'analyse variant de 15 500 à 17 600 m^3/s ;
- l'échantillon réduit donne 16 100 m^3/s (valeurs variant de 15 000 à 17 300 m^3/s).

Y. Brunet-Moret, grand statisticien *es* Hydrologie de l'ORSTOM, nous avait fait remarquer que l'écart entre la valeur millénaire et la valeur centennale est de même ordre de grandeur qu'entre la valeur centennale et la valeur décennale.

Ici, cet écart centennal/décennal est de 2 300 m^3/s.

La crue millénaire devrait être de 14 900 + 2 300 = 17 200 m^3/s.

Nous pensons que la *crue millénaire* devrait être de l'ordre de *16 500 à 17 500 m^3/s*, soit un débit spécifique de l'ordre de 34 à 36 l/s/km².

6.2.2.3. - L'Oubangui à Zinga

Superficie du bassin versant : 521 900 km²
Nombre d'années d'observations : 18
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 10 500 m^3/s
Écart-type : ± 1 530 m^3/s
Coefficient de variation : 0,146

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	10 500	11 900	12 600	13 100	13 800
Galton	10 400	11 800	12 600	13 200	14 100
Pearson III	10 500	11 800	12 500	13 200	13 900
Valeur adoptée	10 500	11 900	12 600	13 200	13 900

Débit spécifique de la crue décennale : 24,1 l/s/km²

Là aussi, la loi de Gauss doit être la mieux adaptée, mais la différence entre les résultats des 3 lois n'est pas significative.

6.2.3. - Les affluents du moyen Oubangui

6.2.3.1. - La Kotto à Bria

Superficie du bassin versant : 60 590 km²
Nombre d'années d'observations : 16
Taille de l'échantillon : 21
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 783 m^3/s
Écart-type : ± 148 m^3/s
Coefficient de variation : 0,189

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	785	910	975	1 045	1 090
Pearson III	763	908	990	1 060	1 150
Goodrich	785	910	969	1 010	1 060
Valeur adoptée	**785**	**910**	**975**	**1 045**	**1 090**

Débit spécifique de la crue décennale : 16,1 l/s/km²

La corrélation entre **M.Ins$_{Bria}$** et **M.Ins$_{Kembé}$** est assez serrée, ce qui est normal sur un même cours d'eau, sauf pour l'année 1959 où le débit maximal de Bria est probablement trop fort : 1 050 m^3/s pour un débit moyen mensuel de 618 m^3/s. C'est beaucoup plus que d'ordinaire (écart de 100 m^3/s ou un peu plus). En outre, avoir 1 050 m^3/s à l'amont (Bria) et seulement 849 m^3/s à l'aval (Kembé), en région non aride, c'est pratiquement impossible. On déduit de cette corrélation les valeurs complémentaires suivantes :

1955 : 770 m^3/s	1956 : 730 m^3/s	1957 : 730 m^3/s
1958 : 950 m^3/s	1970 : 870 m^3/s	

L'échantillon passe de 16 à 21 ans. La distribution est gaussique, avec une légère tendance hypogaussique (le débit maximal de 1959 est faux). On peut hésiter entre les lois de Gauss et de Goodrich. Les débits pour les différents quantiles sont très proches de ceux obtenus avec l'échantillon de 16 valeurs mais ils sont plus sûrs.

6.2.3.2. - La Kotto à Kembé

Superficie du bassin versant : 77 750 km²
Nombre d'années d'observations : 19
Taille de l'échantillon : 22
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 1 150 m^3/s
Écart-type : ± 236 m^3/s
Coefficient de variation : 0,204

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	1 150	1 360	1 460	1 550	1 650
Pearson III	1 140	1 350	1 470	1 580	1 710
Goodrich	1 170	1 360	1 450	1 520	1 590
Valeur adoptée	**1 150**	**1 360**	**1 460**	**1 550**	**1 650**

Débit spécifique de la crue décennale: 18,8 l/s/km²

On peut utiliser la même corrélation que pour Bria et reconstituer 3 valeurs manquantes :

1963 : 980 m^3/s	1965 : 850 m^3/s	1966 : 1 520 m^3/s

La distribution est sensiblement la même avec 22 valeurs qu'avec 19. La distribution la mieux adaptée est difficile à choisir, toutes les lois ayant été acceptées par l'utilitaire *ALED* (test du c^2 inclus). La représentation graphique fait hésiter entre les lois de Gauss et de Goodrich. Comme les distributions tant hypergaussiques qu'hypogaussiques ont été acceptées, nous retiendrons la loi de Gauss.

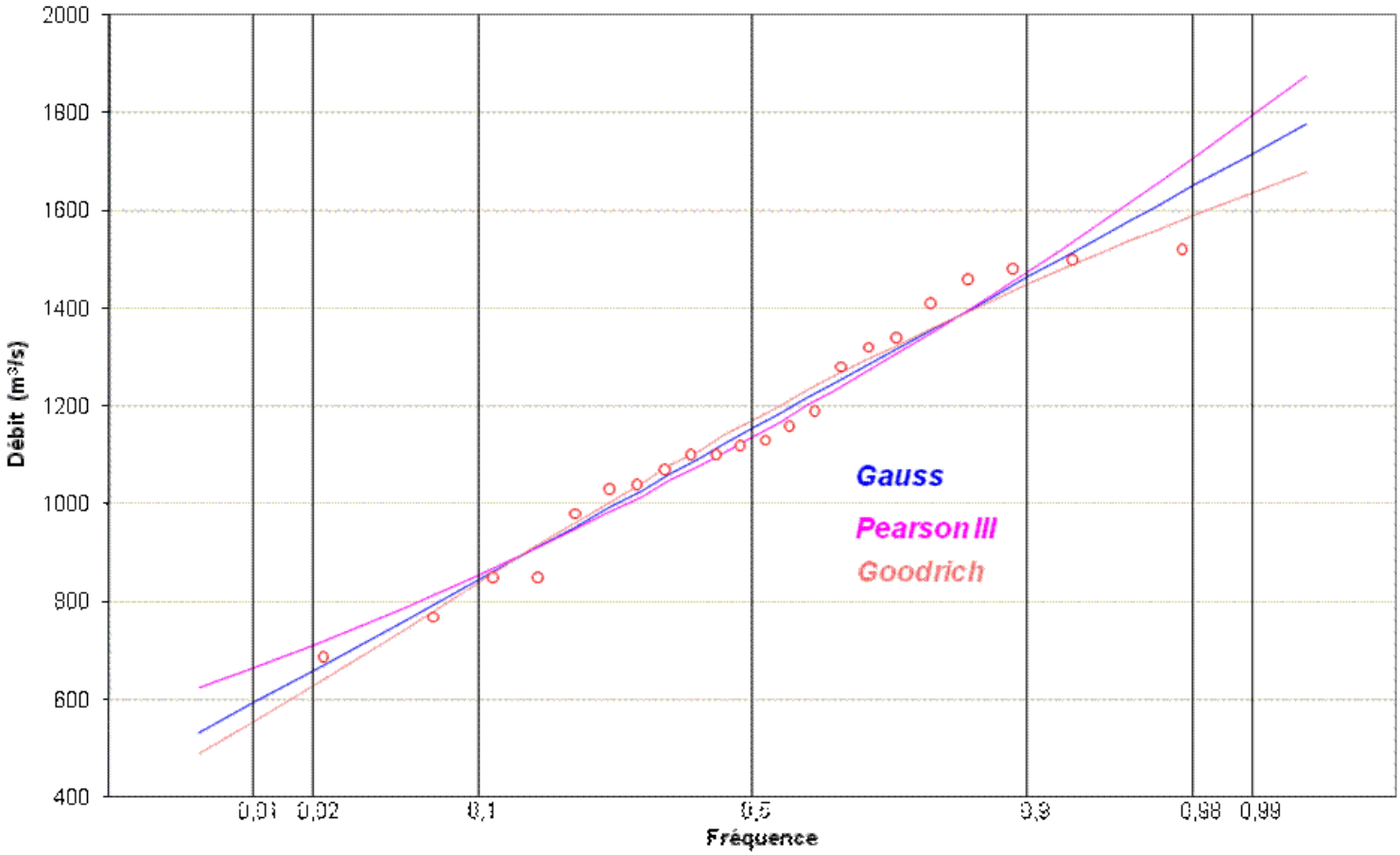


Figure 6-5
La Kotto à Kembé. Distribution des crues annuelles

6.2.3.3. - La Pipi à Ouadda

Superficie du bassin versant : 2 500 km²
Nombre d'années d'observations : 10
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 50,3 m³/s
Écart-type : ± 12,1 m³/s
Coefficient de variation : 0,240

Loi de	Débit de crue (m³/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	50,3	61	66,6	71,2	
Gallon	48,7	61,2	69	76,1	
Pearson III	49,2	60,6	67,2	73	
Valeur adoptée	49,4	61	67,6	73,4	

Débit spécifique de la crue décennale : 27,0 l/s/km²

Il n'est pas possible d'augmenter la taille de l'échantillon : pas de corrélation envisageable avec quoi que ce soit. Avec ces 10 points, on ne peut donner qu'une idée de la distribution.

6.2.3.4. La Bangui-Kété à Alindao

Superficie du bassin versant : 4 560 km²
Nombre d'années d'observations : 22
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 234 m³/s
Écart-type : ± 58,3 m³/s
Coefficient de variation : 0,249

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	227	277	308	334	370
Gumbel	223	276	310	344	386
Pearson III	229	280	309	334	365
Valeur adoptée	**225**	**280**	**310**	**335**	**370**

Débit spécifique de la crue décennale : 68,0 l/s/km²

La loi de Galton paraît acceptable : c'est logique pour une petite rivière même quand les grands cours d'eau présentent des distributions gaussiques ou hypergaussiques. Mais le bas de la courbe, bien marqué par les années 1952-1958, est troublant : pendant 7 ans on voit des débits maximaux annuels croître très progressivement sans valeurs fortes ou faibles perturbant la série. Cela rend assez suspectes les observations à cette époque. Alors que, de 1965 à 1974, on voit une succession très vraisemblable de chiffres variés qui paraissent plus exacts. Cela jette une certaine suspicion sur la courbe de la distribution, qui est certainement hypergaussique, mais qui serait à modifier si le début de la série était inexact.

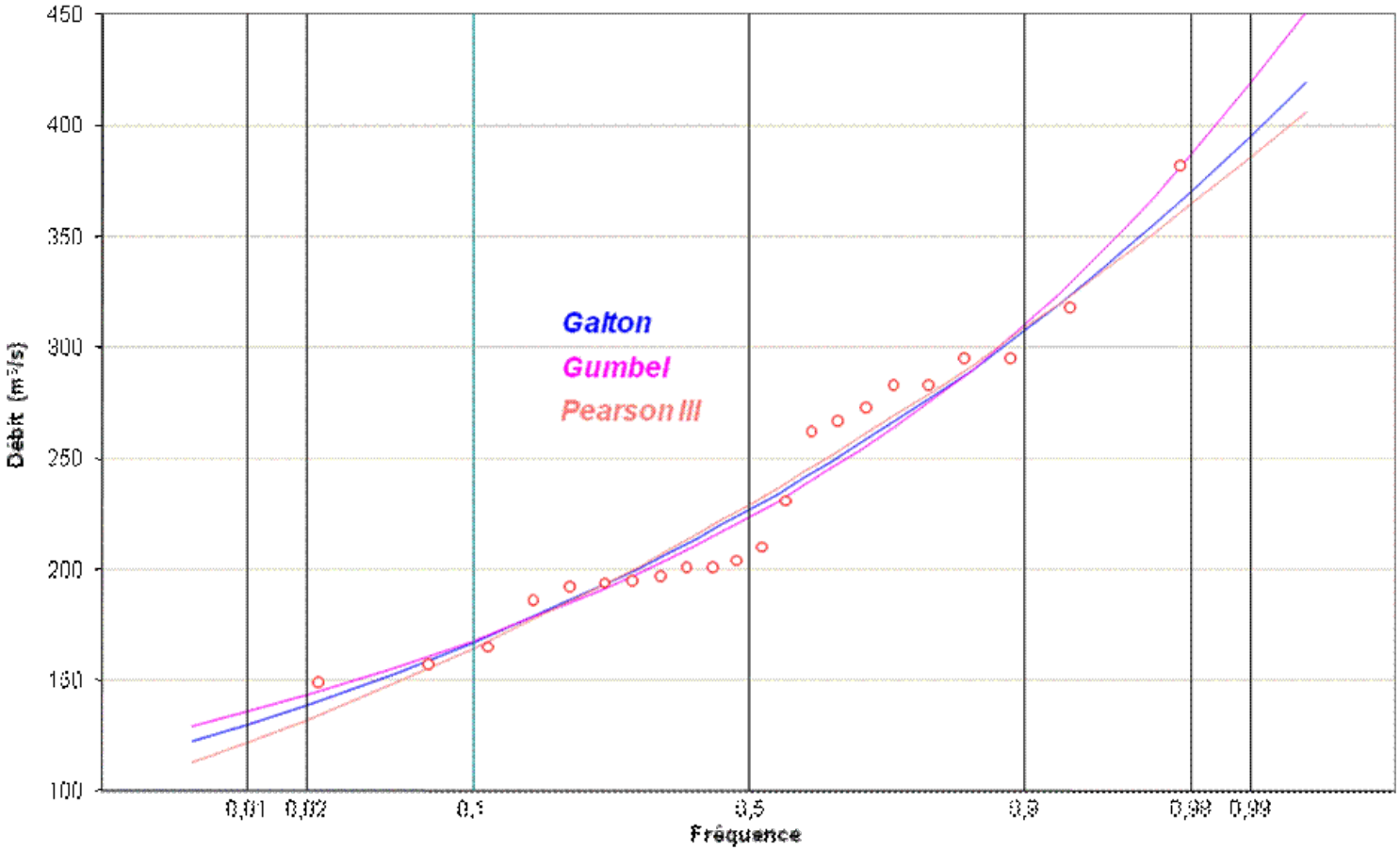


Figure 6-6
La Bangui-Kété à Alindao. Distribution des crues annuelles

6.2.3.5. La Ouaka à Bambari

Superficie du bassin versant : 29 730 km²
Nombre d'années d'observations : 16
Taille de l'échantillon : 22
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 509 m^3/s
Écart-type : ± 141 m^3/s
Coefficient de variation : 0,278

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	500	620	685	740	*(800)*
Pearson III	485	601	669	728	*(798)*
Goodrich	498	621	682	731	*(784)*
Valeur adoptée	**500**	**620**	**685**	**740**	***(800)***

Débit spécifique de la crue décennale : 23,0 l/s/km²

On a augmenté sérieusement la taille de cet échantillon. Globalement, la corrélation **M.Ins$_{Bambari}$** et **M.Ins$_{Bria}$** est mauvaise. À part 4 points aberrants, tous vers la même époque 1958-1960-1962-1968 (qualité des observations), la corrélation **M.Ins$_{Bambari}$** et **M.Ins$_{Kembé}$** est assez serrée. On en a déduit 6 valeurs complémentaires pour Bambari :

1963 : 460 m^3/s	1964 : 705 m^3/s	1965 : 375 m^3/s
1966 : 800 m^3/s	1970 : 455 m^3/s	1975 : 460 m^3/s

Ceci conduit à un échantillon de 22 valeurs, sans grand risque : il n'y a qu'une seule très forte valeur.

Si on tient compte du caractère très exceptionnel des années très fortes 1960, 1961, 1964 et 1966, la distribution s'ajuste bien à une loi de Gauss (peut-être même hypogaussique si on avait l'échantillon complet 1940-1990). Nous adopterons cette distribution normale.

6.2.3.6. - La Tomi à Sibut

Superficie du bassin versant : 2 610 km²
Nombre d'années d'observations : 21
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 90,5 m^3/s
Écart-type : ± 36,5 m^3/s
Coefficient de variation : 0,403

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	83,6	115	137	157	184
Gumbel	83,7	115	136	156	182
Pearson III	85,9	118	138	156	177
Valeur adoptée	**85**	**115**	**135**	**155**	**185**

Débit spécifique de la crue décennale : 51,7 l/s/km²

Ce ne sont pas les 4 années manquantes qui changeront la distribution. Cela ne vaut pas la peine de chercher à les reconstituer, d'autant plus que les corrélations entre les débits maximaux annuels des petits bassins sont presque toujours assez lâches.

La loi de Galton paraît bien convenir à cette station. Nous pouvons adopter les chiffres auxquels elle conduit.

6.2.3.7. - L'Ombella à Bossélé (Pont au kilomètre 105 de la route Bangui-Bambari)

Superficie du bassin versant : 3 020 km²
Nombre d'années d'observations : 13
Taille de l'échantillon : 22
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 87,4 m^3/s
Écart-type : ± 23,6 m^3/s
Coefficient de variation : 0,270

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	87	108	118	127	137
Galton	84	105	119	130	146
Goodrich	88	109	119	127	136
Valeur adoptée	**87**	**108**	**118**	**127**	**137**

Débit spécifique de la crue décennale : 39,1 l/s/km²

Une corrélation, assez médiocre, entre **$M.Ins_{Bossélé}$** et **$M.Ins_{Tomi}$** permet de reconstituer 9 valeurs des débits maximaux annuels :

1952 : 76 m^3/s	1956 : 56 m^3/s	1957 : 62 m^3/s
1958 : 76 m^3/s	1959 : 65 m^3/s	1961 : 114 m^3/s
1962 : 80 m^3/s	1963 : 80 m^3/s	1972 : 94 m^3/s

On retrouve de très fortes valeurs à la fois dans les débits observés et dans les débits reconstitués.

La distribution, avec ces 22 années, est sensiblement gaussique. Le bassin est petit mais ce sont probablement les influences des marécages crypto-karstiques qui ont fait passer la distribution d'hypergaussique à gaussique. Il faut remarquer que logiciel *ALED* a validé, pour cette station, les distributions suivant Gauss, Gumbell, Galton et Goodrich et, par conséquent, des lois hypogaussiques et hypergaussiques. En conséquence, nous donnerons davantage de poids à la loi normale.

6.2.3.8 -. La Mpoko à Bossélé-Bali

Superficie du bassin versant : 10 460 km²
Nombre d'années d'observations : 18
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 292 m^3/s
Écart-type : ± 83,0 m^3/s
Coefficient de variation : 0,285

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	292	363	401	432	467
Pearson III	283	361	407	448	497
Goodrich	295	362	395	421	449
Valeur adoptée	**295**	**360**	**400**	**420**	**450**

Débit spécifique de la crue décennale : 38,2 l/s/km²

C'est la loi de Goodrich, hypogaussique, qui est la mieux adaptée : ce sont les chiffres de cette distribution qui ont été retenus.

6.2.3.9 - La Mpoko à Bangui (Bimbo)

Superficie du bassin versant : 25 630 km²
Nombre d'années d'observations : 12
Taille de l'échantillon : 19
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 763 m^3/s
Écart-type : ± 220 m^3/s
Coefficient de variation : 0,288

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	753	953	1 050	1 130	1 230
Pearson III	742	941	1 060	1 170	1 280
Goodrich	769	956	1 050	1 120	1 200
Valeur adoptée	**760**	**955**	**1 050**	**1 130**	**1 230**

Débit spécifique de la crue décennale : 41,0 l/s/km²

La corrélation entre **M.Ins$_{Bossélé-Bali}$** et **M.Ins$_{Bimbo}$** n'est pas très serrée, mais elle l'est assez pour permettre de combler, sans crainte, les lacunes. Aucune valeur reconstituée n'est très forte :

1958 : 660 m^3/s	1959 : 980 m^3/s	1960 : 920 m^3/s
1961 : 1 000 m^3/s	1965 : 820 m^3/s	1973 : 470 m^3/s
1974 : 510 m^3/s		

L'échantillon comporte alors 19 valeurs.

La distribution semble très légèrement hypogaussique, ce qui serait logique.

6.2.3.10. - La Lessé à Bombé

Superficie du bassin versant : 1 300 km²
Nombre d'années d'observations : 15
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 12,9 m^3/s
Écart-type : ± 1,88 m^3/s
Coefficient de variation : 0,146

Loi de	Débit de crue (m3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Goodrich	13	14	15	15	*(16)*
Valeur adoptée	**13**	**14**	**15**	**15**	***(16)***

Débit spécifique de la crue décennale : 11,5 l/s/km²

La taille modeste du bassin versant n'a pas permis de corréler cette station avec celles voisines de la Mpoko ou de la Lobaye. Les 15 années de l'échantillon suivent une distribution hypogaussique (loi de Goodrich) : ceci est normal pour un bassin sous forêt, peu pentu, où l'écrêtement des crues est important.

La régularité des crues est remarquable : elle augmente seulement de 2 m^3/s de la crue biannuelle (13 m^3/s) à la crue cinquantenaire (15 m^3/s). Ceci est encore dû au couvert forestier du bassin.

6.2.3.11 -. La Mbali à Boali

- Station de Boali-Poste

Superficie du bassin versant : 4 596 km²
Nombre d'années d'observations : 15
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 175 m^3/s
Écart-type : ± 51,7 m^3/s
Coefficient de variation : 0,295

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	169	206	228	248	*(273)*
Gumbel	165	200	223	245	*(274)*
Pearson III	171	212	236	257	*(282)*
Valeur adoptée	**170**	**210**	**236**	**255**	***(280)***

Débit spécifique de la crue décennale : 51,3 l/s/km²

- Station de Boali-Usine (ou ICOT)

Superficie du bassin versant : 4 410 km²
Nombre d'années d'observations : 26
Taille de l'échantillon : 37
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 156 m^3/s
Écart-type : ± 52,0 m^3/s
Coefficient de variation : 0,333

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	149	191	217	241	272
Gumbel	147	189	217	244	278
Valeur adoptée	**148**	**190**	**217**	**242**	**275**

Débit spécifique de la crue décennale : 49,2 l/s/km²

On peut, sans crainte, utiliser la corrélation Boali-Poste/Boali-ICOT pour compléter l'échantillon de Boali-ICOT même s'il reste un mystère sur l'importance entre les 2 valeurs annuelles, mystère lié sûrement aux pertes par perméabilité en grand entre les 2 stations. On reconstitue ainsi 11 débits maximaux :

1948 : 138 m^3/s	1949 : 155 m^3/s	1950 : 201 m^3/s
1951 : 121 m^3/s	1952 : 138 m^3/s	1953 : 121 m^3/s
1954 : 148 m^3/s	1955 : 225 m^3/s	1957 : 150 m^3/s
1961 : *(320 m^3/s)*	1962 : 119 m^3/s	

L'échantillon passe à 37 valeurs. La distribution (figure 6-7) est nettement hypergaussique, tout en étant assez mal adaptée aux lois statistiques classiques qui sont toutes rejetées par *ALED*. Nous conserverons, cependant, les distributions de Galton et de Gumbell.

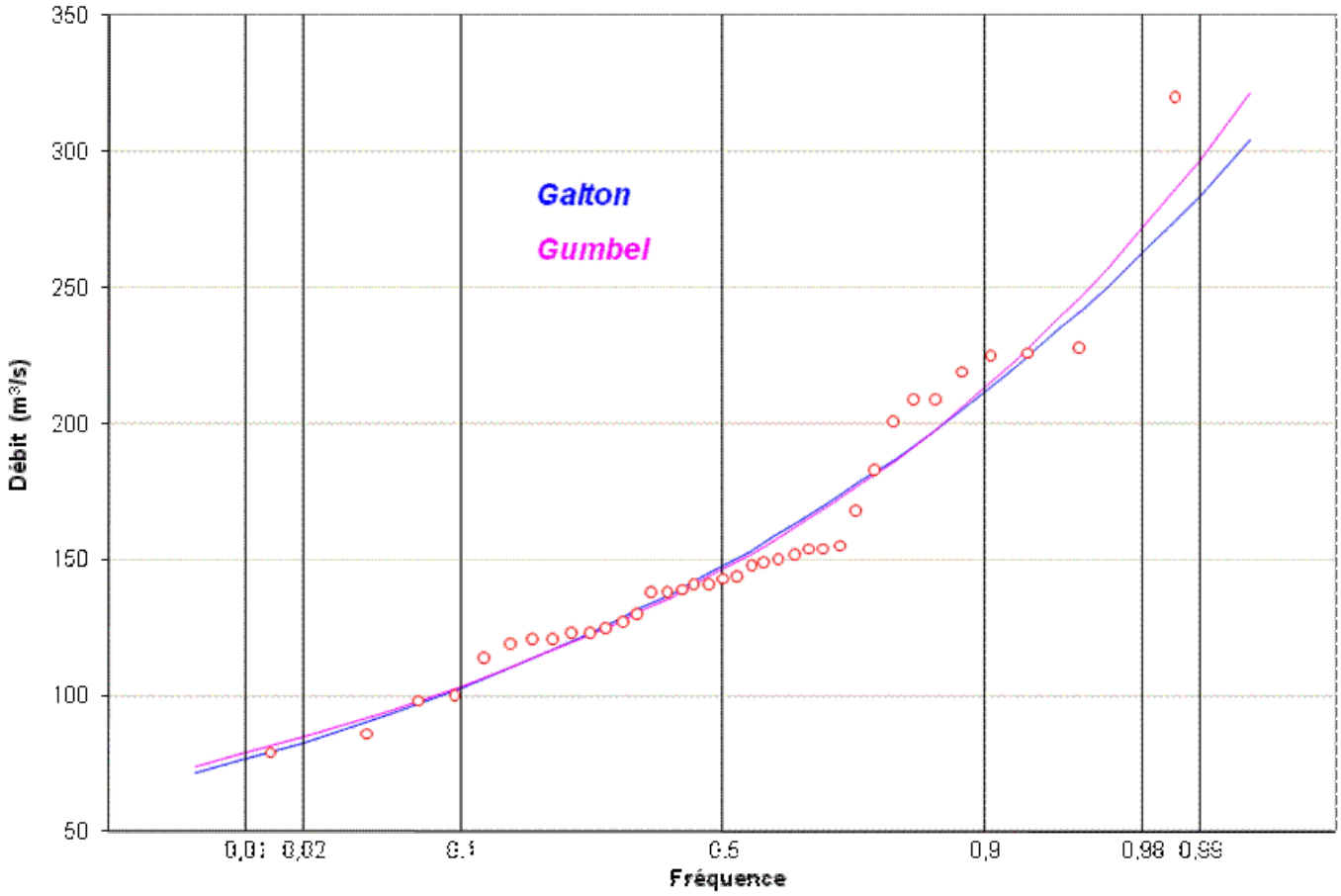


Figure 6-7
La Mbali à Boali-Usine (ICOT). Distribution des crues

Le rapport entre les débits décennaux des 2 stations est de 1,09, valeur proche de ce que nous avons trouvé (1,11), au Chapitre 4, concernant les débits moyens mensuels et confirmant l'hypothèse des pertes.

La *crue centennale* pourrait être de l'ordre de : *300 m^3/s*.

6.2.3.12. - La Lobaye à Kédingué-Yawa

Superficie du bassin versant : 11 170 km²
Nombre d'années d'observations : 14
Taille de l'échantillon : 23
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 255 m^3/s
Écart-type : ± 39,8 m^3/s
Coefficient de variation : 0,156

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	255	289	307	322	339
Gallon	252	286	306	324	344
Pearson III	253	287	306	323	342
Valeur adoptée	**252**	**287**	**306**	**324**	**343**

Débit spécifique de la crue décennale : 27,4 l/s/km²

Il est facile de compléter l'échantillon observé par la corrélation entre **$M.Ins_{Kédingué-Yawa}$** et **$M.Ins_{Safa}$**, qui est tout à fait valable. On reconstitue ainsi :

1953 : 200 m^3/s	1954 : 256 m^3/s	1955 : 343 m^3/s

1956 : 236 m^3/s	1957 : 222 m^3/s	1963 : 215 m^3/s
1964 : 248 m^3/s	1972 : 255 m^3/s	1974 : 255 m^3/s

On aboutit ainsi à un échantillon de 23 ans au lieu de 14.

La distribution est hypergaussique (loi de Galton) mais toutes les autres lois, sauf Goodrich, ont été acceptées par *ALED*.

6.2.3.13. - La Lobaye à Safa (Terres rouges)

Superficie du bassin versant : 29 600 km²
Nombre d'années d'observations : 21
Taille de l'échantillon : 23
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 606 m^3/s
Écart-type : ± 81,9 m^3/s
Coefficient de variation : 0,135

Loi de	Débit de crue (m3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	606	677	714	744	778
Galton	601	673	714	749	792
Pearson III	603	674	713	746	784
Valeur adoptée	602	674	714	748	790

Débit spécifique de la crue décennale : 24,1 l/s/km²

L'emploi de la corrélation précédente est utile car elle donne les fortes valeurs du débit maximal de 1960 et 1961 : 720 et 701 m^3/s, qui modifient légèrement la courbe de distribution en accentuant un peu son caractère hypergaussique. La loi de Galton reste la mieux adaptée, comme elle l'était déjà avec l'échantillon de 21 années. Le cas de la Lobaye est un peu comparable à celui du Nyong à Mbalmayo (Cameroun) où la distribution suit une loi de Galton, ce qui surprend tout autant. Les débits de crue sont supérieurs à ceux de Mbata alors que G. Chalandon signale que *des jaugeages de hautes eaux ont démontré que le débit est égal à Safa comme à Mbata*. Aussi ces valeurs devraient être révisées à la baisse d'environ 80 à 100 m^3/s.

L'utilitaire *ALED* a quand même accepté toutes les autres lois, sauf celle de Goodrich bien sûr.

6.2.3.14 - La Lobaye à Mbata

Superficie du bassin versant : 30 300 km²
Nombre d'années d'observations : 29
Valeur moyenne des crues maximales annuelles : 525 m^3/s
Écart-type : ± 78,2 m^3/s
Coefficient de variation : 0,149

Loi de	Débit de crue (m^3/s) pouvant être atteint ou dépassé une année sur				
	2	5	10	20	50
Gauss	525	592	627	656	689
Pearson III	521	593	634	668	709
Goodrich	532	592	620	640	662
Valeur adoptée	525	592	627	656	690

Débit spécifique de la crue décennale : 20,7 l/s/km²

La distribution (figure 6-8) est sensiblement gaussique, elle correspond aux chiffres que nous avons adoptés. On voit, ici, le passage d'une distribution hypergaussique (à l'amont) à une distribution normale (à l'aval). On note le caractère extrêmement faible du maximum de 1987, beaucoup plus marqué qu'à Boali.

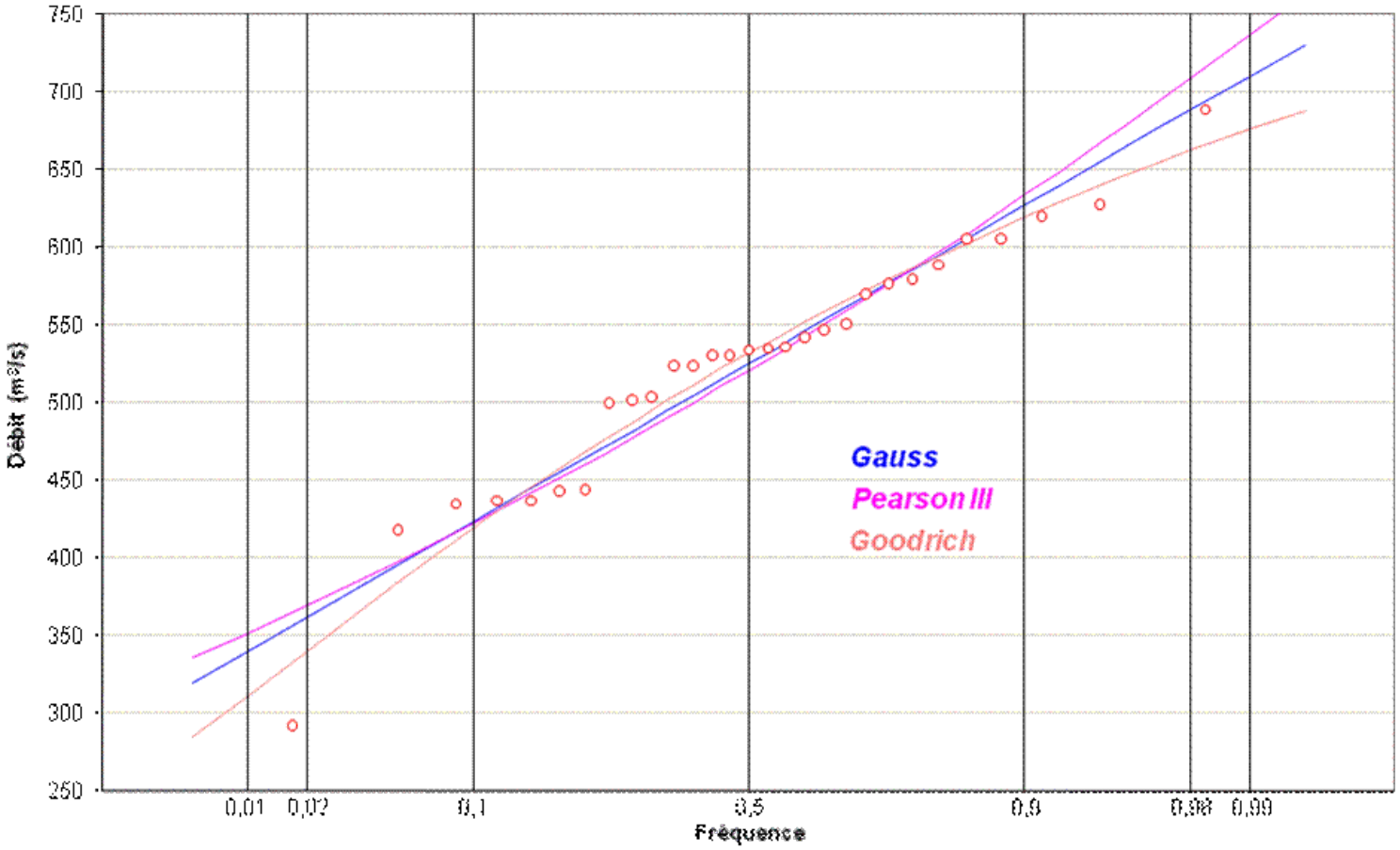


Figure 6-8
La Lobaye à Mbata. Distribution des crues

- Crue centennale

Les analyses donnent un débit de crue centennale variant de 676 à 710 m^3/s.

Nous adopterons une valeur du débit de la *crue centennale* comme compris dans la fourchette : *670 à 720 m^3/s*.

6.2.4. - Commentaires sur la fréquence d'utilisation des lois statistiques

Cinq lois statistiques (Gauss, Galton, Gumbel, Pearson III et Goodrich) ont été employées pour l'analyse des crues.

Pour une station donnée, trois lois (au plus) sur ces cinq ont été sélectionnées car réellement représentatives de l'échantillon. Elles ont été ensuite analysées.

Finalement, la loi la plus proche de l'échantillon a été retenue.

Le tableau ci-après donne, en fonction de la superficie du bassin versant :

- en noir, la fréquence (en %) de sélection de chacune de ces 5 lois ;
- en bleu, la fréquence (en %) d'utilisation de la loi retenue finalement.

Superficie (km²)	Nombre de cas	Lois de				
		Gauss (%)	Gumbel (%)	Galton (%)	Pearson III (%)	Goodrich (%)
> 100 000	4	75	0	75	100	25
		75,0	0,0	25,0	0,0	0,0
50 000 à 100 000	3	100	0	0	100	100
		66,7	0,0	0,0	0,0	33,3
20 000 à 50 000	6	100	0	33	83	67
		83	0	17	0	0
10 000 à 20 000	3	100	0	33	100	67
		33,3	0,0	33,3	0,0	33,3
6 000 à 10 000	0	Aucune étude sur un bassin versant de cette taille				
< 6 000	8	25	63	75	50	25
		12,5	25,0	37,5	12,5	12,5

Il en résulte :

- *Loi de Gauss (loi normale)* :

Elle convient (77 % des cas) aux bassins de taille supérieure à 20 000 km² mais elle est bien moins performante pour ceux de taille inférieure. C'est la parfaite illustration du *Théorème central limite* : lorsque le bassin est suffisamment grand, les apports des affluents au tributaire principal sont suffisamment nombreux et de caractère aléatoire pour que la distribution suive une loi normale. En outre, les pentes dans le lit majeur des rivières (qui amortit beaucoup les plus fortes crues) jouent un rôle important pour abaisser le coefficient d'asymétrie, même pour des bassins de superficie modeste. Mais dès que la taille diminue (ici 20 000 km² et moins), la juxtaposition de ces apports n'est plus suffisante pour que la loi normale donne une distribution correspondant à l'échantillon.

Notons que, pour les bassins de la première catégorie, les 25 % de la loi de Galton correspondent à la station Mobaye. Ceci tient peut-être à l'échantillon, peut-être aussi à une influence hypergaussique du bassin de l'Uele, le mieux arrosé et de plus forte altitude. Cette influence hypergaussique n'est plus sensible à Bangui.

- *Loi de Gumbel* :

À l'inverse, cette loi ne paraît s'appliquer qu'aux bassins de taille inférieure à 6 000 km².

- *Loi de Galton* **:**

Elle semble convenir également aux bassins de taille inférieure à 6 000 km². Pour des bassins plus grands, il y a deux cas : celui de Mobaye (dont il a été question plus haut) et celui de la Lobaye : il s'agit là d'une rivière bien calme, en général en zone forestière, qui peut exceptionnellement avoir des débits maximaux très élevés, d'où une distribution hypergaussique. Cela est très comparable à ce qui a été observé sur le Nyong à Mbalmayo (Cameroun).

- *Loi de Pearson III (loi Gamma incomplète)* :

Cette distribution hypergaussique est une des plus proches de la loi de Gauss. C'est pourquoi, sur le bassin oubanguien, c'est la loi universelle sauf peut-être sur les bassins inférieurs à 6 000 km² où elle reste valable, quand même, 3 fois sur 4. Mais ce n'est pas, dans bien des cas, celle qui soit la mieux adaptée.

- *Loi de Goodrich* :

Cette loi hypogaussique correspond au cas où l'écrêtement des crues devient maximal. On la trouve pour d'assez grands bassins ou pour des bassins plus petits où l'amortissement des crues est évident (la Lessé par exemple).

La prédominance des distributions gaussiques ou hypogaussiques est frappante, sauf pour des bassins de taille inférieure à 6 000 km² où la distribution hypergaussique est courante.

On ne doit pas perdre de vue, dans cette analyse, le fait que les valeurs maximales ne sont pas absolument indépendantes, pour la série des fortes années 1960 : il y a déjà un phénomène de persistance qui existe aussi sur les séries sèches comme 1972-1987. Or tout ce qui a été présenté suppose, *a priori*, des données indépendantes. Cela n'a pas de très graves conséquences mais, pour le moment, cela interdit d'aller plus loin dans l'analyse statistique.

6.3. - Variabilité des débits de crue décennale en fonction de la taille des bassins versants

La figure 6-9 montre comment varie le débit spécifique de la crue décennale en fonction de la superficie du bassin versant. Il convient d'examiner ces variations par zones homogènes de régime hydrologique.

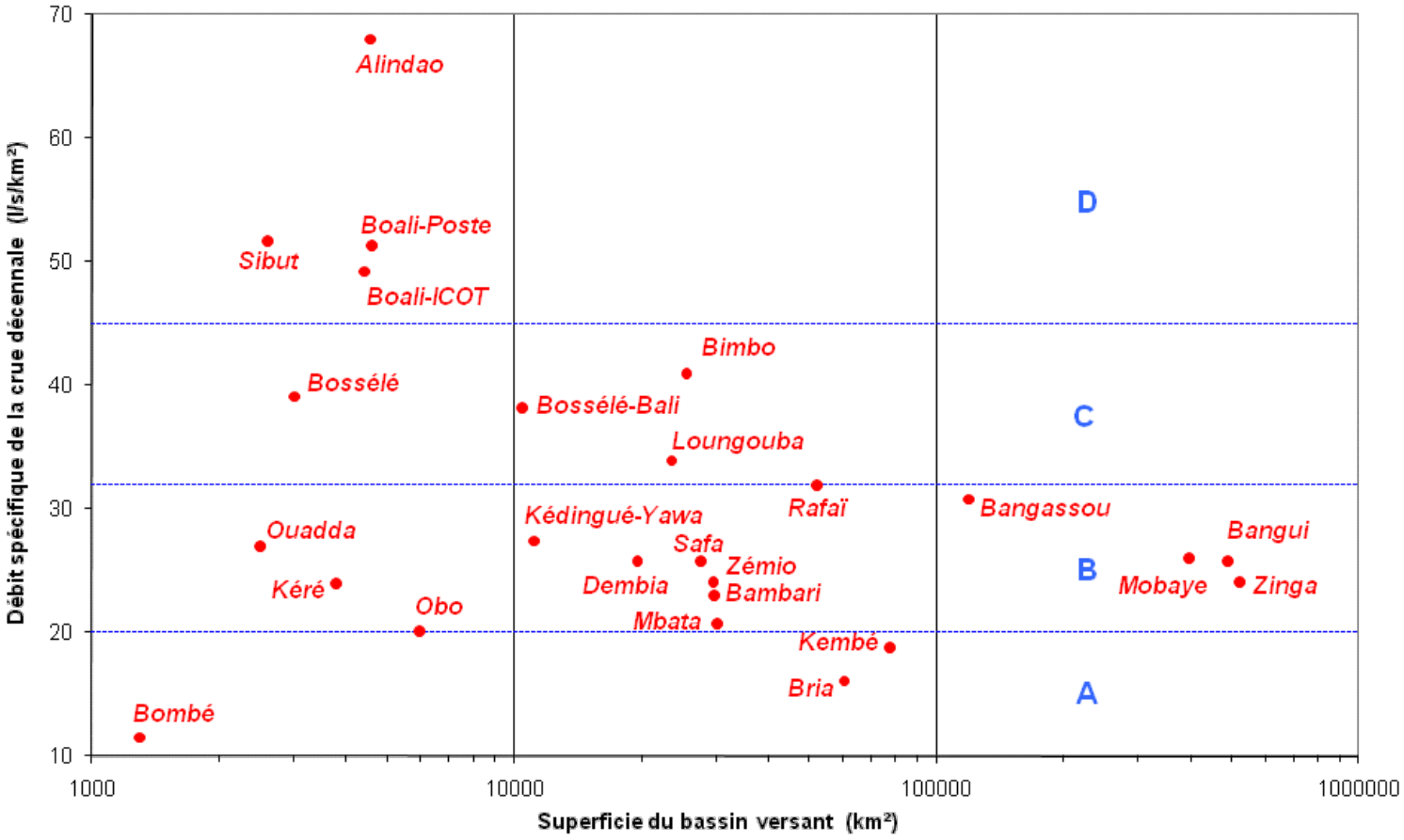


Figure 6-9

Distribution des débits spécifiques de crue décennale en fonction de la superficie des bassins versants

4 zones s'y distinguent :

- la zone **A**, où les débits spécifiques sont compris entre 10 et 20 l/s/km². Elle concerne uniquement la Kotto, rivière la plus septentrionale pour laquelle les crues ne sont pas très importantes, et la Lessé ;
- la zone **B**, avec un bon nombre de rivières (Oubangui, Lobaye, Ouaka, Ouara, Mbomou, etc.) où les débits spécifiques vont de 20 à 32 l/s/km² ;
- la zone **C**, avec des crues un peu plus importantes. Ceci concerne l'Ombella et la Mpoko. Les débits spécifiques de crue sont compris entre 32 et 45 l/s/km² ;
- enfin la zone **D**, où les débits spécifiques sont supérieurs à 45 l/s/km². Elle concerne la Tomi, la Bangui-Kété et la Mbali.

Dans chaque zone, les débits spécifiques varient peu avec la superficie (figure 6-9), ce qui est normal pour ce régime tropical de transition.

6.4. - Variation interannuelle du débit de la crue maximale

Une première approche de la variation de la crue maximale, d'une année à l'autre, peut se faire par le biais du coefficient de variation : plus il est important, plus l'irrégularité de la crue d'une année à l'autre est importante.

La figure 6-10 montre comment se distribue ce coefficient en fonction de la taille des bassins versants.

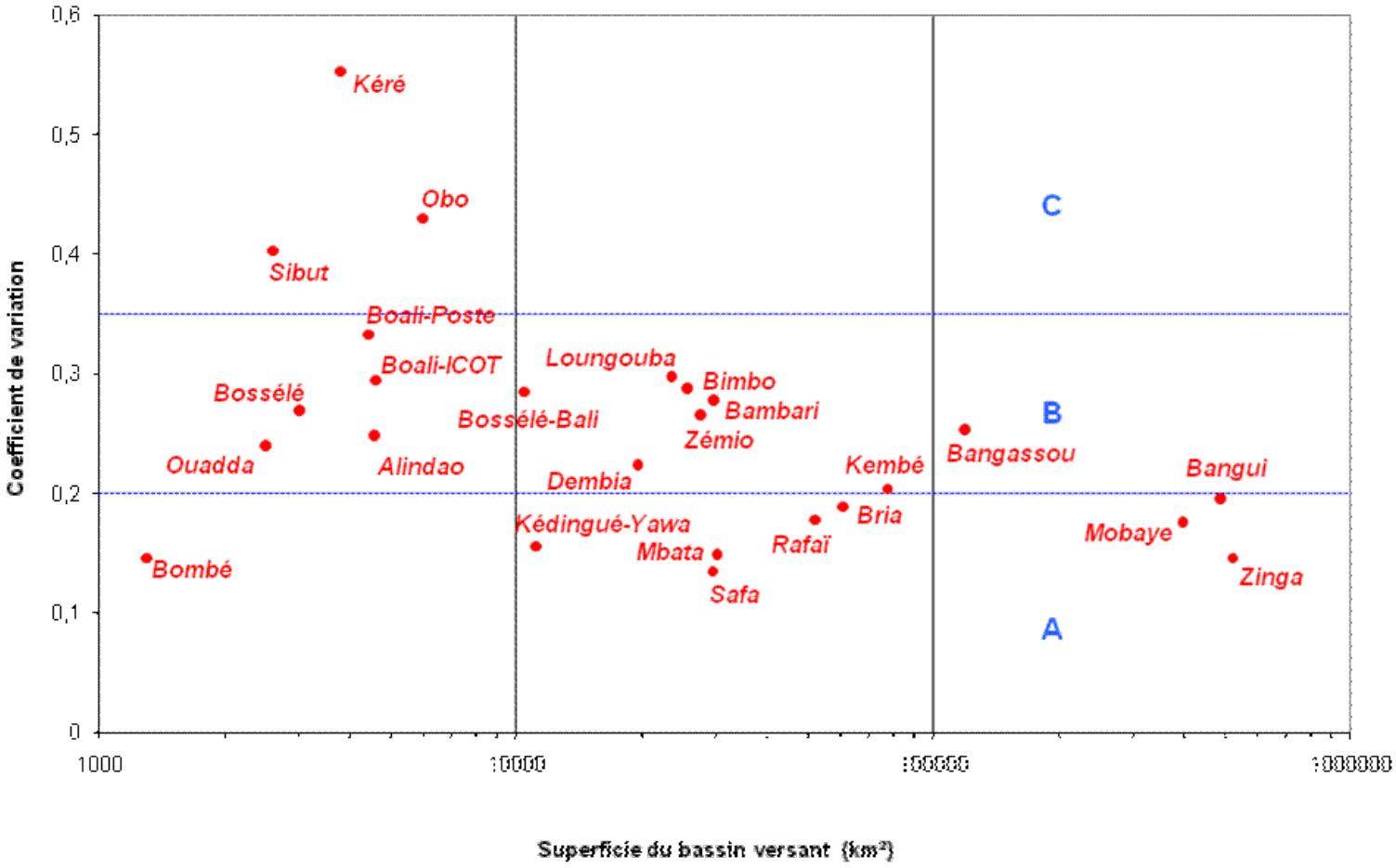


Figure 6-10
Distribution des Coefficients de variation en fonction de la superficie des bassins versants

Là aussi, il faut délimiter 3 zones :

- la zone **A**, où l'irrégularité est faible : elle concerne l'Oubangui, la Lobaye, la Lessé et le Chinko ;
- la zone **B**, pour la majorité des rivières du bassin oubanguien ;
- la zone **C**, avec une irrégularité forte : Tomi, Mbokou et Kéré.

Une seconde approche, qui peut être chiffrée, se fait avec l'intervalle de confiance à 95 %, donné par *DIXLOIS*.

Pour nous ramener à un coefficient comparable d'une station à une autre, nous avons défini un *Coefficient de variabilité de la crue décennale* (CVCD) :

$$CVCD = \frac{ICS - ICI}{QCr_{10}}$$

, avec ICS : intervalle de confiance supérieur,
ICI : intervalle de confiance inférieur,
QCr_{10} : Débit de la crue décennale

Autrement dit, connaissant le débit de la crue décennale QCr_{10} et son CVCD, nous aurons 95 chances sur 100 que la crue décennale soit comprise entre :

$$QCr_{10} - 0{,}5(CVCD.QCr_{10}) \quad \text{et} \quad QCr_{10} + 0{,}5(CVCD.QCr_{10})$$

Le tableau ci-après et la figure 6-11 en donnent les résultats.

Coefficient de variabilité de la crue décennale

Rivière	Station	Intervalle de confiance		Crue décennale	
		maximum	minimum		
		(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	CVCD
		Oubangui Supérieur			
Mbomou	Zémio	820	596	707	0,32
	Bangassou	3970	2950	3450	0,30
Ouara	Dembia	562	443	503	0,24
Chinko	Rafaï	1800	1515	1660	0,17
Mbari	Loungouba	910	571	740	0,46
		Moyen Oubangui			
Oubangui	Mobaye	10730	9250	9980	0,15
	Bangui	13100	12200	12600	0,07
	Zinga	13600	11400	12600	0,17
		Affluents de l'Oubangui			
Kotto	Bria	1040	870	985	0,17
	Kembé	1660	1310	1500	0,23
Pipi	Ouadda	81,5	54,7	67,6	0,40
Bangui-Kété	Alindao	346	271	309	0,24
Ouaka	Bambari	766	584	675	0,27
Tomi	Sibut	162	112	137	0,36
Ombella	Bossélé	147	108	128	0,30
Mpoko	Bossélé-Bali	454	348	401	0,26
	Bangui(Bimbo)	1274	853	1060	0,40
Lessé	Bombé	40,9	24,5	34,5	0,48
Mbali	Boali-Poste	263	196	236	0,28
	Boali-ICOT	231	180	206	0,25
Lobaye	Kédingué-Yawa	346	278	312	0,22
	Safa	750	646	700	0,15
	Mbata	666	587	628	0,13

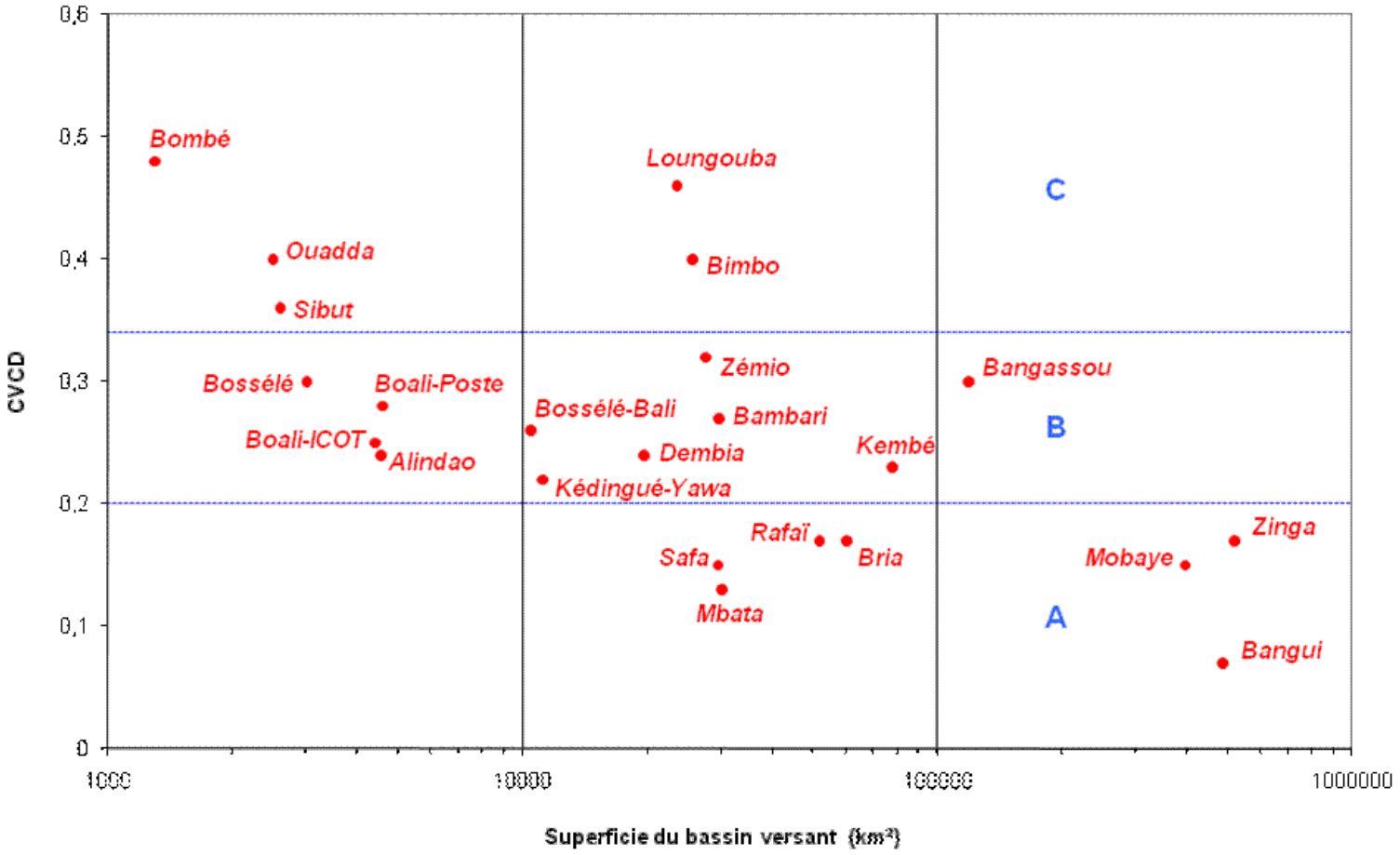


Figure 6-11

Distribution des Coefficients de variabilité de la crue décennale (CVCD) en fonction de la superficie des bassins versants

Sur cette figure, nous distinguerons :

- la zone **A**, là où le CVCD est compris entre 0,05 et 0,20. Elle caractérise des rivières ou des stations de faible irrégularité : Oubangui, Lobaye à Mbata, Chinko à Rafaï, Kotto à Bria, Lessé à Bombé ;
- la zone **B** caractérise la grande majorité des rivières et stations du bassin oubanguien. L'irrégularité de la crue décennale y est un peu plus importante, comprise entre 0,2 et 0,34 ;
- la zone **C** (CVCD supérieur à 0,34) caractérise des rivières à la plus forte irrégularité : Tomi, Pipi, Mpoko à Bangui (Bimbo), Mbari et Lessé.

Nous retrouvons ici pratiquement les mêmes résultats que sur la figure 6-10.

6.5. - Les plus fortes crues observées sur l'Oubangui à Bangui

6.5.1. - La crue de 1961

Avec un débit maximal de 14 500 m^3/s (observé le 2 novembre), cette crue a une période de retour au moins cinquantenaire.

Ce qui est le plus important, c'est que cette même année 1961 a occasionné de fortes crues dans une bonne partie de l'Afrique :

- crue cinquantenaire du Chari à N'Djamena (5 160 m^3/s les 8 et 9 novembre) ;
- crue au moins centennale (Feymans, 1962) du Congo à Brazzaville (70 000 m^3/s le 17 décembre, avec une hauteur d'eau supérieure de 1,7 m par rapport aux plus hautes eaux observées depuis 50 ans).

La genèse de ces crues est liée à une pluviométrie particulièrement abondante en Afrique centrale, où le lac Victoria a vu son niveau monter de 60 cm. Le Nil Blanc, lui même, a présenté la seconde plus forte crue observée depuis 1930.

6.5.2. - La crue de 1964

Trois années plus tard, l'Oubangui dépassait à nouveau les 14 000 m^3/s puisque le 30 octobre il atteignait les 14 100 m^3/s. Cette crue a permis

à R. Chartier d'effectuer un jaugeage (14 000 m^3/s) le 6 novembre à son retour d'une tournée dans l'est oubanguien. La ville était en partie inondée : une passerelle improvisée, faite de planches posées sur des parpaings, était installée pour pouvoir accéder à l'Ambassade de France et un concours de pêche à la ligne fut organisé à partir du bar du *Bangui Rock Club* ! Y. Boulvert se souvient parfaitement de cette inondation de la voie sur berge, d'autant plus que c'était son premier automne passé à Bangui.

6.5.3. - La crue de 1969

Avec seulement 12 000 m^3/s le 9 octobre, elle est nettement plus faible que les précédentes mais reste quand même de période de retour presque décennale. Cette crue a été l'occasion, pour J. Callède, d'effectuer 3 jaugeages (de 10 800 à 11 900 m^3/s) qui ont confirmé les 14 000 m^3/s mesurés par R. Chartier. Il n'y a pas eu de débordement en ville ... ni de concours de pêche.

Retour en haut du Chapitre

Sommaire de la monographie

Chapitre 7

ÉTUDE DES BASSES EAUX

Généralités. Date d'apparition des étiages
Étude statistique des basses eaux
L'Oubangui supérieur
Le moyen Oubangui
Les affluents du moyen Oubangui
Commentaires sur la fréquence d'utilisation des lois statistiques
Variabilité du débit d'étiage médian en fonction de la taille des bassins versants
Variabilité du débit d'étiage décennal en fonction de la taille des bassins versants
Variation interannuelle des débits d'étiage
Variation du coefficient de tarissement a
Variation des étiages, d'une année à l'autre à Bangui, Boali et Mbata

Les étiages n'intéressent guère que la Navigation fluviale et les Hydrologues (Steinberg, 1987). Pour le commun des mortels, seules les crues, de par leur côté spectaculaire et souvent dévastateur, sont dignes d'intérêt.

De ce fait, les basses eaux sont beaucoup plus mal suivies que les crues, car :

- généralement l'observateur de la station hydrométrique est beaucoup plus sensibilisé à relever les hautes eaux que celles qui correspondent à de maigres débits ;
- en basses eaux, les stations sont plus sensibles à un détarage ;
- il est difficile de trouver (ou d'aménager) une section de jaugeage où l'écoulement soit réellement uniforme, sans contre-courant.

Tout comme pour les modules annuels et les crues, les basses eaux ont bénéficié des utilitaires *DIXLOIS* et *ALED* pour leur étude statistique, en utilisant les mêmes lois que celles des modules ou des crues. Compte tenu du nombre restreint d'étiages observés, seules 2 lois de distribution ont été présentées.

La période de retour de 50 ans reste exceptionnelle car, bien souvent, nous ne disposons, pour une station, que de seulement 15 étiages annuels et même parfois moins.

Dans l'analyse statistique, nous indiquons la valeur du coefficient de tarissement a. En période de tarissement pur, ce coefficient permet, à partir du débit Q_o, de prévoir quel sera le débit Q_t, t jours plus tard, en utilisant la formule :

$$Q_t = Q_0 . e^{-\alpha t}$$

Ceci caractérise la disposition d'une rivière à se ressuyer plus ou moins rapidement : plus a est faible, plus le tarissement est lent.

Période 1975-1990

Une période de forte sécheresse, apparue vers 1970, perdurait encore en 1990. Comme déjà évoqué au Chapitre 2 (*La climatologie du bassin oubanguien*), paragraphe 2.8.3.2 (*La sécheresse de 1970*) cette période est la conséquence d'un effet de bascule, de cause inconnue, des précipitations entre l'Afrique (*déficitaire)* et l'Amérique du Sud (*excédentaire*).

D'autre part, la gestion du réseau hydrométrique centrafricain par l'ORSTOM, transférée progressivement aux Travaux Publics centrafricains, cesse fin 1975. Pour la période 1975-1990, nous ne disposons, pour cette Monographie, que des observations de l'Oubangui à Bangui et de la Mbali à Boali… Le *Service Commun de l'Entretien des Voies Navigables* (G.Chalandon) nous a très aimablement fait part de ses remarques concernant quelques stations du réseau où il a réalisé des jaugeages et communiqué les résultats. D'une façon générale, nous pouvons indiquer que la distribution statistique des étiages de l'origine des observations à 1975 conduit à des valeurs surévaluées quand on les compare aux débits mesurés durant cette période de sécheresse.

Il faut en conclure :

- que la loi de distribution est mal ajustée si l'on inclue la période 1976-1990 ;
- que l'inclusion de cette période peut conduire à exagérer la tendance à la faiblesse des débits et ne plus correspondre à la réalité ;
- que les débits mesurés ces dernières années sont d'une période de retour exceptionnelle, vu les écarts importants avec ceux de la période antérieure à 1970.

Ces 3 hypothèses sont loin d'être indépendantes.

7.1. - Date d'apparition des étiages

Le tableau 7.1 nous indique cette date.

Nous pouvons voir que le début de l'année hydrologique, fixé arbitrairement au 1er avril, n'est pas un trop mauvais choix. Certaines stations (celles de l'Oubangui, la Ouaka) ont une période de basses eaux bien déterminée tandis que d'autres (Lobaye, Tomi, Mbali) présentent des étiages s'étendant sur près de 5 mois.

Tableau 7.1 - Dates d'apparition des étiages maximaux annuels

Rivière	Station	Février	Mars			Avril			Mai			Juin			Total
			01-10	11-20	21-31	01-10	11-20	21-30	01-10	11-20	21-31	01-10	11-20	21-30	
						Oubangui Supérieur									
Mbomou	Zémio	2	3	3	3	3	2	3		1					20
	Bangassou	2	1	1	3	1	3	1	1						13
Mbokou	Obo		1	1	2	1		2							7
Kéré	Kéré		1				1	1							3
Ouara	Dembia		3	1	4		2	1							11
Chinko	Rafaï		1	3	4	3	3	2	1		1				18
Mbari	Loungouba	2	1			2	2				1				8
						Moyen Oubangui									
Oubangui	Mobaye		2	5	4	5	1	1							18
	Bangui	1	4	13	14	13	8	6	2	1					62
	Zinga		2	3	5	3	4	4	2						23
						Affluents de l'Oubangui									
Kotto	Bria	1		1	3	5	2		1						13
	Kembé	3	1	4	4	1	4		1						18
Pipi	Ouadda	2	1	2	3	1	3								12
Bangui-Kété	Alindao	6	2		3	2	5	2	1	1					22
Ouaka	Bambari			2	7	2	2	3	2						18
Tomi	Sibut		1	1	2	5		2	2	2		2	1		18
Ombella	Bossélé			2	2	1	1		2			2			10
Mpoko	Bossélé-Bali			2	4	2	2	2	1		1		1		15
	Bangui (Bimbo)						2		1	1	1	1			6
Lessé	Bombé	1	1		4	1	3	1		1		1			13
Mbali	Boali	1			2	6	2	7	4	5	2	1	1		31
Lobaye	Kédingué-Yawa		3		1	3	1		1				1		10
	Safa	7	2	1				1	1						12
	Mbata	7	5	3	3		4	2	2	1		1			28

7.2. - Étude statistique des basses eaux (unité : m^3/s)

7.2.1. - L'Oubangui supérieur

7.2.1.1. -Le Mbomou à Zémio

Superficie du bassin versant : 27 700 km^2
Nombre d'années d'observations : 11
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 27,0 m^3/s
Écart-type : ± 13,3 m^3/s
Coefficient de variation : 0,493

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	24,0	15,7	12,5	10,3	
Gumbel	24,7	15,9	12,1	9,40	
Valeur adoptée	**24,3**	**15,8**	**12,3**	**9,90**	

Débit spécifique de l'étiage médian : 0,88 l/s/km^2
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,44 l/s/km^2

(ces chiffres sont probablement sous-estimés car il y a 3 années très faibles : 1973, 1974 et 1975)
Coefficient de tarissement a : 0,0232

7.2.1.2. Le Mbomou à Bangassou

Cette station ne disposant que de 8 valeurs d'étiage, il était impossible d'utiliser *DIXLOIS* qui ne fonctionne qu'avec un échantillon d'au moins 10 valeurs. Aussi avons-nous tenté la corrélation avec Zémio. Le coefficient de corrélation atteint 0,79 ce qui autorise à compléter l'échantillon de Bangassou en utilisant la régression linéaire liant Zémio à Bangassou.

Superficie du bassin versant : 119 050 km²
Nombre d'années d'observations : 15
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 70,2 m³/s
Écart-type : ± 30,6 m³/s
Coefficient de variation : 0,436

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gafon	64,1	45,3	37,7	32,4	
Gumbel	64,6	45,2	37,0	30,9	
Valeur adoptée	64,4	45,2	37,3	31,7	

Débit spécifique de l'étiage médian : 0,54 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,31 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0258

7.2.1.3. - Le Mbokou à Obo

Il n'existe que 5 mesures d'étiage à cette station et sa période commune avec Zémio ne comporte que 4 années. Il est donc impossible de traiter statistiquement cette station.

Le débit d'étiage médian est estimé à 0,12 l/s/km².
Le coefficient de tarissement a est estimé à 0,033.

7.2.1.4. - La Kéré à Keré

Pour le même motif, nous ne traiterons pas la Kéré, où nous ne disposons que de 3 valeurs d'étiage.

Le coefficient de tarissement a est de 0,028.

7.2.1.5. - La Ouara à Dembia

Superficie du bassin versant : 19 590 km²
Nombre d'années d'observations : 12
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 12,4 m³/s
Écart-type : ± 9, m³/s
Coefficient de variation : 0,779

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gafon	10,6	6,10	4,19	2,79	
Pearson III	10,8	5,69	3,75	2,48	
Valeur adoptée	10,7	5,9	3,97	2,64	

Débit spécifique de l'étiage médian : 0,55 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,20 l/s/km²
(certaines valeurs paraissent suspectes : 1955, 1956 et 1957)
Coefficient de tarissement a : 0,0263

7.2.1.6. - Le Chinko à Rafaï

Superficie du bassin versant : 52 060 km²
Nombre d'années d'observations : 16
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 37,6 m^3/s
Ecart-type : ± 14,5 m^3/s
Coefficient de variation : 0,384

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Pearson III	35,3	23,3	18,3	14,8	
Goodrich	37,5	25,7	19,9	15,6	
Valeur adoptée	**36,4**	**24,5**	**19,1**	**15,2**	

Débit spécifique de l'étiage médian : 0,70 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,37 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0256

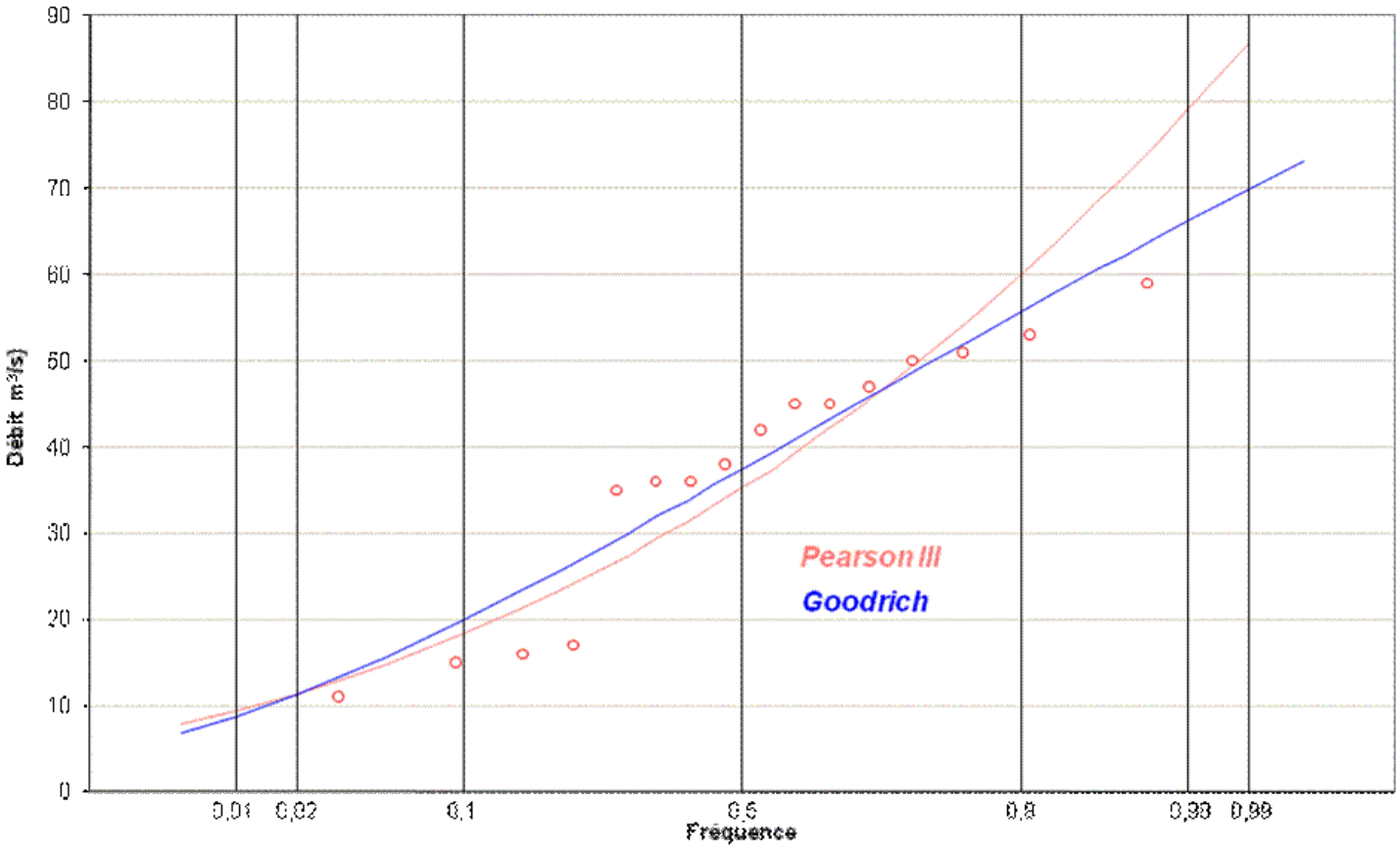


Figure 7-1
Le Chinko à Rafaï. Distribution des étiages

7.2.1.7. - Le Mbari à Loungouba

Il n'y a que 6 étiages annuels de mesurés et la corrélation avec le Chinko est très mauvaise (r = 0,44). Un ajustement graphique indiquerait, sous toute réserve, un étiage décennal de l'ordre de 2,7 m^3/s, soit 0,11 l/s/km².

Le débit d'étiage médian est estimé à 17 m^3/s, soit 0,72 l/s/km².
Le coefficient de tarissement a est : 0,023.

La station est difficile à jauger en basses eaux.

7.2.2. - Le moyen Oubangui

7.2.2.1. L'Oubangui à Mobaye

Superficie du bassin versant : 403 800 km²
Nombre d'années d'observations : 16
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 641 m^3/s
Écart-type : ± 193 m^3/s
Coefficient de variation : 0,302

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	609	455	391	345	(300)
Gumbel	610	457	392	344	(296)
Valeur adoptée	609	456	391	344	(298)

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,51 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,97 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0213

Si nous utilisons la corrélation très serrée existant entre Mobaye et Bangui (r = 0,98) ainsi que les 78 années d'observations des étiages à Bangui, le débit d'étiage décennal tombe à 316 m^3/s, à cause de la période 1972-1990, d'hydraulicité catastrophiquement faible (voir 7.2.2.2). Ceci donne :

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,46 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,78 l/s/km²

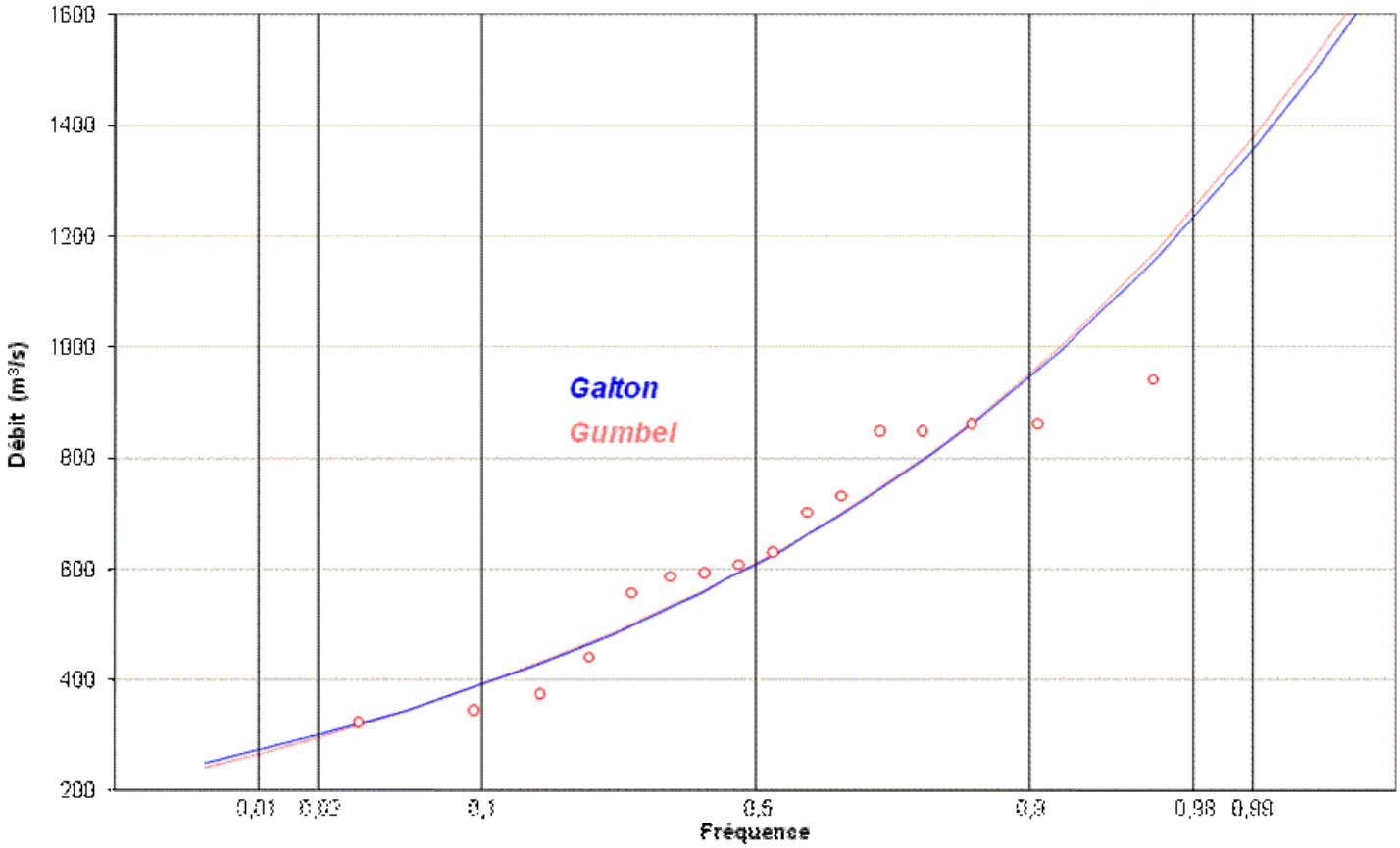


Figure 7-2
L'Oubangui à Mobaye. Distribution des étiages

7.2.2.2. - L'Oubangui à Bangui

Comme pour les crues nous considérerons :

- l'échantillon complet (mais peut-être douteux entre 1920 et 1935) ;
- l'échantillon réduit à la période 1935-1990, de très bonne qualité.

La superficie du bassin versant est de 488 500 km².

- Échantillon complet

Nombre d'années d'observations : 78

Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 759 m^3/s

Écart-type : ± 303 m^3/s

Coefficient de variation : 0,399

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gumbel	710	486	390	320	249
Pearson III	715	488	391	322	256
Valeur adoptée	**712**	**487**	**390**	**321**	**252**

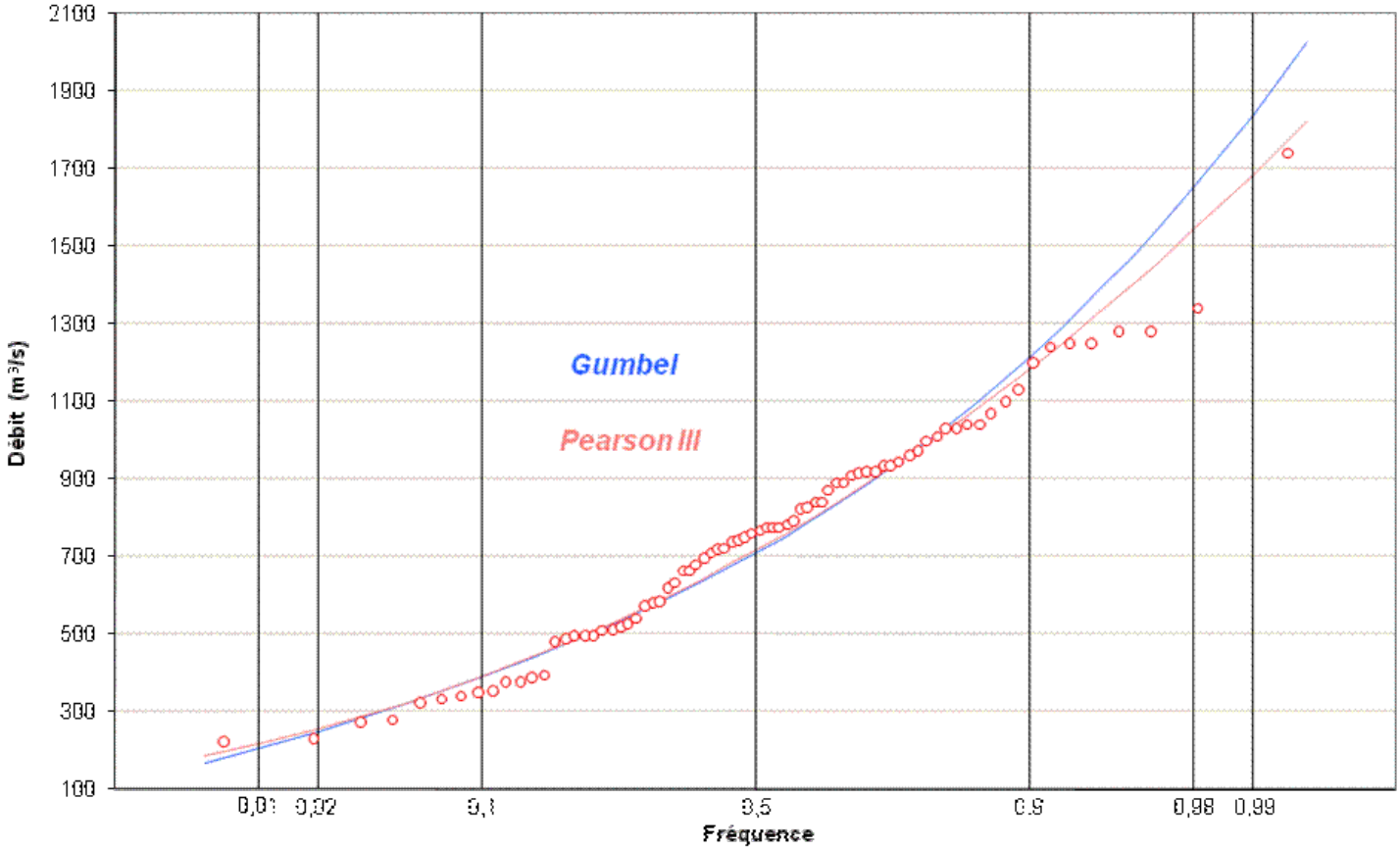


Figure 7-3

L'Oubangui à Bangui. Distribution des étiages (échantillon complet)

- Échantillon réduit

Nombre d'années d'observations : 56

Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 693 m^3/s

Écart-type : ± 297 m^3/s

Coefficient de variation : 0,429

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gumbel	644	438	350	285	221
Pearson III	650	437	347	284	223
Valeur adoptée	**646**	**437**	**348**	**284**	**222**

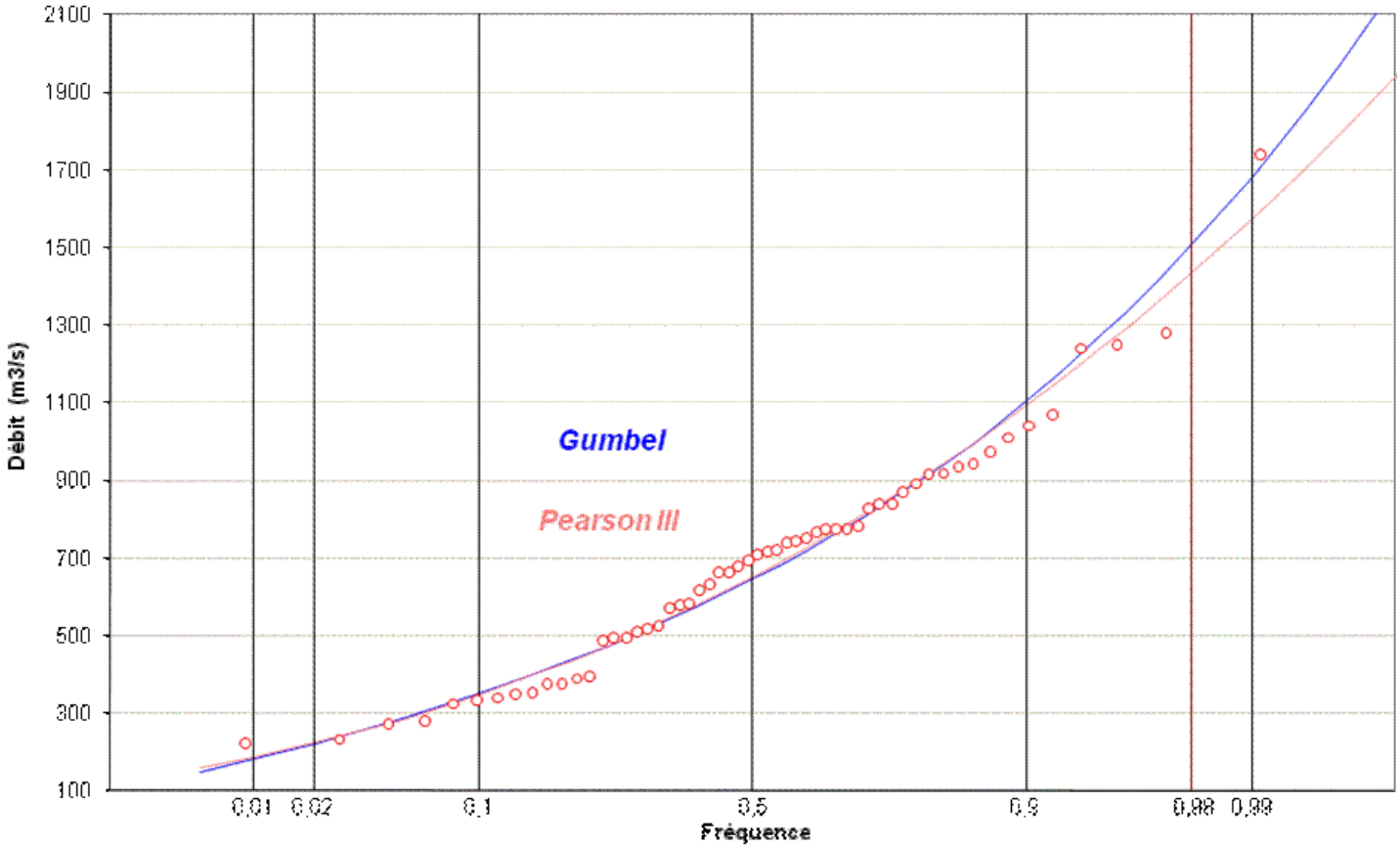


Figure 7-4
L'Oubangui à Bangui. Distribution des étiages (échantillon réduit)

L'écart entre les déterminations "échantillon complet" et "échantillon réduit" est plus important pour les étiages que pour les crues : la sécheresse de la période 1972-1990 pèse de tout son poids sur l'échantillon réduit. Compte tenu de la qualité des observations 1935-1990, nous adopterons :

	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Valeur adoptée	**680**	**-**	**370**	**-**	**-**

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,39 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,76 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0211

Il est à remarquer que le débit d'étiage décennal de Bangui (370 m^3/s) est sensiblement inférieur à celui de Mobaye (391 m^3/s). Ceci provient du fait que les observations à Mobaye s'arrêtent en 1975 tandis que la série de Bangui continue jusqu'en 1990 en y incluant les années 1972-1990 où les étiages ont été particulièrement sévères.

En utilisant les 16 années d'observations communes, il ressort :

- Mobaye : moyenne 641 m^3/s ; écart-type ± 200 m^3/s
- Bangui : moyenne 739 m^3/s ; écart-type ± 239 m^3/s
- Coefficient de corrélation : 0,98.

Les 2 stations sont en parfaite corrélation, ce qui amène à indiquer 316 m^3/s (à la place des 391) pour l'étiage décennal à Mobaye afin de tenir compte, dans une mesure raisonnable, de la période 1972-1990.

L'étiage médian serait alors de 590 m^3/s, soit 1,46 l/s/km².

- Étiage centennal

Les distributions statistiques le donnent de l'ordre de 180 m^3/s, débit nettement inférieur au minimum observé (223 m^3/s) en 1990-1991, ce qui n'est pas très réaliste. Un chiffre de 200 m^3/s serait plus vraisemblable, le minimum observé étant très probablement centennal.

G. Chalandon pense qu'*il n'est pas certain que le minimum observé en 1990 soit centennal (il ne faut pas retenir les observations douteuses de 1911*

à 1935). À Brazzaville, pour la période de 1902 à 1992, l'étiage absolu s'est produit en 1907 et le plus faible module annuel a été enregistré en 1919.

7.2.2.3. L'Oubangui à Zinga

Superficie du bassin versant : 521 900 km²
Nombre d'années d'observations : 20 (période 1947-1975)
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 782 m^3/s
Ecart-type : ± 200 m^3/s
Coefficient de variation : 0,256

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gaïton	756	601	534	483	432
Gumbel	752	599	534	486	437
Valeur adoptée	**754**	**600**	**534**	**485**	**434**

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,44 l/s/ km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 1,02 l/s/ km²
Coefficient de tarissement a : 0,0213

Ceci amène, de la part de G. Chalandon, aux mêmes commentaires que ceux concernant Bangui et Mobaye : *les débits d'étiage (à Zinga) doivent être en rapport avec ceux de Bangui.* Mais la période d'observation n'est pas la même !

Pour les 5 dernières années, les étiages absolus à Zinga sont (valeurs aimablement communiquées par G. Chalandon) :

1987 : 420 m^3/s ;
1988 : 380 m^3/s ;
1989 : 320 m^3/s ;
1990 : 225 m^3/s ;
1991 : 500 m^3/s.

7.2.3. - Les affluents du moyen Oubangui

7.2.3.1. - La Kotto à Bria

Superficie du bassin versant : 60 590 km²
Nombre d'années d'observations : 12
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 75,2 m^3/s
Écart-type : ± 4,72 m^3/s
Coefficient de variation : 0,063

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gaïton	75,0	71,2	69,3	67,7	
Pearson III	75,1	71,2	69,2	67,6	
Valeur adoptée	**75,0**	**71,2**	**69,3**	**67,7**	

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,24 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 1,14 l/s/km²
(les divers quantiles ne sont pas trop affectés par la sécheresse des années 1970)
Coefficient de tarissement a : 0,0217

Ces chiffres seront à revoir à la baisse si la hauteur d'eau du jaugeage n°15 (12 décembre 1987, hauteur à l'échelle : -1,09, débit : 43,8 m^3/s) est confirmée.

7.2.3.2. - La Kotto à Kembé

Superficie du bassin versant : 77 750 km²
Nombre d'années d'observations : 18

Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 85,3 m /s
Ecart-type : ± 18,4 m^3/s
Coefficient de variation : 0,216

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	83,5	70,5	64,5	60,0	*(55,2)*
Gumbel	82,0	70,3	65,4	61,7	*(58,0)*
Valeur adoptée	**82,7**	**70,4**	**64,9**	**60,8**	*(56,6)*

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,06 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,83 l/s/km²
(les divers quantiles ne sont pas trop affectés par la sécheresse des années 1970)
Coefficient de tarissement a : 0,0130.

D'après G. Chalandon, un jaugeage à 54,2 m^3/s a eu lieu ces dernières années et les hauteurs observées donneraient un débit inférieur à 50 m^3/s.

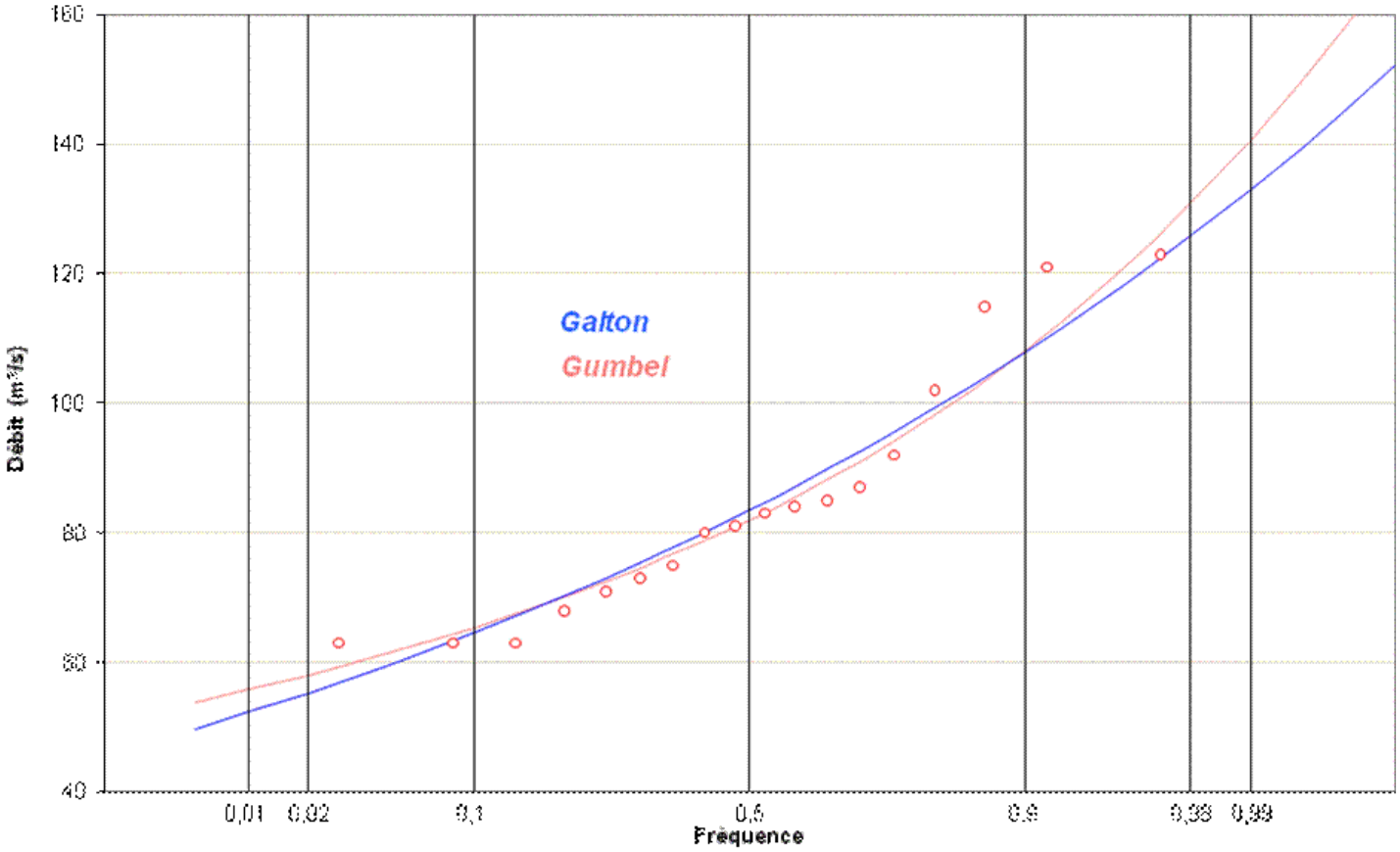


Figure 7-5
La Kotto à Kembé. Distribution des étiages

7.2.3.3. - La Pipi à Ouadda

Superficie du bassin versant : 2 500 km²
Nombre d'années d'observations : 10
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 4,23 m^3/s
Écart-type : ± 1,48 m^3/s
Coefficient de variation : 0,350

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gumbel	3,94	3,15	2,81	2,56	
Pearson III	4,11	3,06	2,57	2,19	
Valeur adoptée	**4,02**	**3,10**	**2,69**	**2,37**	

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,61 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 1,08 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0151

7.2.3.4. - La Bangui-Kété à Alindao

Superficie du bassin versant : 4 560 km²
Nombre d'années d'observations : 22
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 14,7 m^3/s
Écart-type : ± 4,07 m^3/s
Coefficient de variation : 0,277

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	14,2	11,5	10,2	9,32	8,36
Gumbel	14,0	11,4	10,3	9,56	8,75
Valeur adoptée	**14,1**	**11,4**	**10,2**	**9,44**	**8,55**

Débit spécifique de l'étiage médian : 3,09 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 2,24 l/s/km²
(ici également, les divers quantiles ne sont pas trop affectés par la sécheresse des années 1970, compensée par l'abondance des années 1950, tout au moins pour la médiane)
Coefficient de tarissement a : 0,0133

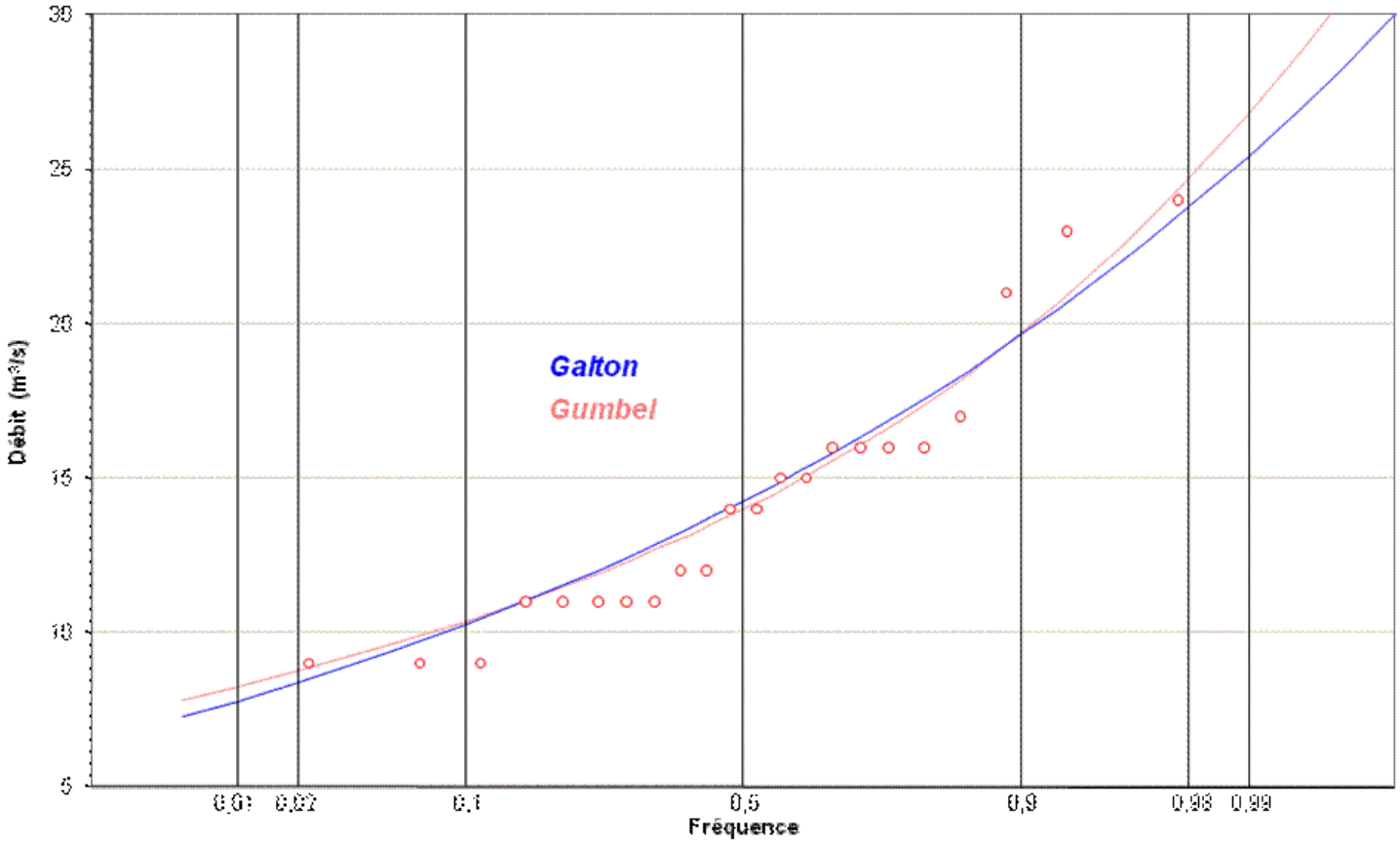


Figure 7-6
La Bangui-Kété à Alindao. Distribution des étiages

7.2.3.5. - La Ouaka à Bambari

Superficie du bassin versant : 29 730 km²
Nombre d'années d'observations : 16
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 45,6 m^3/s
Écart-type : ± 21,5 m^3/s
Coefficient de variation : 0,472

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gafton	40,6	26,6	21,3	17,6	
Gumbel	41,8	27,0	20,7	16,1	
Valeur adoptée	41,2	26,8	21,0	16,8	

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,39 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,71 l/s/km²
(la sécheresse des années 1970 n'a pas trop d'influence)
Coefficient de tarissement a : 0,0149

7.2.3.6. La Tomi à Sibut

Superficie du bassin versant : 2 610 km2
Nombre d'années d'observations : 22
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 1,26 m^3/s
Écart-type : ± 0,475 m^3/s
Coefficient de variation : 0,378

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gumbel	1,19	0,788	0,619	0,494	0,368
Pearson III	1,22	0,832	0,649	0,508	0,359
Valeur adoptée	1,20	0,810	0,634	0,501	0,363

Débit spécifique de l'étiage médian : 0,46 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,24 l/s/km²
(aucune influence sensible de la période 1972-1975)
Coefficient de tarissement a : 0,0204

G. Chalandon, au vu des résultats de ces dernières années, estime ces valeurs trop fortes car un débit de 0,18 m^3/s a été observé en février 1988, avec un jaugeage de 0,04 m^3/s en avril 1988. De plus, le débit a été nul pendant 2 jours en mars 1987.

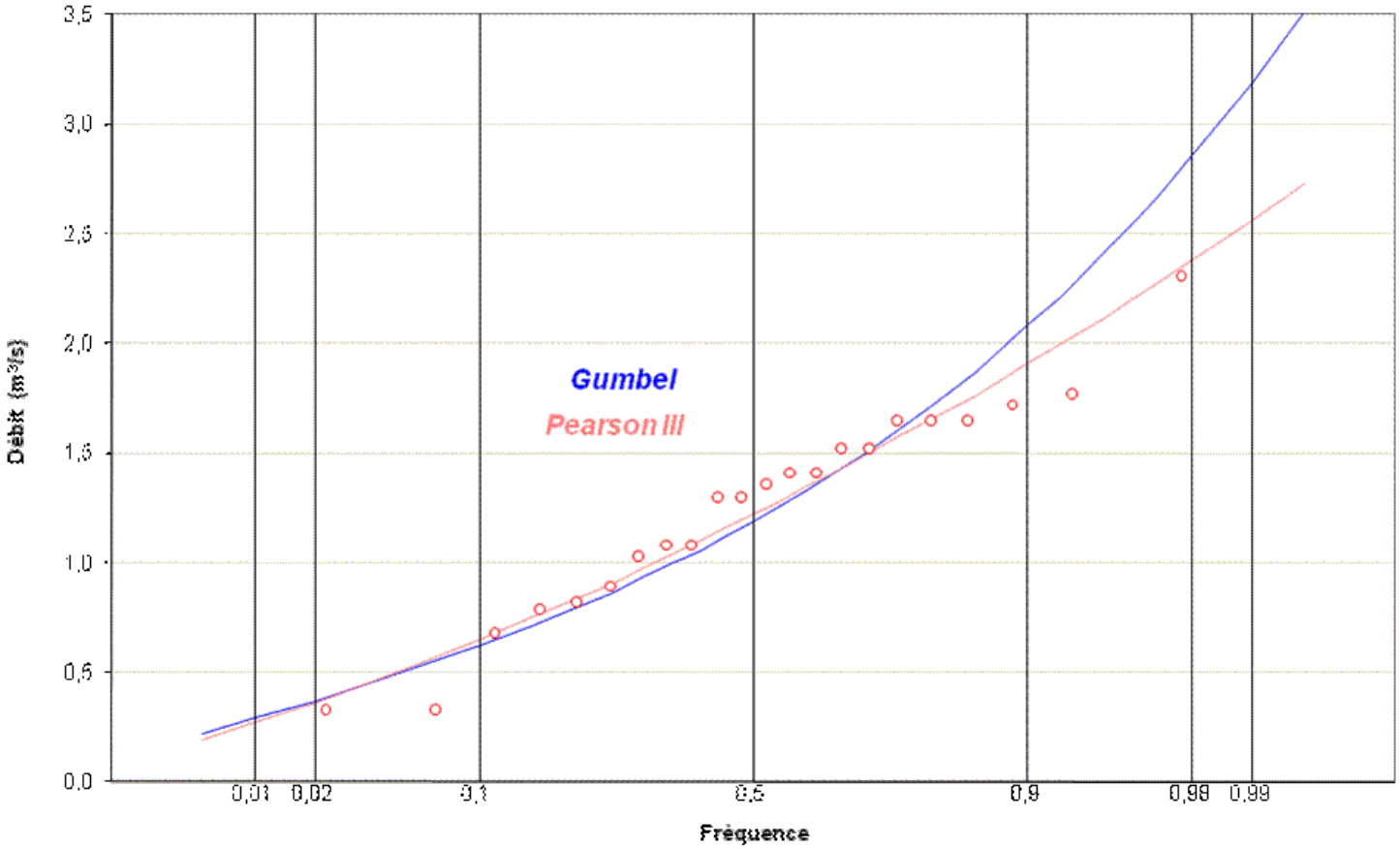


Figure 7-7
La Tomi à Sibut. Distribution des étiages

7.2.3.7. - L'Ombella à Bossélé (Pont au kilomètre 105 de la route Bangui-Bambari)

Superficie du bassin versant : 3 020 km²
Nombre d'années d'observations : 12
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 3,73 m³/s
Écart-type : ± 1,21 m³/s
Coefficient de variation : 0,325

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	4,2	3,6	3,3		
Valeur adoptée	4,2	3,6	3,3		

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,4 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 1,1 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0143

La distribution statistique des 12 débits d'étiage est très mauvaise : 4 valeurs (qui correspondent à la sécheresse 1971-1975) vont de 1,95 à 2,49 m³/s et le reste de l'échantillon est compris entre 4,01 et 5,44 m³/s. La médiane observée est de 4,28 m³/s ! L'ajustement avec *DIXLOIS* donne des résultats aberrants (valeur médiane de 3,54 m³/s), toutes les lois étant aussi mauvaises l'une que l'autre. Or les fréquences des valeurs de la période 1971-1975 sont en réalité beaucoup plus faibles que celles calculées.

Nous avons donc supprimé ces 4 années et travaillé avec seulement 8 valeurs. L'ajustement s'est fait graphiquement, suivant une loi de Galton.

7.2.3.8. - La Mpoko à Bossélé-Bali

Superficie du bassin versant : 10 460 km²
Nombre d'années d'observations : 15
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 24, m³/s
Écart-type : ± 9,31 m³/s
Coefficient de variation : 0,386

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	21,9	13,8	10,8	8,79	*(6,93)*
Gumbel	22,8	14,8	11,4	8,96	*(6,44)*
Valeur adoptée	**22,3**	**14,3**	**11,1**	**8,87**	***(6,68)***

Débit spécifique de l'étiage médian : 2,13 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 1,06 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0127

Là aussi les débits de ces dernières années incitent à revoir ces évaluations à la baisse : *un jaugeage a indiqué un débit de 4,60 m^3/s et des débits de 4,10 m^3/s ont été observés* (G. Chalandon).

7.2.3.9. La Mpoko à Bangui (Bimbo)

Superficie du bassin versant : 25 630 km²
Nombre d'années d'observations : 8
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 77,1 m^3/s
Écart-type : ± 28,0 m^3/s
Coefficient de variation : 0,363

Le nombre restreint des valeurs d'étiage ne permet pas l'emploi de *DIXLOIS* et il n'a pas été possible d'utiliser une corrélation avec la station de Bossélé-Bali (7 années communes seulement et coefficient de corrélation trop lâche, *r* = 0,495). Aussi avons-nous réalisé un ajustement graphique en utilisant les lois de Galton et de Gumbel.

La valeur médiane de l'étiage annuel serait de 60-70 m^3/s, soit un débit spécifique de 2,5 l/s/km².

Coefficient de tarissement a : 0,0134

7.2.3.10. - La Lessé à Bombé

Superficie du bassin versant : 1 300 km²
Nombre d'années d'observations : 11
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 1,49 m^3/s
Écart-type : ± 0,356 m^3/s
Coefficient de variation : 0,239

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	1,46	1,20	1,07	0,97	
Gumbel	1,43	1,19	1,09	1,02	
Valeur adoptée	**1,44**	**1,19**	**1,08**	**1,00**	

Débit spécifique de l'étiage médian : 1,11 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,83 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0166

7.2.3.11. - La Mbali à Boali

- Station de Boali-Poste

Superficie du bassin versant : 4 596 km²
Nombre d'années d'observations : 15
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 20,7 m^3/s
Écart-type : ± 5,66 m^3/s
Coefficient de variation : 0,273

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Galton	20,1	16,4	14,8	13,6	*(12,3)*
Gumbel	19,7	16,5	15,1	14,1	*(13,1)*
Valeur adoptée	**19,9**	**16,4**	**14,9**	**13,8**	***(12,7)***

Débit spécifique de l'étiage médian : 4,33 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 3,24 l/s/km²
(ces valeurs sont très fortes. L'échantillon, sans année sèche sévère, ne peut que donner des résultats médiocres)
Coefficient de tarissement a : 0,0122

- Station de Boali-Usine (ou ICOT)

Superficie du bassin versant : 4 410 km²
Nombre d'années d'observations : 23
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 10, m^3/s
Écart-type : ± 6,67 m^3/s
Coefficient de variation : 0,631

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Pearson III	**8,91**	**4,12**	**2,42**	**1,37**	**0,500**
Goodrich	**9,51**	**4,50**	**2,78**	**1,37**	**0,391**
Valeur adoptée	**9,21**	**4,31**	**2,60**	**1,37**	**0,446**

Débit spécifique de l'étiage médian : 2,09 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 0,59 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0128

Commentaires :

Il peut paraître surprenant de constater que le débit spécifique d'étiage décennal soit cinq fois plus élevé à Boali-Poste qu'à Boali-ICOT. Ceci n'a pourtant rien d'étonnant : l'échantillon de chaque station ne correspond pas à la même période d'observation. Celui de Boali-Poste couvre la période 1949-1969 tandis que, pour Boali-ICOT, elle va de 1964 à 1988 et intègre ainsi la longue série d'étiages sévères depuis 1972 – plus particulièrement depuis 1983 – ce qui fausse complètement la comparaison et fait apparaître des débits décennaux très faibles ainsi que l'effet de persistance.

Voici les valeurs des étiages annuels pour les 4 années d'observations communes :

Étiages à Boali (m^3/s)

Année	Poste	ICOT	Poste/ICOT	Observations
1964-65	**18,2**	**18,3**	***0,99***	**Année fausse à *Poste***
1967-68	**20,4**	**17,0**	***1,20***	
1968-69	**22,6**	**19,9**	***1,14***	
1969-70	**23,7**	**19,9**	***1,19***	

Nous pouvons constater que les débits d'étiage ont une valeur à peu près identique aux 2 stations.

L'année 1964-65 n'est pas très bien observée à Boali-Poste, ce qui expliquerait un débit d'étiage très légèrement inférieur à celui de ICOT.

Pour les 3 autres années, nous retrouvons le même phénomène décrit au Chapitre 4 et qui concernait les débits mensuels : Boali-Poste est très légèrement supérieur à Boali-ICOT.

Nous remarquerons que les coefficients de tarissement sont pratiquement les mêmes aux 2 stations (0,0122 et 0,0128) ce qui indique des régimes de basses eaux identiques.

En définitive, nous proposons, pour Boali-ICOT :

- débit d'étiage médian : 12 m^3/s (2,7 l/s/km²) ;
- débit d'étiage décennal : 3 m^3/s (0,7 l/s/km²).

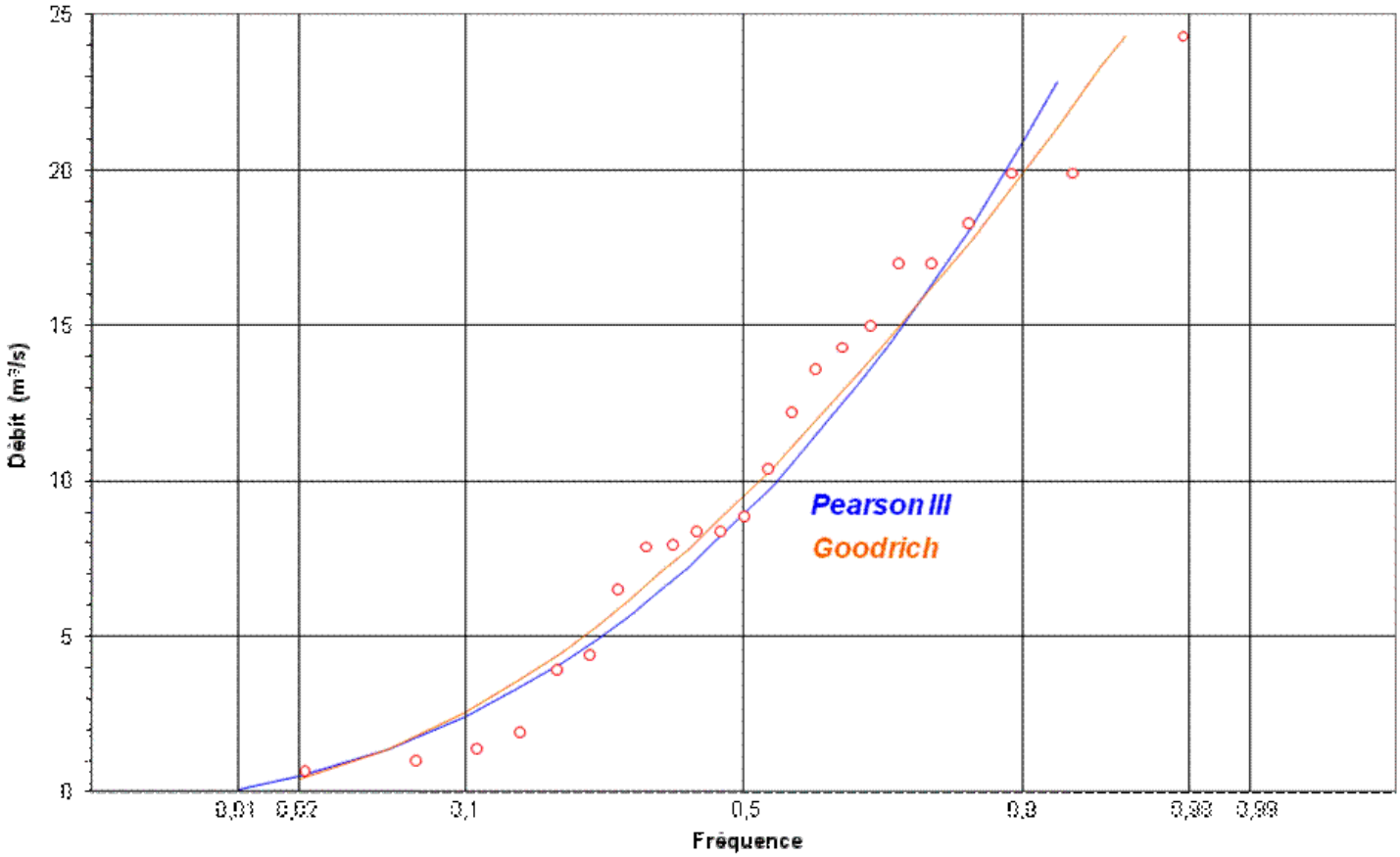


Figure 7-8
La Mbali à Boali-ICOT. Distribution des étiages

7.2.3.12. - La Lobaye à Zaoro-Yanga

Superficie du bassin versant : 5 280 km²
Nombre d'années d'observations : 2

Il est impossible de déterminer quoi que ce soit en débit. La seule indication possible est celle du coefficient de tarissement a , qui vaudrait 0,0111.

7.2.3.13. La Lobaye à Kédingué-Yawa

Superficie du bassin versant : 11 170 km2
Nombre d'années d'observations : 11
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 79,0 m^3/s
Écart-type : ± 9,36 m^3/s
Coefficient de variation : 0,119

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gafton	78,4	70,7	66,9	64,0	
Pearson III	78,6	70,9	67,0	64,0	
Valeur adoptée	78,5	70,8	66,9	64,0	

Débit spécifique de l'étiage médian : 7,03 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 5,99 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0085

7.2.3.14. - La Lobaye à Safa (Terres rouges)

Superficie du bassin versant : 29 600 km²
Nombre d'années d'observations : 16
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 234 m^3/s

Écart-type : ± 17,8 m^3/s
Coefficient de variation : 0,076

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Gafon	233	219	212	207	*(201)*
Pearson III	233	219	212	206	*(199)*
Valeur adoptée	**233**	**219**	**212**	**206**	*(200)*

Débit spécifique de l'étiage médian : 7,87 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 7,16 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0091

7.2.3.15. - La Lobaye à Mbata

Superficie du bassin versant : 30 300 km²
Nombre d'années d'observations : 26
Valeur moyenne des débits minimaux annuels : 220 m^3/s
Écart type : ± 39,3 m^3/s
Coefficient de variation : 0,178

Loi de	Débit d'étiage pouvant ne pas être atteint une année sur				
	2	5	10	20	50
Pearson III	217	182	165	165	139
Goodrich	224	195	177	162	145
Valeur adoptée	**224**	**195**	**177**	**162**	**145**

Débit spécifique de l'étiage médian : 7,39 l/s/km²
Débit spécifique de l'étiage décennal : 5,84 l/s/km²
Coefficient de tarissement a : 0,0061

Par rapport à Safa, la station de Mbata indique un débit spécifique d'étiage nettement plus faible. Là aussi les périodes d'observation ne sont pas les mêmes : 1953-1972 pour Safa et 1951-1988 pour Mbata. L'échantillon de Mbata est fortement influencé par les étiages sévères qui ont commencé en 1972.

Les 15 années communes indiquent :

- moyenne à Safa : 234 m^3/s écart-type : ± 19,0 m^3/s ;
- moyenne à Mbata : 235 m^3/s écart-type : ± 17,6 m^3/s.

Ceci confirme que les stations, très voisines, ont des basses eaux identiques.

Nous retiendrons, en définitive, à Mbata :

- débit d'étiage médian : 225 m^3/s (7,40 l/s/km²) ;
- débit d'étiage décennal : 190 m^3/s (6,27 l/s/km²)

, valeurs intermédiaires entre celles des 2 périodes d'observation.

- Étiage centennal

L'étiage centennal à Mbata serait, d'après les 2 distributions statistiques, de l'ordre de : 130 à 133 m^3/s.

Cependant, il convient de faire très attention à ces valeurs qui ne sont que d'allègres extrapolations à des lois statistiques qui sont certainement mal ajustées sur seulement 26 années d'observation. D'autant plus que G. Chalandon indique que *des débits de basses eaux, de 111 et 112 m^3/s, ont été observés ces dernières années*. Si ces débits correspondent à des jaugeages de bonne qualité, effectués à cet effet, la distribution est à reprendre.

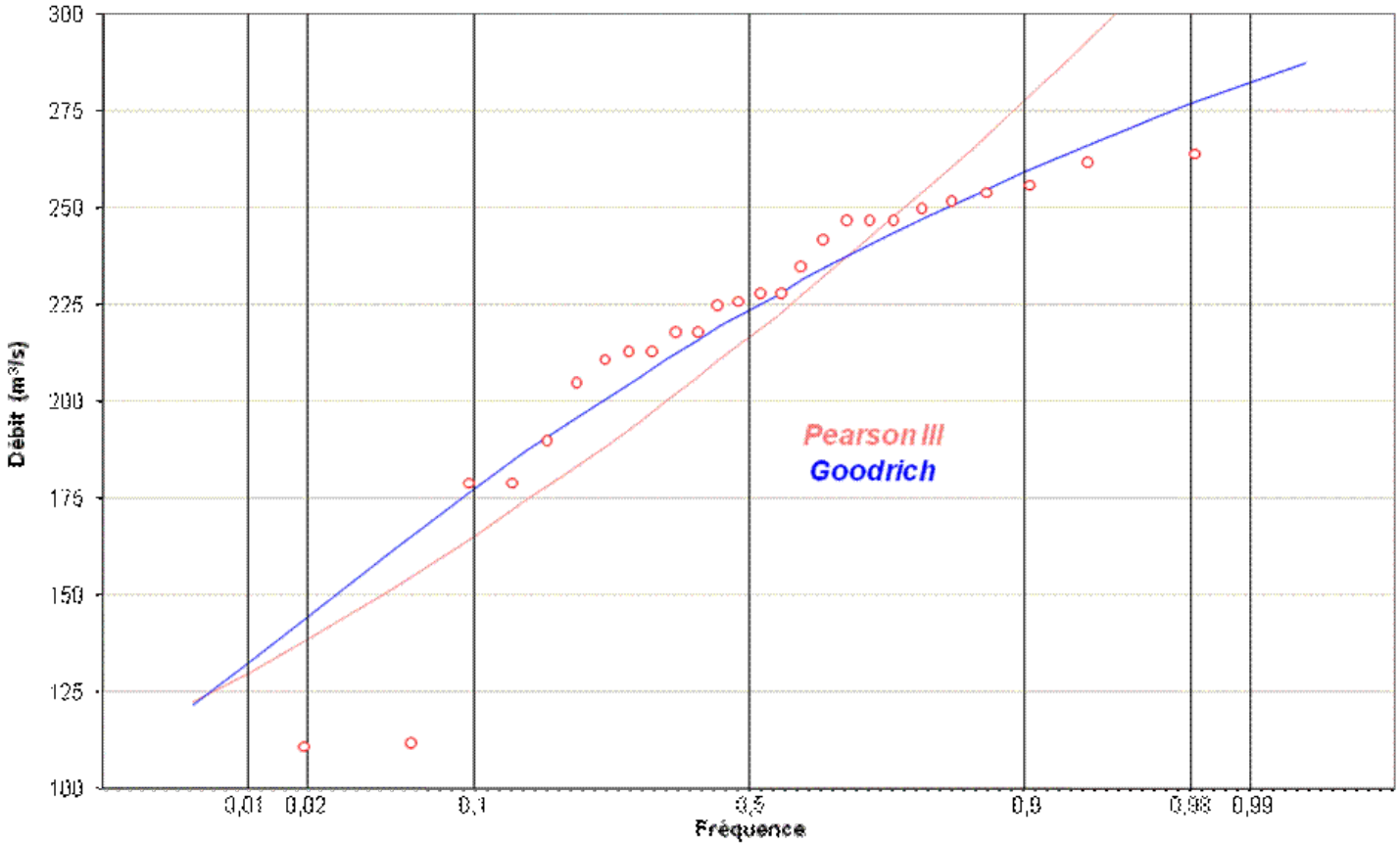


Figure 7-9
La Lobaye à Mbata. Distribution des étiages

7.2.4. - Commentaires sur la fréquence d'utilisation des lois statistiques

Cinq lois statistiques (Gauss, Galton, Gumbel, Pearson III et Goodrich) ont été employées pour l'analyse des basses eaux.

Pour une station donnée, deux lois (au plus) sur ces cinq ont été sélectionnées car réellement représentatives de l'échantillon. Elles ont été ensuite analysées.

Finalement, la loi la plus proche de l'échantillon a été retenue.

Le tableau ci-après donne, en fonction de la superficie du bassin versant :

- en noir, la fréquence (en %) de sélection de chacune de ces 5 lois ;
- en bleu, la fréquence (en %) d'utilisation de la loi retenue finalement.

Superficie (km²)	Nombre de cas	Lois de Gauss (%)	Galton (%)	Gumbel (%)	Pearson III (%)	Goodrich (%)
> 100 000	4	0	75	100	25	0
		0,0	37,5	37,5	12,5	12,5
50 000 à 100 000	3	0	66,7	33,3	66,7	33,3
		0,0	16,7	33,3	50,0	0,0
20 000 à 50 000	5	0	80,0	60,0	40,0	20,0
		0,0	40,0	30,0	10,0	20,0
10 000 à 20 000	3	0	66,7	66,7	66,7	0,0
		0,0	33,3	16,7	33,3	16,7
6 000 à 10 000	0	Aucune étude sur un bassin versant de cette taille				
< 6 000	7	0	57,1	71,4	42,9	14,3
		0,0	28,6	42,9	14,3	14,3

Il en résulte :

- *Loi de Gauss (loi normale)* :

À l'inverse des modules annuels et des crues, la distribution statistique des basses eaux est de nature dissymétrique puisqu'elle admet la valeur asymptotique 0 (*rivière à sec*) pour une période de retour plus ou moins longue.

La loi de Gauss, symétrique, ne saurait convenir à l'analyse des étiages. Par contre, les autres lois dissymétriques sont employées avec plus ou moins de succès : les lois de Galton et de Gumbel ont été utilisées 2 fois sur 3. Il y a des problèmes de qualité des données et surtout des problèmes d'échantillonnage, par exemple ceux liés à la période de sécheresse 1972-1990 associée à la période abondante 1960-1970

- *Loi de Galton* :

Cette loi a été utilisée 1 fois sur 3 pour toute taille de bassin versant.

- *Loi de Gumbel* :

Elle semble convenir surtout aux grands bassins versants et a été employée 1 fois sur 3.

- *Loi de Pearson III (loi Gamma incomplète) :*

Employée 1 fois sur 4, elle est moins universelle que pour la distribution des crues. Son utilisation n'est pas fonction de la taille du bassin versant.

- *Loi de Goodrich* :

Cette loi ne paraît pas très appropriée, bien qu'utilisée à quelques stations 1 fois sur 10.

En somme, ce sont trois distributions hypergaussiques (Gumbel, Galton et Pearson III) qui sont les plus appropriées. Pour les raisons données plus haut, il n'est pas possible d'aller plus loin dans la recherche de la loi de distribution qui serait la mieux adaptée dans chaque cas. Il n'est pas évident que la loi de Galton soit celle dont l'emploi devrait être le plus courant.

7.3. - Variabilité du débit d'étiage médian en fonction de la taille des bassins versants

Cette variabilité est montrée sur la figure 7-10 :

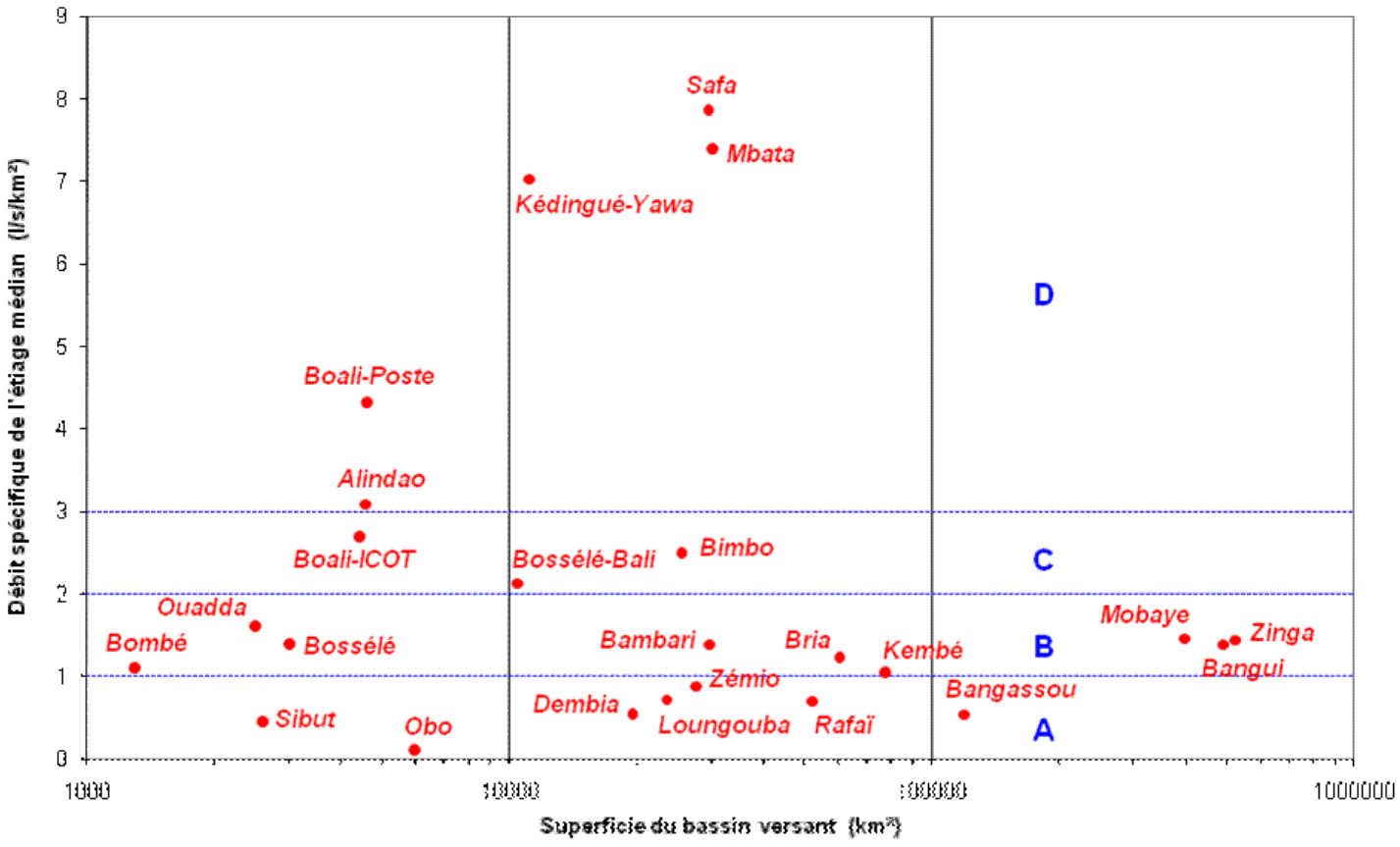


Figure 7-10
Variabilité des étiages médians en fonction de la superficie des bassins versants

On y distingue 4 zones :

- la zone **A**, où les étiages sont particulièrement sévères, avec un débit spécifique médian inférieur à 1,0 l/s/km². Elle concerne la totalité de l'Oubangui Supérieur et la Tomi ;
- la zone **B**, avec un bon nombre de rivières (Oubangui, Kotto, Ouaka, Pipi, Lessé, Ombella) où le débit spécifique médian va de 1,0 à 2,0 l/s/km² ;
- la zone **C**, avec des étiages un peu plus soutenus. Ceci concerne la Bangui-Kété, la Mbali et la Mpoko. Le débit spécifique médian est compris entre 2,0 et 3,0 l/s/km² ;
- enfin la zone **D**, où les étiages sont les plus forts, avec un débit spécifique médian supérieur à 3,0 l/s/km². Elle concerne essentiellement la Lobaye.

Dans aucune zone il n'y a de variations sensibles avec la superficie.

Ces chiffres sont bien en accord avec ceux de l'Afrique occidentale ou centrale pour le régime tropical humide.

7.4. - Variabilité du débit d'étiage décennal en fonction de la taille des bassins versants

La figure 7-11 montre comment varie le débit spécifique de l'étiage décennal en fonction de la superficie du bassin versant.

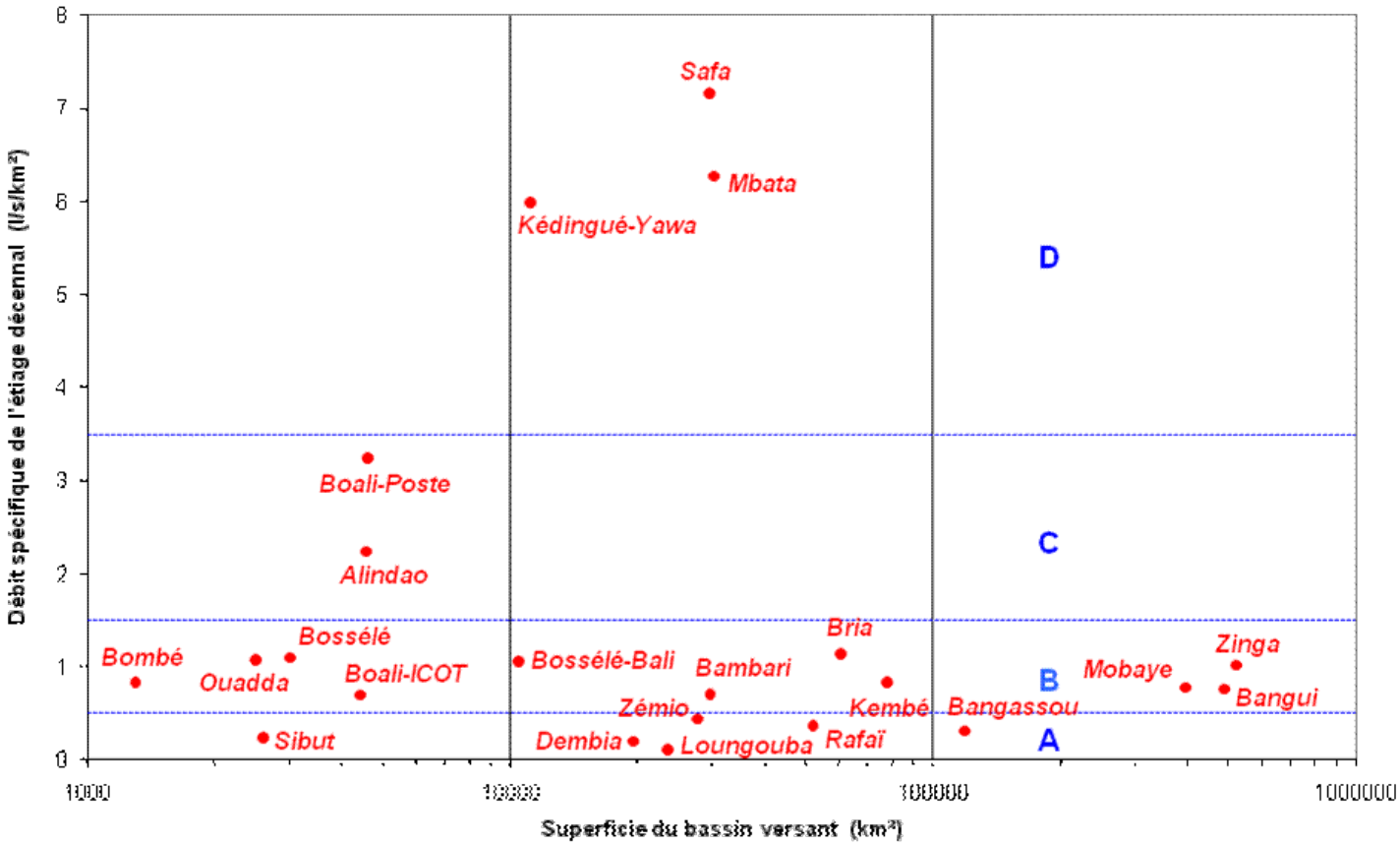


Figure 7-11
Variabilité des étiages décennaux en fonction de la superficie des bassins versants

Là aussi nous distinguons 4 zones, avec la même répartition des rivières que pour l'étiage médian :

- la zone **A**, où les étiages sont particulièrement sévères, avec des débits spécifiques inférieurs à 0,5 l/s/km2. Elle concerne également la totalité de l'Oubangui Supérieur et la Tomi ;
- la zone **B**, avec un bon nombre de rivières (Oubangui, Kotto, Ouaka, Mpoko, Pipi, Lessé, Ombella, Mbali) où les débits spécifiques vont de 0,5 à 1,5 l/s/km2 ;
- la zone **C**, avec des étiages un peu plus soutenus. Ceci concerne la Bangui-Kété. Les débits spécifiques d'étiage sont compris entre 1,5 et 3,5 l/s/km2 ;
- enfin la zone **D**, où les étiages sont les plus élevés, avec des débits spécifiques supérieurs à 3,5 l/s/km2. Elle concerne uniquement la Lobaye.

Là non plus, il n'y a pas, dans chaque zone, de variations sensibles avec la superficie.

7.5. - Variation interannuelle des débits d'étiage

Comme pour les crues, une première approche de la variation de l'étiage absolu, d'une année à l'autre, peut se faire par le biais du coefficient de variation.

La figure 7-12 montre comment se distribue ce coefficient en fonction de la taille des bassins versants.

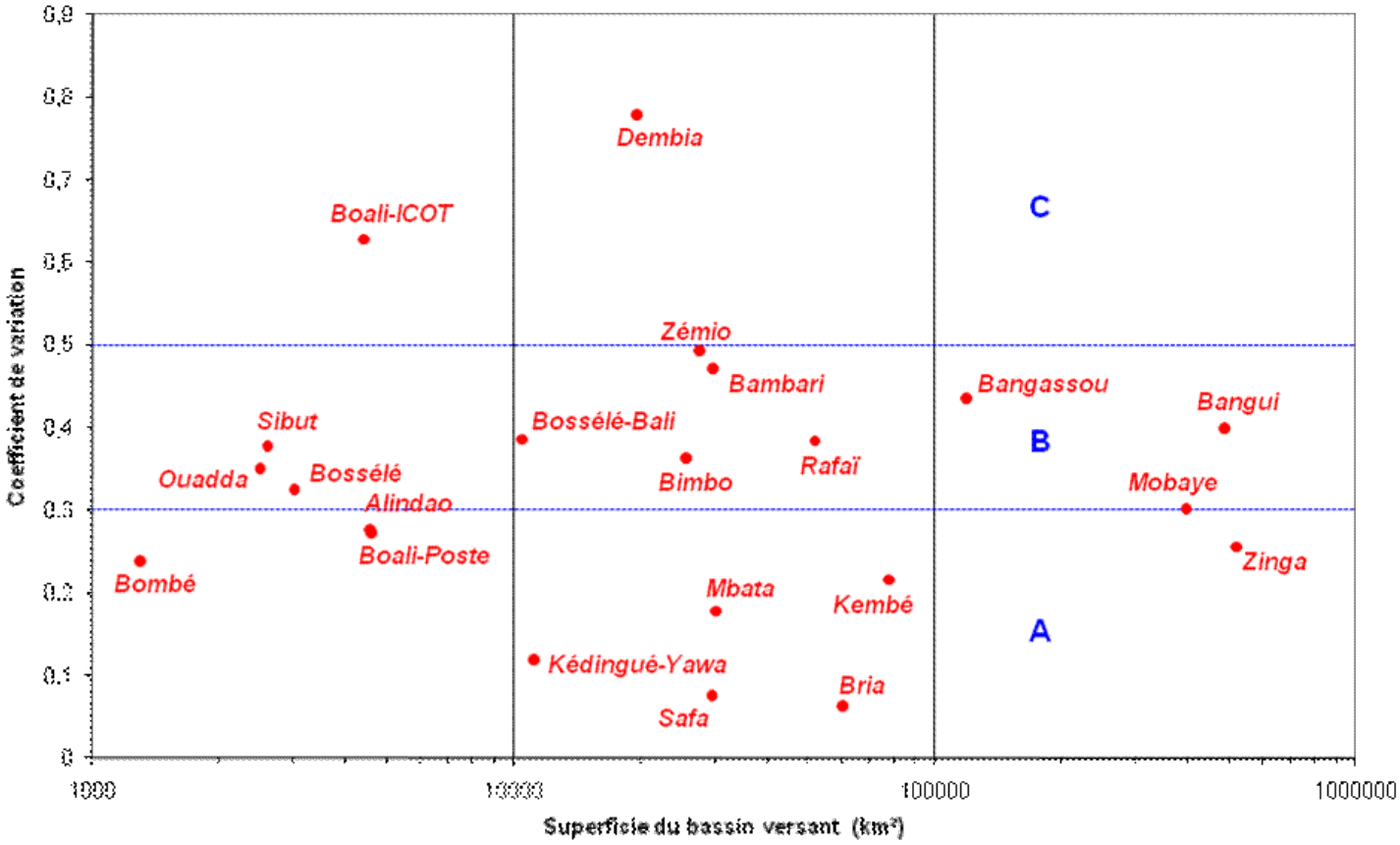


Figure 7-12
Variabilité des coefficients de variation en fonction de la superficie des bassins versants

3 zones peuvent y être délimitées :

- la zone **A**, où l'irrégularité est la plus faible : elle concerne la Lobaye, la Kotto, la Bangui-Kété et la Lessé ;
- la zone **B**, pour bon nombre de rivières du bassin oubanguien ;
- la zone **C**, avec une irrégularité la plus forte. Ceci concerne la Ouara et la Mbali (Boali-ICOT).

Tout comme pour les crues, nous avons réalisé une seconde approche, qui peut être chiffrée, avec l'intervalle de confiance à 95 %, donné par *DIXLOIS*.

Nous avons défini, pour les basses eaux, un *Coefficient de variabilité de l'étiage décennal* (CVED) :

$$CVED = \frac{ICS - ICI}{QEt_{10}}$$

, avec ICS : intervalle de confiance supérieur,
ICI : intervalle de confiance inférieur,
QEt_{10} : Débit de l'étiage décennal

Autrement dit, connaissant le débit de l'étiage décennal QEt_{10} et son *CVED*, nous aurons 95 chances sur 100 que l'étiage décennal soit compris entre

$$QEt_{10} - 0{,}5(CVED.QEt_{10}) \quad \text{et} \quad QEt_{10} + 0{,}5(CVED.QEt_{10}).$$

Le tableau suivant et la figure 7-13 en donnent les résultats.

Coefficient de variabilité de l'étiage décennal

Rivière	Station	Intervalle de confiance maximum (m³/s)	Intervalle de confiance minimum (m³/s)	Etiage décennal (m³/s)	CVED
		Oubangui Supérieur			
Mbomou	Zémio	17,2	7,40	12,3	0,80
	Bangassou	47,0	27,7	37,3	0,52
Ouara	Dembia	6,56	1,38	3,97	1,30
Chinko	Rafaï	25,5	12,7	19,1	0,67
		Moyen Oubangui			
Oubangui	Mobaye	468	315	391	0,39
	Bangui	406	292	360	0,32
	Zinga	605	462	534	0,27
		Affluents de l'Oubangui			
Kotto	Bria	72,1	58,7	69,2	0,19
	Kembé	71,2	66,5	64,9	0,07
Pipi	Ouadda	3,32	2,06	2,69	0,47
Bangui-Kété	Alindao	11,5	9,10	10,2	0,24
Ouaka	Bambari	27,8	14,2	21,0	0,65
Tomi	Sibut	0,816	0,452	0,634	0,57
Ombella	Bossélé	3,90	2,70	3,30	0,36
Mpoko	Bossélé-Bali	15,0	7,30	11,1	0,69
Lessé	Bombé	1,25	0,920	1,08	0,31
Mbali	Boali-ICOT	4,13	0,890	2,51	1,29
Lobaye	Kédingué-Yawa	73,4	56,6	66,9	0,25
	Safa	252	188	212	0,30
	Mbata	190	157	174	0,19

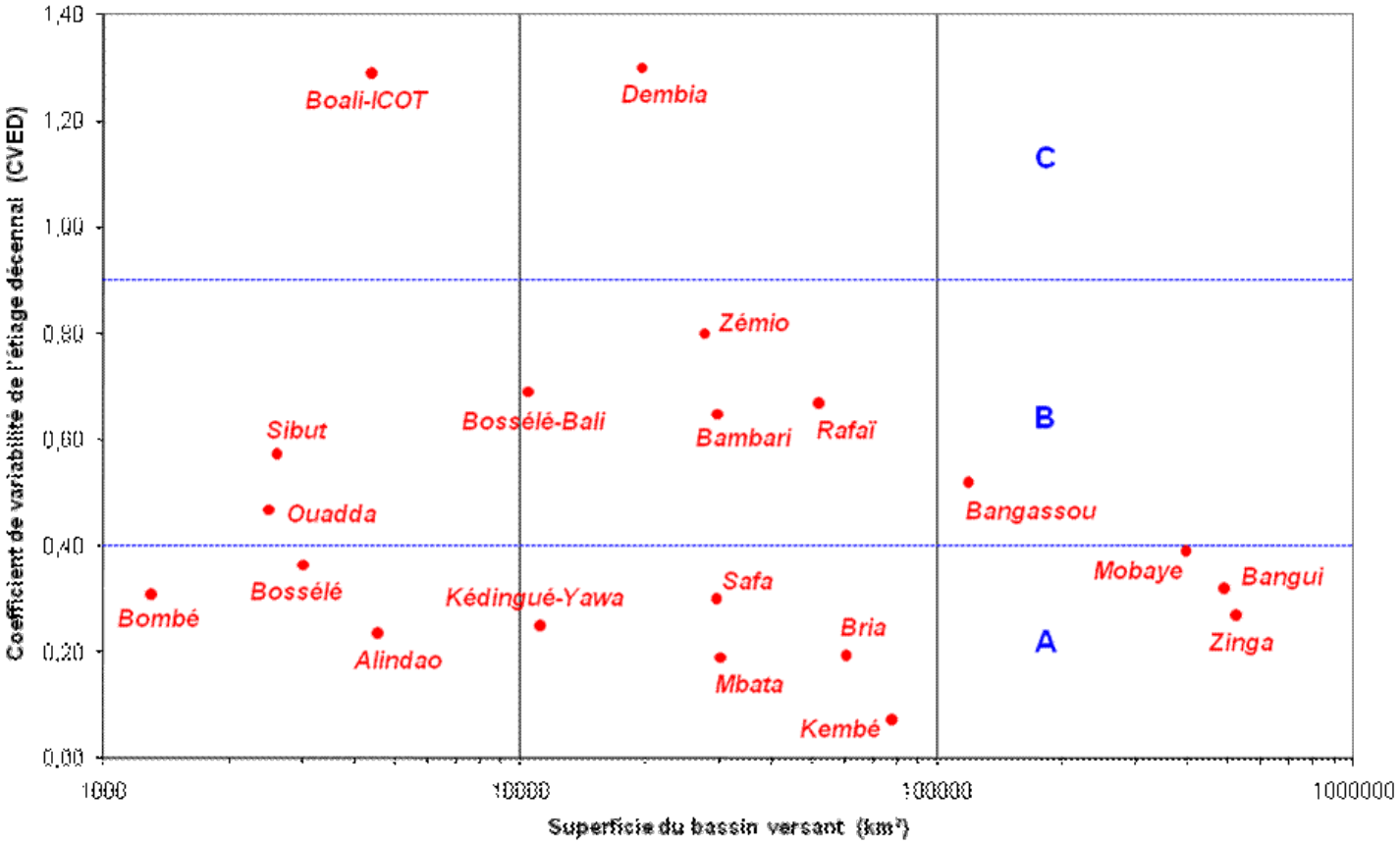


Figure 7-13

Variabilité des coefficients de variabilité des étiages décennaux en fonction de la superficie des bassins versants

Sur cette figure, nous distinguerons :

- la zone **A**, où le CVED est compris entre 0,05 et 0,40. Elle caractérise des rivières où les étiages varient peu d'une année à l'autre : Oubangui, Lobaye, Kotto, Bangui-Kété, Ombella, Lessé ;
- la zone **B** caractérise la grande majorité des rivières et stations du bassin oubanguien ;
- la zone **C** caractérise des rivières de plus forte irrégularité : Mbali et Ouara.

Tout comme pour les crues, nous retrouvons ici pratiquement les mêmes résultats qu'avec les coefficients de variation (fig. 7-12).

7.6. - Variation du coefficient de tarissement a

Ce coefficient caractérise la vitesse de la décrue.

La figure 7-14 montre l'évolution de celui-ci en fonction de la superficie des bassins versants.

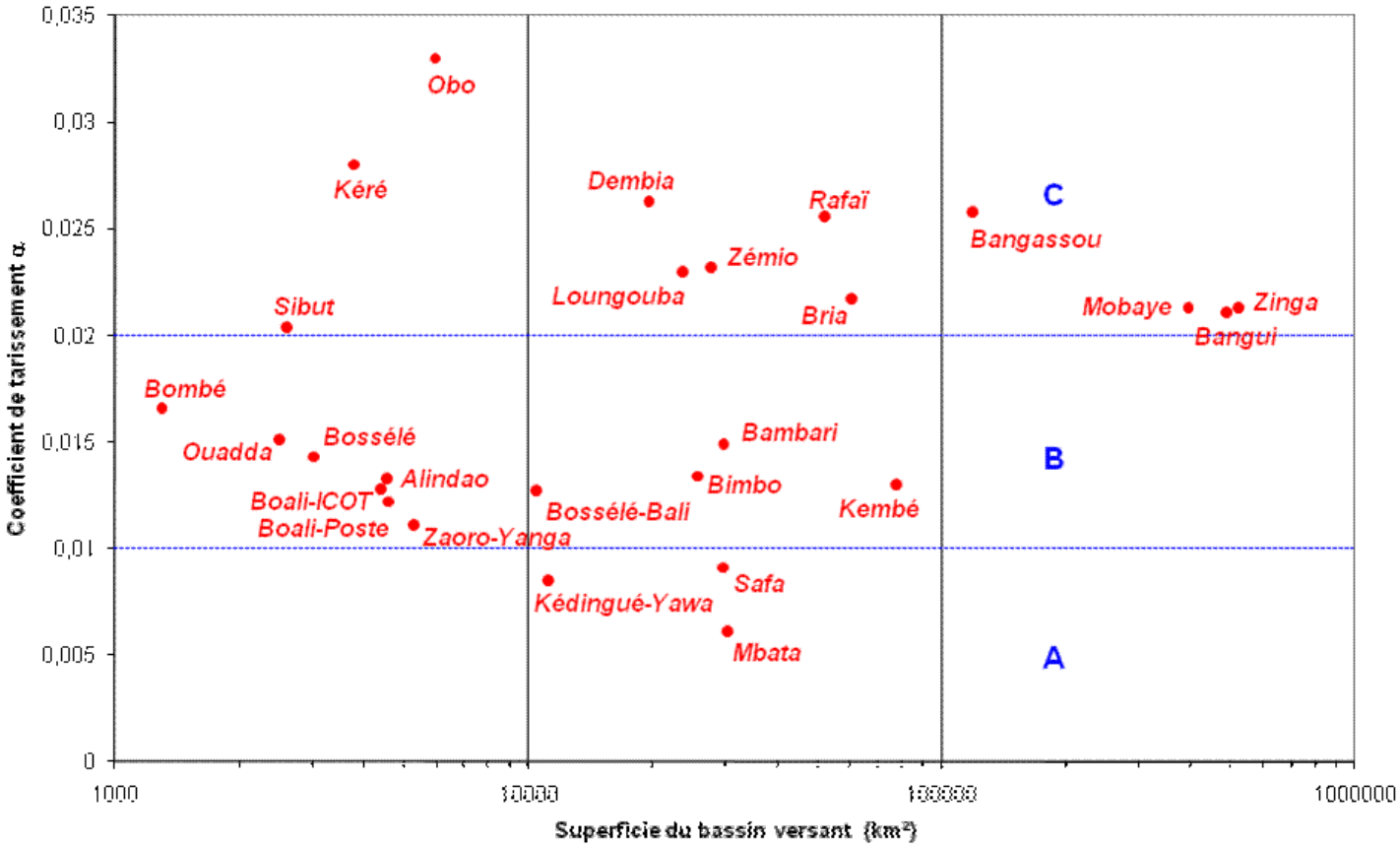


Figure 7-14

Variabilité du coefficient de tarissement a *en fonction de la superficie des bassins versants*

3 zones s'y distinguent :

- la zone **A**, où la décrue est la plus lente : elle ne concerne que la Lobaye ;
- la zone **B** où se regroupe la plupart des rivières oubanguiennes ;
- la zone **C** qui concerne les rivières à décrue rapide : Moyen Oubangui et Oubangui Supérieur, Kotto à Bria.

De ces analyses, il faut surtout retenir le comportement de la Lobaye : fort débit d'étiage, grande régularité de l'étiage d'une année à l'autre et décrue très amortie. Ceci est dû totalement à la nature géologique du substrat de son bassin versant où les grès de Carnot alimentent continuellement cette rivière en saison sèche.

7.7. - Variation des étiages – d'une année à l'autre – à Bangui, Boali et Mbata

À ces stations, nous bénéficions des observations s'étendant de l'origine jusqu'en 1988 (Boali et Mbata) et 1990 (Bangui), c'est-à-dire incluant la période de très faible hydraulicité qui a commencé vers 1970.

7.7.1. - L'Oubangui à Bangui

La figure 7-15 montre la variation des étiages annuels absolus de 1935 à 1990.

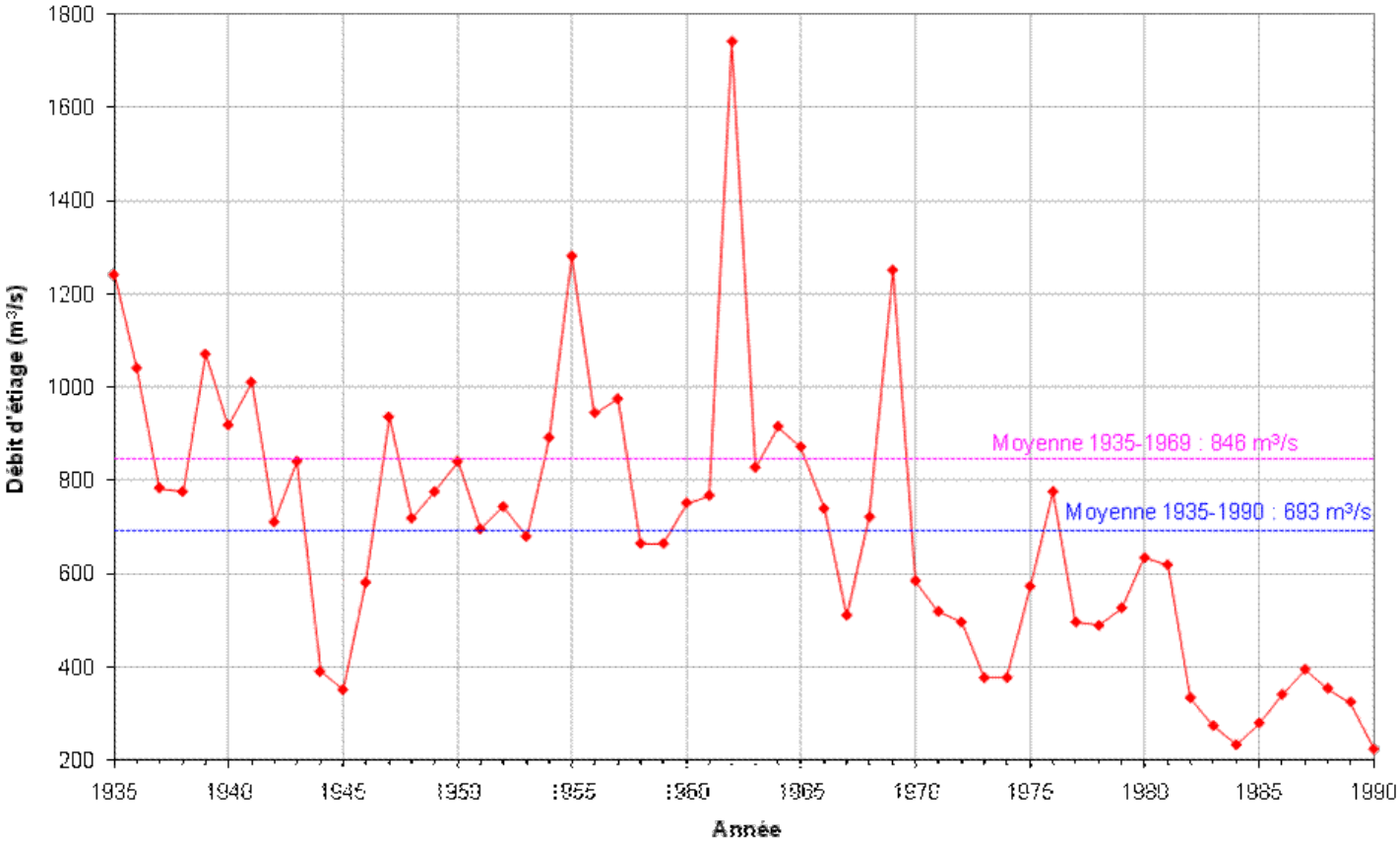


Figure 7-15
Suite chronologique des étiages de l'Oubangui à Bangui

- les années 1944 à 1946 ont des étiages assez sévères ;
- 1941, 1955, 1962 et 1969 présentent des débits minimaux annuels supérieurs à 1 000 m^3/s, ce qui est beaucoup (tout comme les années 1935, 1936 et 1939), avec une valeur maximale de 1 740 m^3/s (1962) ;
- depuis 1970, les débits d'étiage sont en dessous de la valeur moyenne (sauf en 1976) et, depuis 1982, la situation empire encore : le minimum observé, sur l'ensemble de l'échantillon de l'Oubangui à Bangui, est de seulement 223 m^3/s (1990). Cette situation est à peu près en corrélation avec la pluviométrie sur le bassin versant (voir en 2.8.3). Elle met bien en évidence le fait que les valeurs minimales annuelles ne sont pas absolument indépendantes.

Les analyses statistiques sur les séries chronologiques effectuées avec l'utilitaire *Khronostat* (téléchargement à http://www.hydrosciences.org/spip.php?article239) indiquent une « rupture » en 1966 ou 1969 sur la série des étiages à Bangui.

7.7.2. - La Mbali à Boali

La figure 7-16 présente également les mêmes caractéristiques : à partir de 1970, les étiages sont sévères, sauf pour la période 1975-1976. À partir de 1976, la chute des débits est très nette et le minimum observé, sur tout l'échantillon, n'est que de 0,68 m^3/s (1988-1989), pour une valeur moyenne de 10,6 m^3/s (période 1964-1988).

Les analyses statistiques sur les séries chronologiques effectuées avec l'utilitaire *Khronostat* indiquent une « rupture » en 1970 ou 1971 sur la série des étiages à Boali

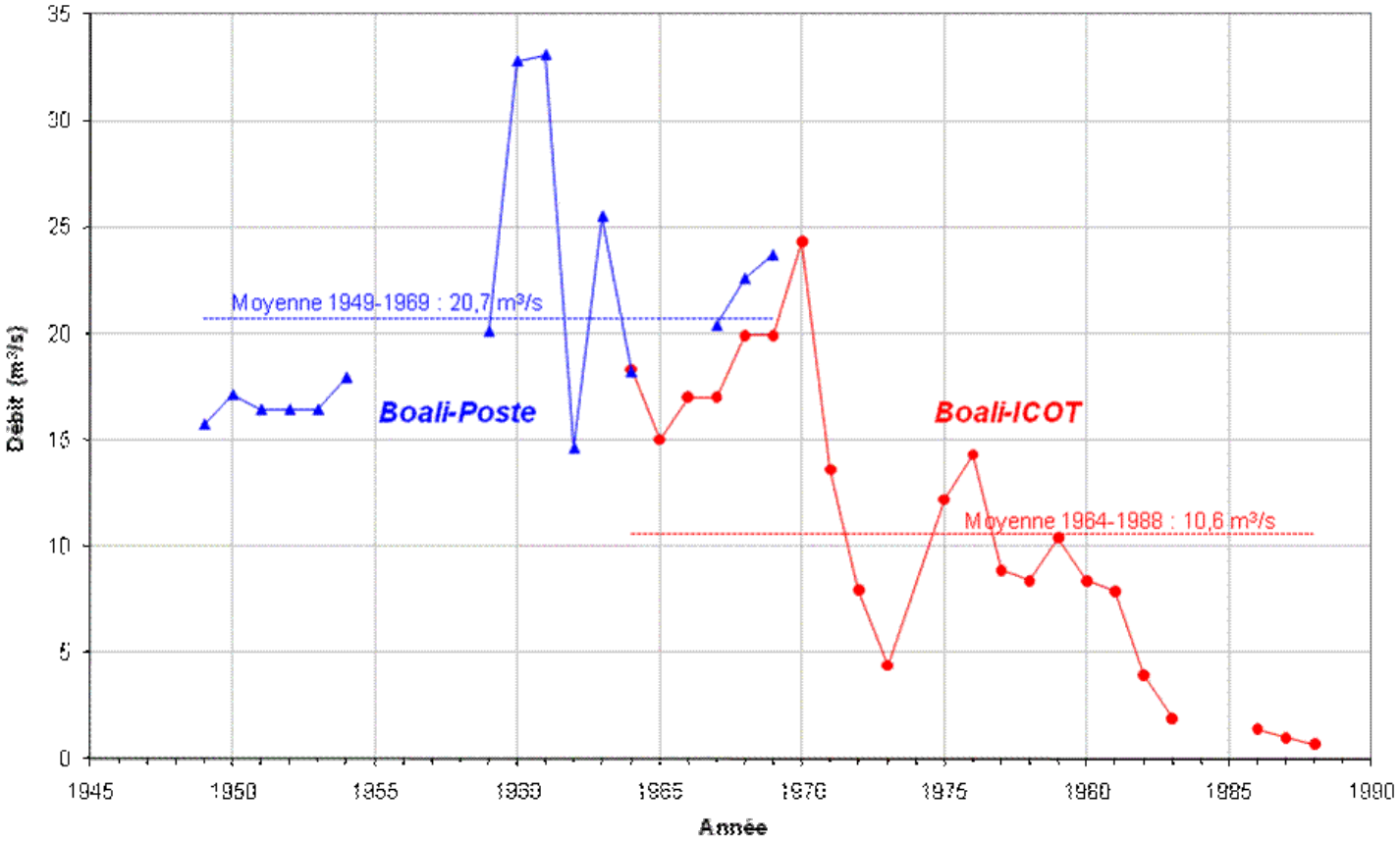


Figure 7-16

Suite chronologique des étiages de la Mbali à Boali

7.7.3. - La Lobaye à Mbata

Nous retrouvons à Mbata (figure 7-17) la même diminution des débits d'étiage depuis 1969. Malheureusement la période 1975-1986 nous est inconnue.

Le minimum observé (1987) est de 111 m^3/s, tandis que la moyenne est de 229 m^3/s (période 1951-1988 observée) et de 196 m^3/s en tenant compte de la période 1975-1986 reconstituée.

Les analyses statistiques sur les séries chronologiques effectuées avec l'utilitaire *Khronostat* indiquent une « rupture » en 1971 sur la série des étiages se terminant en 1974.

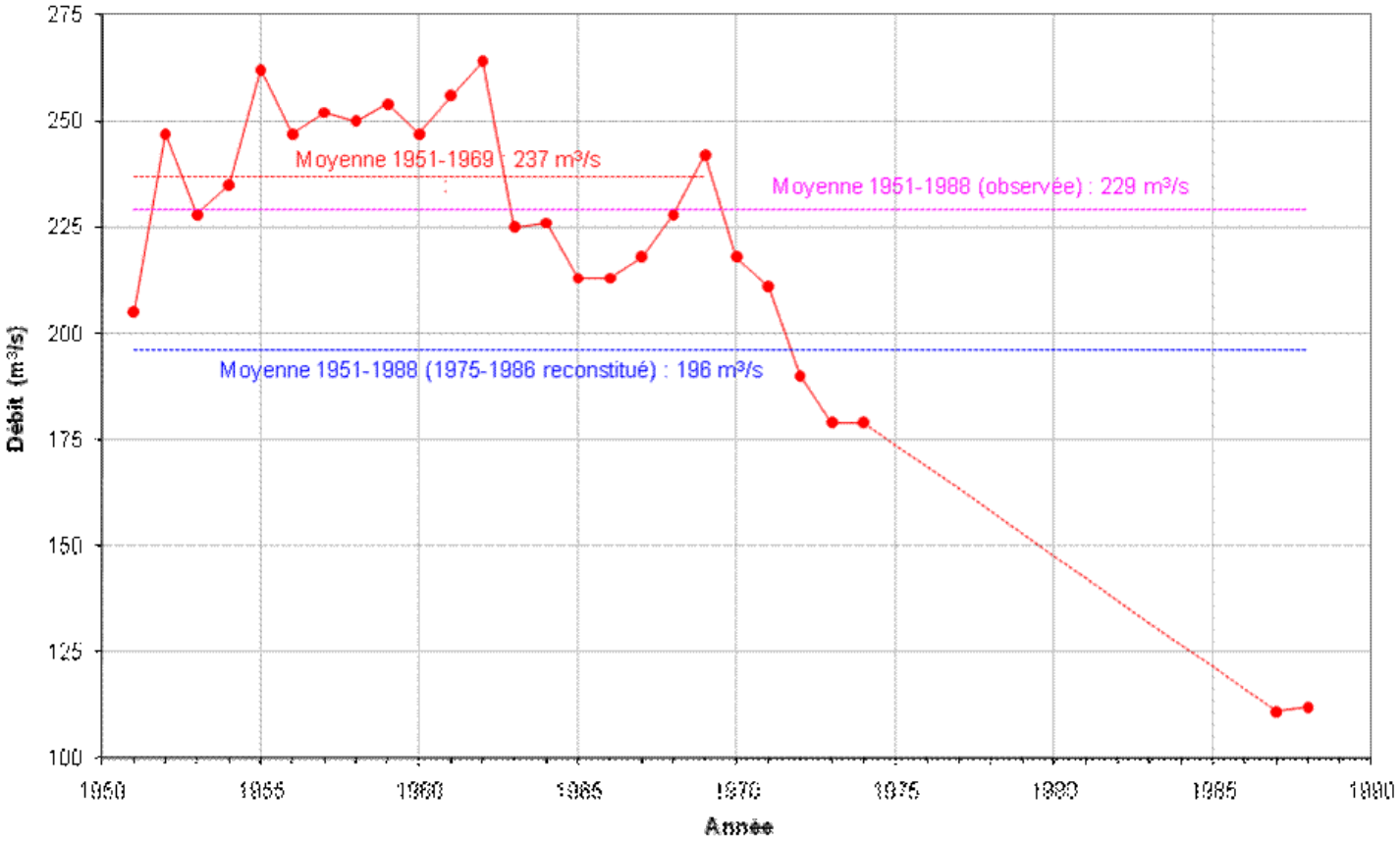


Figure 7-17

Suite chronologique des étiages de la Lobaye à Mbata

7.7.4. - Conclusion sur la variation interannuelle des étiages

D'une façon générale, nous retrouvons cette même diminution des débits d'étiage pour la quasi-totalité des stations du bassin oubanguien, c'est-à-dire à partir des années 1970-1972 (la plupart du temps à partir de 1971). Seuls le Mbomou à Bangassou, la Ouara à Dembia, la Kotto à Bria et la Lessé à Bombé ne présentent pas de diminution significative du débit d'étiage absolu : il convient de signaler qu'à ces stations les observations cessent fin 1975.

Cette diminution de débit est en assez bonne corrélation avec la pluviométrie moyenne sur le bassin et avec ce qui a été observé dans toute l'Afrique tropicale.

Retour en haut du Chapitre

Sommaire de la monographie

Chapitre 8

TRANSPORTS SOLIDES ET MATIÈRES DISSOUTES

Généralités. Matières en suspension (MES)

Les matières dissoutes

Le charriage de fond

La détermination des transports solides comprend :

- la mesure des matières en suspension (MES) ;
- la mesure des matières dissoutes ;
- la mesure du charriage de fond.

Il ne sera traité, ici, que des travaux réalisés de 1971 à 1975 par J. Callède et S. Pieyns et des premiers résultats des programmes PIRAT (*Programme Interdisciplinaire de Recherches en Afrique Tropicale*) et PEGI (*Programme sur l'Environnement Global Intertropical*) tels qu'ils ont été publiés jusqu'en 1991(Olivry, 1988, 1989 ; Olivry *et al.,* 1988,1989 ; Thiébaux, 1987).

Ces programmes n'étant pas terminés en 1992, il serait inconvenant de présenter des conclusions hâtives et incomplètes. Nous laissons le soin aux responsables de ces travaux de publier séparément quand ils le jugeront utile. Voir également, à ce sujet, les Compléments n° 1 (Orange) pour le Uele, la Mbomou et la Bili, n° 6 (Feizoure et *al.*) pour le charriage de fond et n° 7 (Orange et *al*.) pour l'Oubangui à Bangui, dans les *Références récentes* de cette *Monographie*.

8.1. - Les Matières en suspension (MES)

Leur mesure n'a été réalisée que sur l'Oubangui à Bangui, lors de 2 types de campagnes :

- celles effectuées de 1971 à 1975, par J. Callède puis par S. Pieyns ;
- celles effectuées depuis 1987 par J.C. Olivry et J.P. Thiébaux (Olivry, 1988b, Olivry *et al.,*1988, 1989, Thiébaux, 1987).

8.1.1. - Les campagnes 1971-1975

Elles n'avaient pour unique objectif que la connaissance du poids de terre transportée en suspension.

L'origine de ces campagnes reste liée à l'existence du matériel de laboratoire disponible sur le centre ORSTOM de Bangui et à l'habitude de ce genre de mesures qui avaient commencé deux ans plus tôt sur le bassin versant représentatif de Sarki (Callède, 1974).

La finalité de l'opération était de comparer les transports en suspension de l'Oubangui avec ceux d'autres rivières, plus particulièrement celles du Cameroun (Nouvelot, 1969).

Méthodologie

Sur le terrain, un échantillon de 10 litres d'eau est prélevé en surface, en principe chaque semaine. Le lieu de prélèvement est l'angle du ponton à bateaux (amont et côté Oubangui) du *Bangui Rock Club*, c'est-à-dire légèrement en aval des rapides.

Deux jaugeages complets des transports solides ont été effectués. Les prélèvements s'effectuaient à la pompe Japy, dont le tuyau d'aspiration était fixé sur un saumon de 25 kg, avec un ajutage dans le sens du courant. La vitesse était mesurée en même temps que le prélèvement (10 litres). Les échantillons étaient répartis sur 6 verticales. La section de mesure était celle utilisée par J.Callède pour les jaugeages liquides, c'est-à-dire un peu en amont de l'Île Bongo Soua, indiquée **D** sur la figure 3-2, Chapitre 3.

Le premier jaugeage, réalisé en hautes eaux, donne les résultats suivants :

- moyenne des 24 prélèvements : 53,2 g/m^3 ;
- écart type : ± 3,1 g/m^3, soit un coefficient de variation de 0,058 ;
- 18 échantillons (sur les 24) présentaient des concentrations comprises entre 50 et 60 g/m^3.

Ces résultats montrent une bonne homogénéité des échantillons : le prélèvement hebdomadaire peut être considéré comme représentatif de la

concentration moyenne en hautes eaux.

Le second jaugeage a été réalisé en basses eaux et là les écarts sont plus importants, vu les très faibles concentrations :

- moyenne des 18 échantillons : 3,0 g/m^3 ;
- écart type : ± 2,2 g/m^3 et donc un coefficient de variation de 0,733, ce qui est beaucoup. Mais dans les 2 mesures, les écarts type sont de même ordre de grandeur.

Au laboratoire, la méthode d'analyse est identique à celle utilisée sur le bassin de Sarki, elle-même issue de la méthodologie définie par B. Billon (1968), à savoir :

- les échantillons sont transvasés dans une bonbonne de 10 litres. Un ajout de quelques cm^3 d'acide chlorhydrique déclenche la floculation des argiles ;
- au bout de 24 heures, il est procédé à une double décantation, d'abord dans une éprouvette de 400 cm^3 puis dans un bécher de 250 cm^3 ;
- après passage à l'étuve (24 heures environ), le bécher est pesé ce qui, connaissant le poids du bécher vide, donne celui du résidu sec.

Le principal inconvénient de cette méthode est que l'acide chlorhydrique va transformer les sels dissous en chlorures mais, parmi ceux-ci, les carbonates seront transformés en gaz carbonique.

À partir des concentrations, les transports solides journaliers sont calculés à partir d'une chaîne de traitement automatique, à savoir :

- calcul de la concentration journalière, par interpolation linéaire entre 2 prélèvements. Certaines valeurs des concentrations, qui paraissaient erronées, ont été éliminées préalablement ;
- calcul du transport solide journalier en fonction de la concentration et du débit ;
- calcul du total mensuel et annuel.

8.1.2. - Les campagnes réalisées depuis 1986

Le programme de ces campagnes répond à un but autrement plus ambitieux, puisqu'il rentre dans l'opération « Grands Bassins Fluviaux ». Son thème central est le transfert des matières à l'exutoire du bassin du Congo avec, dans le futur, la même étude sur l'Amazone (Olivry *et al.*, 1989).

Il s'agit d'une opération multidisciplinaire à l'intérieur de l'ORSTOM et multi-organismes (CNRS, Universités, etc.).

Outre les transports solides en suspension, on détermine le poids des matières dissoutes. Y sont également associées la granulométrie, la chimie des eaux, les mesures isotopiques, etc.

Méthodologie

Le protocole diffère nettement des campagnes précédentes (Olivry *et al.,* 1989, Thiébaux 1987).

- une fois par semaine, un échantillon de 2 litres est prélevé à 5 profondeurs différentes, avec un échantillonneur de fabrication ORSTOM, très ingénieux, d'un principe identique à celui des échantillonneurs océanographiques. Ces prélèvements s'effectuent en amont des rapides, au droit de l'église de la Mission Saint-Paul ;
- chaque jour, un échantillon d'un litre est prélevé au bord des rapides de la pointe rocheuse de l'hôtel Oubangui (ex-hôtel Safari, puis Sofitel) ;
- Au laboratoire, les concentrations sont déterminées par filtration.

Il n'est pas procédé au calcul des transports journaliers. Le total mensuel est déterminé à l'aide du débit moyen mensuel et de la valeur moyenne des concentrations du mois.

8.1.3. - Résultats des campagnes de mesure des transports en suspension

Nous disposons, au Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM de Montpellier, des originaux des campagnes 1971-74. Pour celles débutant en 1986, il n'existe que des publications ou des notes d'information.

8.1.3.1. - Variation de la concentration au cours de l'année hydrologique (campagnes 1971-1974)

Les figures 8-1, 8-2 et 8-3 représentent les variations :

- du débit journalier (en m^3/s) ;
- des concentrations (en g/m^3).

, pour les années hydrologiques 1972-1973, 1973-1974 et 1987-1988.

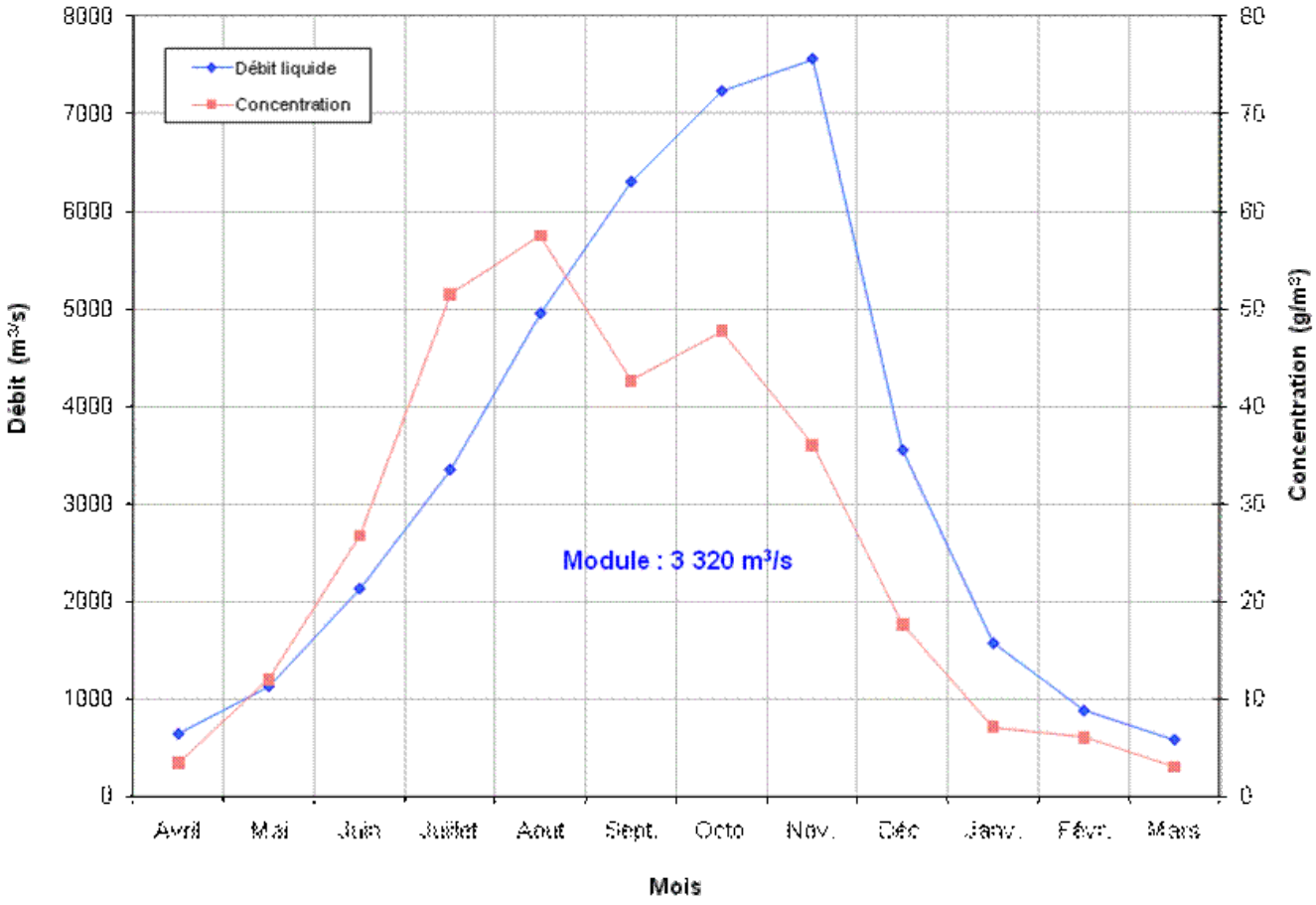


Figure 8-1

L'Oubangui à Bangui. Évolution du débit liquide et de la concentration en MES pour l'année hydrologique 1972-1973

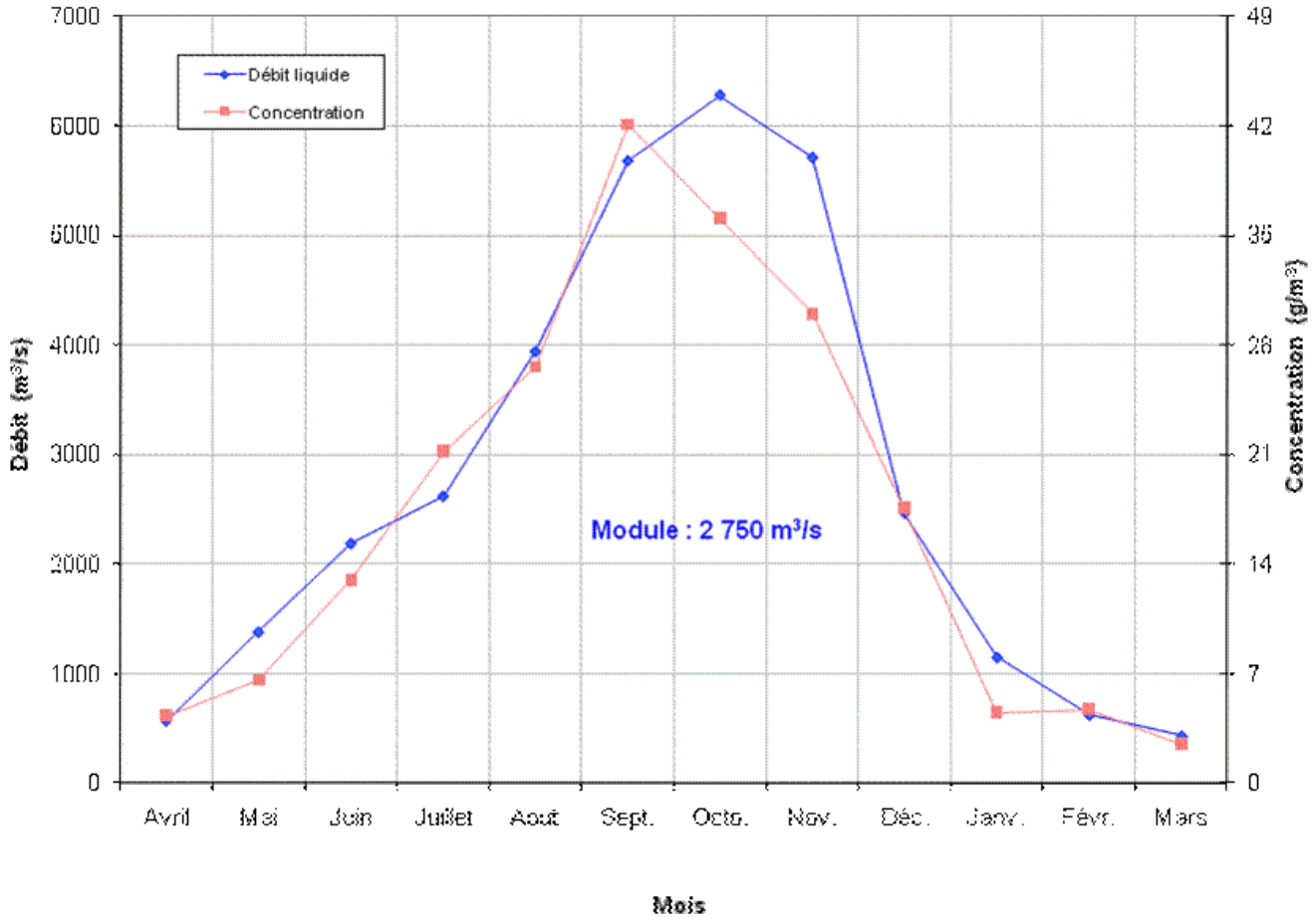


Figure 8-2

L'Oubangui à Bangui. Évolution du débit liquide et de la concentration en MES pour l'année hydrologique 1973-1974

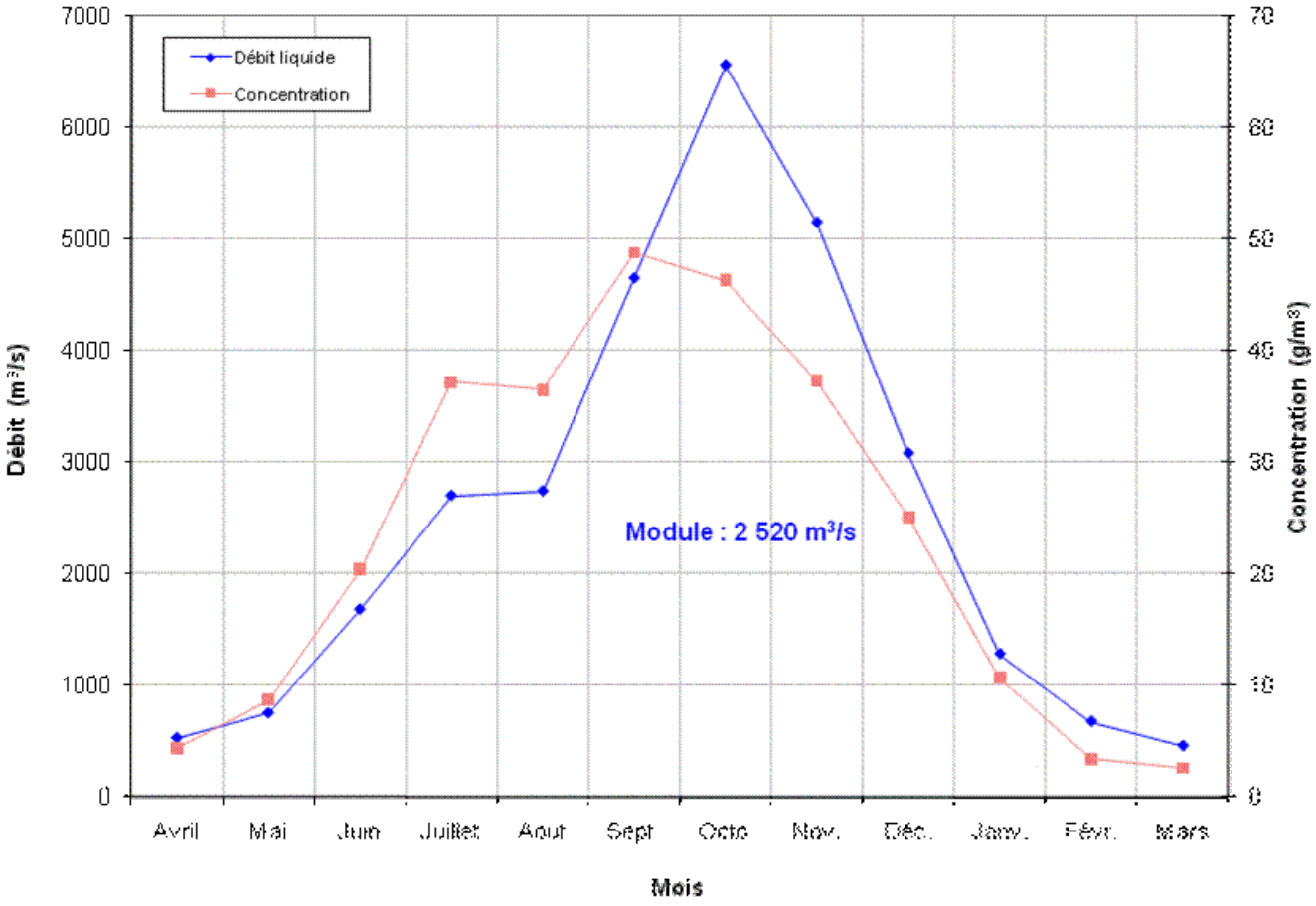


Figure 8-3

L'Oubangui à Bangui. Évolution du débit liquide et de la concentration en MES pour l'année hydrologique 1987-1988

On retrouve dans l'Oubangui le schéma classique des régions tropicales : la capacité d'érosion augmente pendant la montée des eaux. La concentration maximum se situe bien avant celle du maximum de débit car à partir d'un certain seuil d'écoulement il y a dilution des matières en suspension. Lors de la décrue, la diminution de la concentration indique un arrêt progressif de l'érosion (Olivry *et al.*, 1988a).

En fin de décrue, lorsque l'Oubangui n'est alimenté que par la vidange des nappes (de janvier à mars), les concentrations diminuent rapidement et sont pratiquement identiques d'une année à l'autre : le transport solide pourrait alors correspondre aux seuls sédiments provenant du lit de l'Oubangui et de ses berges. En début de la saison des pluies, la reprise de l'écoulement n'entraînera que l'entraînement des matériaux en bordure du réseau hydrographique et toujours ceux du lit. Ceci explique le simple décalage entre l'augmentation du débit et celle de la concentration (Olivry *et al.*, 1988a).

8.1.3.2. - Bilans mensuels et annuels

Le tableau 8.1 donne les résultats des bilans, pour l'ensemble des campagnes.

Tableau 8.1 – L'Oubangui à Bangui. Matières en suspension. Bilan mensuel et annuel

(Unités : Débit liquide : m^3/s Concentration : g/m^3 Matières en suspension : 10^6.t)

Paramètres	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Annuel
						Année hydrologique 1971-1972							
Débit liquide									2830	1240	906	587	
Concentration									19,5	8,8	4,0	2,3	
Mat. en suspension									147,8	29,2	9,1	3,6	
						Année hydrologique 1972-1973							
Débit liquide	640	1130	2130	3350	4950	6300	7230	7560	3550	1570	880	582	3320
Concentration	3,4	12,0	26,7	51,5	57,5	42,6	47,7	36,0	17,6	7,1	6,0	3,0	
Mat. en suspension	5,6	36,3	147,4	462,1	762,3	695,6	923,7	705,4	167,3	29,9	12,8	4,7	3953
						Année hydrologique 1973-1974							
Débit liquide	571	1380	2190	2620	3940	5680	6280	5710	2470	1150	624	432	2750
Concentration	4,3	6,6	13,0	21,2	26,6	42,1	36,1	30,0	17,6	4,5	4,7	2,5	
Mat. en suspension	6,4	24,4	73,8	148,8	280,7	619,8	607,2	444,0	116,4	13,9	7,1	2,9	2345
						Année hydrologique 1974-1975							
Débit liquide	446	1320	2680	4550	6190	8440	9920	7130	3140	1510	835	621	3900
Concentration	3,6	14,6	32,1	51,1	58,5	44,4	38,1	34,1	22,1	7,3	4,7	5,5	
Mat. en suspension	4,2	51,6	223,0	622,7	969,9	971,3	1012,3	630,2	185,9	29,5	9,5	9,1	4719
						Année hydrologique 1986-1987							
Débit liquide	632	894	1340	2470	3640	4520	6360	5070	2590	1130	579	391	2470
Concentration				54,7			50,3	29,1		3,9	3,7	5,4	
Mat. en suspension	(5,6)	(14,4)	(50,7)	361,9	(530,0)	(570,0)	856,8	382,4	(80,0)	11,8	5,2	5,7	2875
						Année hydrologique 1987-1988							
Débit liquide	526	749	1680	2700	2740	4650	6560	5150	3080	1280	674	456	2520
Concentration	4,4	8,7	20,4	37,2	36,5	48,8	46,3	37,3	25,1	10,7	3,4	2,6	
Mat. en suspension	6,0	17,5	88,8	269,0	267,9	588,2	813,5	497,9	207,1	36,7	5,7	3,2	2801
						Année hydrologique 1988-1989							
Débit liquide	445	1050	1770	2180	3990	6580	8980	6320	3540	1730	765	480	3150
Concentration	3,6	20,6	25,9	35,2	59,6	54,7	33,5	33,7	23,7	13,0	3,4	2,4	
Mat. en suspension	4,2	57,9	118,8	205,5	636,9	932,9	805,7	552,1	224,7	60,2	6,3	3,1	3608

Malgré l'année 1973-74, la corrélation est serrée entre module et tonnage annuel des matières en suspension (fig. 8-4), avec un coefficient de corrélation $r = 0,93$.

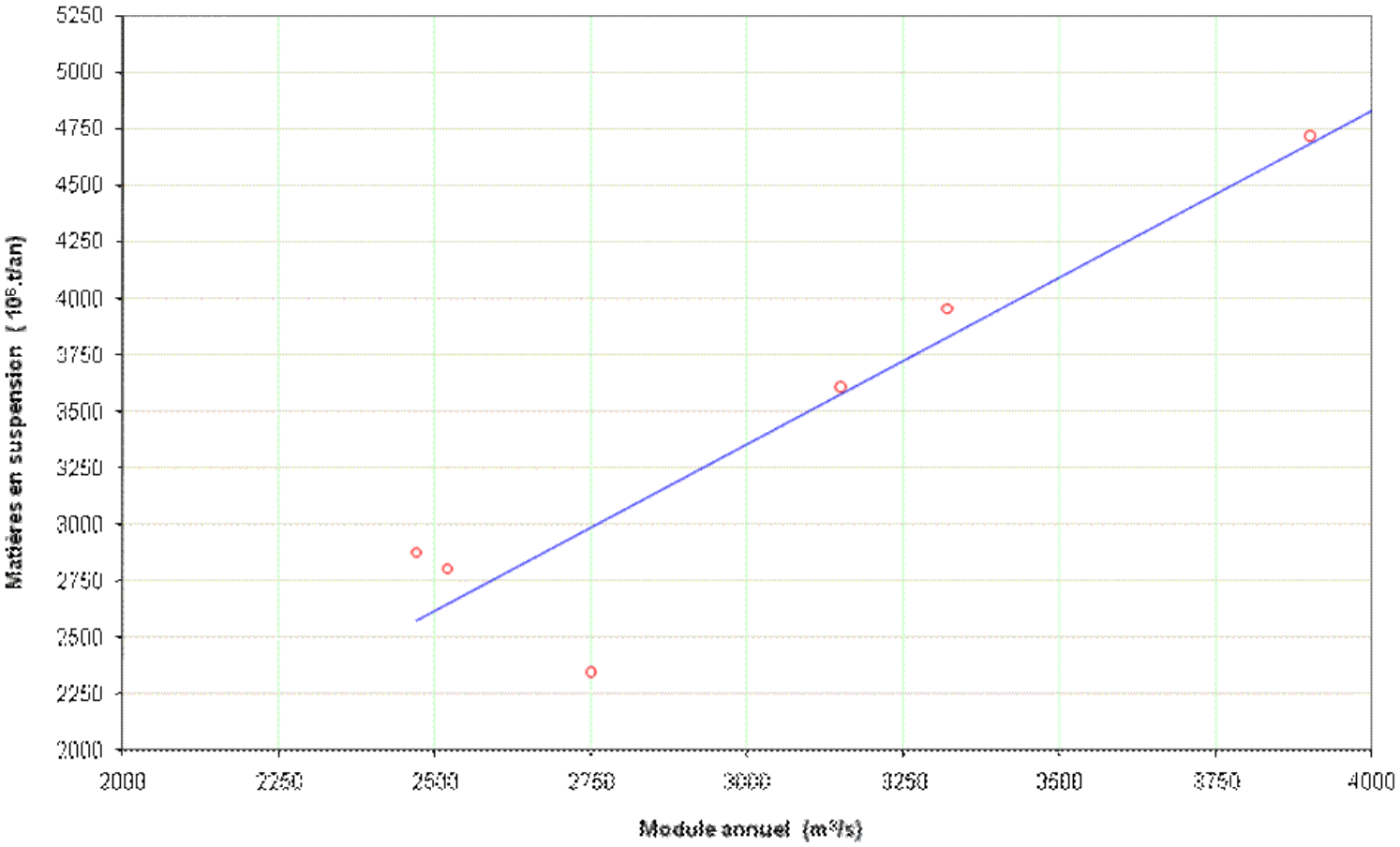


Figure 8-4

L'Oubangui à Bangui. Corrélation entre module et tonnage annuel des MES

En suivant cette régression, nous obtenons pour le module interannuel de 4 100 m^3/s, un tonnage de 4982 10^6.t, c'est-à-dire une dégradation spécifique de **$10{,}2.10^6$ t/an/km²**.

Voici, par comparaison, quelques valeurs mesurées dans le Monde:

Tableau 8.2 – Comparaison des dégradations spécifiques pour quelques cours d'eau du Monde

Pays	Cours d'eau	Superficie (km²)	Dégradation spécifique (t/an/km²)
		Europe	
France	Ubaye [5]	946	3 000
Italie	Adige [5]	12200	160
		Asie	
Chine	Ching [5]	60 000	6 750
	Huang He [5] [6]	752 000	2 640
	Yangzi Jiang [5] [6]	1 800 000	250
Inde	Brahmapoutre [5] [6]	700 000	771
Vietnam	Mékong [5] [6]	795 000	200
		Amériques	
Etats-Unis	Colorado [5]	675 000	200
	Mississipi [5]	3 100 000	100
Brésil	Amazone [3]	6 000 000	120
		Afrique	
Tunisie	Oued Mellègue [5]	9 000	550
	Medjerda [5]	21 200	850
Tchad	Chari [2]	600 000	4
	Logone [5]	34 000	85
Cameroun	Sanaga [4]	77 000	30
	Mbam [4]	42 300	85
Centrafrique	Koui [1]	180	80
Congo	Congo [5]	3 500 000	9
Egypte	Nil [5]	2 900 000	46
Centrafrique	***Oubangui***	***489 000***	***10***

[1] Callède (1974) [2] Chouret (1977) [3] Filizola (2003) [4] Nouvelot (1969)
[5] Olivry (1988) [6] Quid (2007)

Les transports en suspension de l'Oubangui à Bangui ont une valeur tout à fait normale pour l'Afrique tropicale, région du Globe où l'érosion n'a jamais atteint des valeurs très élevées. Elle est même plutôt faible : ceci tient au peu de pentes, à l'influence de la couverture végétale naturelle et à l'importance de la superficie du bassin versant.

8.1.4. - Granulométrie des transports en suspension

Les mesures de granulométrie sont encore trop peu nombreuses pour pouvoir en tirer des conclusions formelles.

Nous indiquons seulement les résultats des mesures des 2, 15, 20 et 27 juillet 1988 (échantillons cumulés) (Olivry *et al.,* 1989) :

Tableau 8.3 – Granulométrie des matières en suspension de l'Oubangui à Bangui

Diamètre (µ)	Pourcentage cumulé (%)	Classe (µ)	Pourcentage (%)
> 0,2	95	0 à 0,2	5
> 1	43	0,2 à 1	52
> 2	31	1 à 2	12
> 10	24	2 à 10	7
> 20	21	10 à 20	3
		> 20	21

8.2. - Les matières dissoutes

Depuis 1986, les échantillons de l'eau de l'Oubangui ont fait l'objet d'analyses chimiques, après une filtration préalable pour en retirer les matières en suspension.

Le poids des matières dissoutes est également mesuré.

Les premiers résultats sont les suivants (Olivry *et al.*, 1989) :

Tableau 8.4 - L'Oubangui à Bangui. Matières dissoutes

Total annuel des transports (en millions de tonnes)			Rapport suspension/ TOTAL (%)	Concentration des matières dissoutes (g/m3)
Matières en Suspension	Matières dissoutes	TOTAL		
		Année 1986-1987		
(2834)	*(3752)*	*(6586)*	43,0	48,2
		Année 1987-1988		
2867	4067	6934	41,3	51,2
		Année 1988-1989		
3667	4465	8131	45,1	44,9

Il apparaît que :

- la concentration en matières dissoutes ne varie pas beaucoup d'une année à l'autre ;
- le poids des matières dissoutes est supérieur au poids des transports en suspension ;
- le rapport suspension/transports totaux est remarquablement constant. Ce rapport est plus fort que celui du Congo à Brazzaville (30 % environ). Ceci est dû au passage du climat tropical (Bangui) au climat équatorial où une part croissante de l'érosion chimique est liée à l'importance de la matière organique (Olivry *et al.*, 1989), dont la production est maximale au niveau de la grande forêt congolaise.

Chimie des matières dissoutes

En 1987, les premières analyses donnaient les résultats suivants (Olivry *et al.*, 1989) :

Tableau 8.5 - Composition chimique des eaux de l'Oubangui
(mg/l)

SiO_2	10,15
Ca^{2+}	2,25
Mg^{2+}	0,98
Na^{+}	1,17
K^{+}	1,09
Cl^{-}	0,87
HCO_3^{-}	11,73
SO_4^{2-}	1,7
NO_2^{2-}	0,037
NO_3^{2-}	0,05
NH_4^{+}	0,014

(valeur indicative sur 4 échantillons mensuels).

8.3. - Le charriage de fond

L'érosion par charriage de fond est un phénomène bien difficile à chiffrer. Jusqu'à présent aucune méthodologie pratique n'a été mise en œuvre, sauf sur des parcelles de quelques hectares (fosses à sédiments) (Roche, 1963 ; Callède, 1974).

Jusqu'à la décennie 1990, il paraissait pratiquement impossible de mesurer la vitesse des particules qui se déplacent sur le fond. Une méthode, utilisant des traceurs radioactifs, semblait prometteuse et avait d'ailleurs été utilisée : mais elle était lourde et nécessitait un appareillage important.

Vers 1995, les hydrologues de l'ORSTOM qui travaillaient sur le bassin amazonien ont commencé à utiliser les mesureurs électroniques de débit à effet Doppler (ADCP). Ces mesureurs embarqués se positionnent par rapport au fond. Si celui-ci se déplace, la position du bateau est erronée. Il suffira de faire un aller-retour en revenant exactement sur son point de départ pour connaître le double du déplacement du fond

(Callède et *al.*, 1999). Jusqu'à présent cette technique de détermination de la vitesse du charriage ne semble pas être encore utilisée : il reste encore à déterminer la superficie de la section charriée.

Ceci explique pourquoi, dans la grande majorité des cas, les formules empiriques – mises au point pour des cours d'eau d'Europe ou d'Amérique du Nord – sont utilisées.

Quelques études particulières ont cependant été effectuées sur le bassin oubanguien :

- la première date de 1951. Elle est signée J. Yayer (1951) et concerne le déplacement des bancs de sable qui encombrent le Bas Oubangui et qui sont une gêne réelle pour la navigation. Rappelons, à cet effet, que les *Voies navigables* doivent refaire le balisage du Fleuve deux fois par an. J. Yayer s'est préoccupé essentiellement des problèmes de formation, de creusement et d'auto dragage de ces bancs. La seule indication utile qui pourrait nous concerner est que
  - *leur vitesse moyenne est variable suivant les lieux ; elle est en général de l'ordre de 200 m par an, mais exceptionnellement, elle peut être beaucoup plus grande, jusqu'à 2 000 m par an,*
  - *à l'écoulement lent des bancs se superposent souvent des modifications saisonnières qui entraînent des changements rapides mais temporaires des fonds. Au cours d'un levé nous avons par exemple constaté que le front aval d'un banc de sable se déplaçait de 7 mètres par jour ; pourtant au bout d'un an son déplacement total ne fut que de 250 m* ;

- la suivante est l'œuvre du Laboratoire national d'hydraulique d'Électricité de France, à Chatou. Elle concernait une étude d'amélioration de la navigabilité de l'Oubangui en aval d'Impfondo, au droit de l'île de Boburu (EDF, 1966). Là des traceurs radioactifs ont été immergés en 1964, associés à des relevés bathymétriques. Malheureusement nous ne disposons que d'un rapport traitant essentiellement de l'aménagement de la passe navigable et les auteurs de ce projet, Messieurs Ramette et Rémilleux, ne sont plus en activité ... ;

- une autre étude, toujours effectuée par le Laboratoire de Chatou, visait l'amélioration du cours inférieur de la Lobaye et de son confluent avec l'Oubangui (EDF, 1969). Un modèle réduit, de 25 m de long, a été construit à Chatou. Le sable a été simulé par des billes de styvarène (sorte de polystyrène) sans qu'à notre connaissance aucune mesure de vitesse de déplacement sur le fond n'ait été effectuée. La seule indication utile est que *les bancs se déplacent d'environ 100 m par an ;*

- enfin de 1991 à 1993, le déplacement d'un banc de sable du fond de l'Oubangui situé à 20 km en amont de Bangui a été mesuré par des relevés topographiques (voir Complément n° 6 -Feizoure et *al*.- dans les *Références récentes* de la *Monographie*). L'interprétation des résultats montre qu'il est bien difficile de chiffrer le charriage de fond.

Retour en haut du Chapitre

Sommaire de la monographie

Chapitre 9

LES AMÉNAGEMENTS FLUVIAUX ET HYDROÉLECTRIQUES

Depuis le début du XXème siècle, le bassin oubanguien a subi bon nombre de transformations destinées soit à améliorer les conditions de la navigation intérieure, soit à produire de l'énergie électrique.

Ce Chapitre n'a pu être rédigé, en 1971, que grâce à l'obligeance du Gouvernement centrafricain, en l'occurrence le Ministère de l'Énergie, des Mines, de la Géologie et de l'Hydraulique (Monsieur Albert Yomba-Eyamo) et à celle du *Bureau d'Études Coyne et Bellier* (aujourd'hui – 2009 – partie intégrante de *Tractebel Engineering France*), à Paris, avec lequel les hydrologues de l'ORSTOM ont toujours largement collaboré. Nous les en remercions bien vivement.

9.1. - Les aménagements sur l'Oubangui

9.1.1. - Le seuil de Mobaye

La figure 9-1, tirée de *Google Earth*, indique l'emplacement du projet de l'écluse et celui de la centrale hydroélectrique de Mobayi-Mbongo.

Figure 9-1
Projet et réalisation sur le seuil de Mobaye

9.1.1.1. - L'écluse

Jusque vers les années 1950, le seuil de Mobaye était difficile à franchir à la remontée vers Kouango. Aussi, en mai 1952, la Direction des Travaux publics de l'Oubangui-Chari demande, par sa lettre n° 211 à J. Aimé de poursuivre les travaux de M. Roche, qui consistaient à étudier la possibilité de construire une écluse au droit de ce seuil. À cette époque, seul le bateau *Poumayrac* (du nom de l'Administrateur Poumayrac de Masredon, tué en mai 1892) avait un moteur suffisamment puissant pour affronter des vitesses de courant de l'ordre de 17 à 20 km/h et franchir le seuil. Ces conclusions sont celles de J. Tixier, qui les développe dans une note interne à l'ORSTOM en date du 2 novembre 1954 : *la vitesse maxima à la cote 4,37 avait été estimée à 17 km, laissant prévoir par extrapolation des vitesses supérieures à 20 km/h pour des cotes de 6 ou 7 m* (G. Chalandon estime, pour sa part, ces vitesses surévaluées).

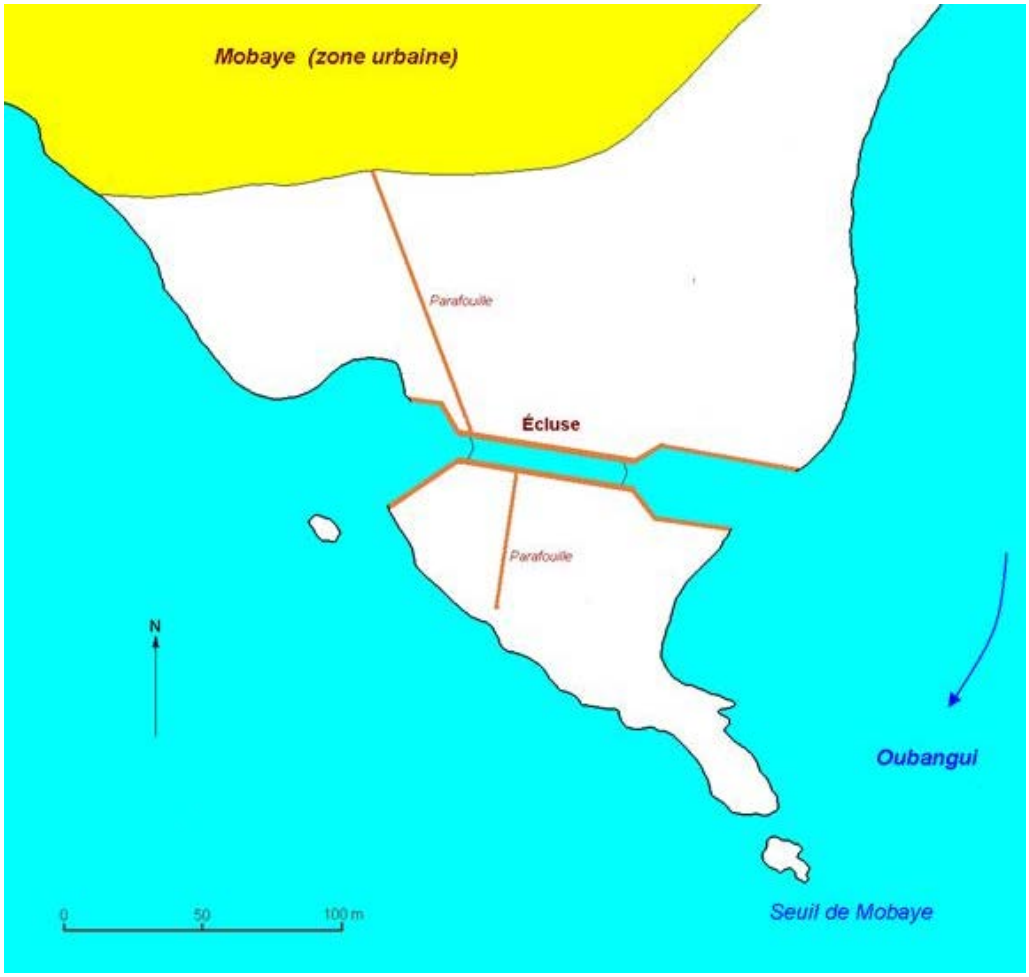


Figure 9-2
Avant-projet de l'écluse de Mobaye (d'après un dessin de J.Tixier)

C'est J. Tixier qui réalise l'avant-projet (figure 9-1) en 1953 et 1954 (Tixier, 1954).

Le sas de l'écluse est prévu avec une longueur de 56 m, une largeur de 10 m et un tirant d'eau de 2 m. Mais depuis 1950 la puissance des moteurs des bateaux avait augmenté : le franchissement du seuil ne posant plus de difficulté, le projet fut abandonné.

9.1.1.2. - Le barrage

Dans les années 1970, l'ex-Président de la RDC, J-D. Mobutu, voulut utiliser le seuil de Mobaye pour installer une usine hydroélectrique destinée à fournir de l'électricité à sa ville natale, Gbado-Lite et à son palais de Kawele. Les villes voisines de Mobayi-Mbongo (ex-Banzyville, en RDC) et Mobaye (en Centrafrique) bénéficieront également de l'électrification.

Les travaux commencent en juin 1986. Le lit de l'Oubangui est coupé du 18 mars au 23 mars 1989. L'inauguration officielle des installations date du 24 novembre 1989.

L'étude et la réalisation de ce barrage est l'œuvre de *Tractionel Electrobel Engineering* (TEE) à Bruxelles, assisté de l'*Institut de Génie Civil* de l'*Université de Liège* et du *Bureau d'Études Coyne et Bellier* à Paris.

Réalisé en rive gauche, coté RDC, un barrage coupe la moitié du lit mineur de l'Oubangui, au droit du seuil. L'autre moitié fait office de déversoir de crue. La centrale hydroélectrique est installée en rive gauche, au début du barrage. Du fait de l'étranglement du lit causé par le barrage, le niveau de l'Oubangui est remonté de quelques mètres, ce qui occasionne une retenue sur une superficie de 1 000 ha et un volume de 120 à 150.10^6 m^3/s. L'altitude du sommet du barrage serait, d'après G. Chalandon, à 384,6 m, c'est-à-dire 6 mètres au dessus du zéro de l'échelle hydrométrique amont de Mobaye.

La centrale électrique comporterait, en phase finale, 5 (ou 8 ?) groupes bulbes de 3, 7 MW chacun. Trois seulement sont installés en première phase en 1989. Le débit turbiné est de 240 m^3/s, largement en dessous de l'étiage cinquantenaire. En 2009, le fonctionnement est assez perturbé par des vicissitudes dans l'entretien des groupes.

La construction d'un pont entre les deux rives est commencée. Seules les piles sont achevées. Il n'y a pas d'écluse : la navigation en amont de Mobaye est maintenant impossible depuis Bangui.

Vue aérienne du seuil de Mobaye, prise depuis la rive gauche. On distingue un pylône de la ligne électrique desservant Mobaye et les piles du pont inachevé (*Photo © Google Earth/Panoramio/sweef1*)

Intérieur de la Centrale hydroélectrique de Mobayi-Mbongo (*Photo © Wele-Mbangi*)

Nous avions obtenu, en 1991, une photographie de l'extérieur de la Centrale hydroélectrique. Cette photographie a malheureusement disparu entre 1992 et 2009.

9.1.2. - Le projet de Palambo

En même temps que le site de Mobaye, le PNUD, par son projet RAF/82/054 1986, étudiait la possibilité d'aménager les rapides de Palambo – appelés aussi *Rapides de l'Éléphant* – situés à une soixantaine de kilomètres en amont de Bangui. Ceci pour suppléer les centrales hydroélectriques de Boali afin de répondre à la demande toujours croissante d'énergie électrique de la ville de Bangui (ce qui apparaissait déjà nécessaire vers la fin de la décennie 1990). De plus, ce barrage permettrait de régulariser les débits d'étiage en aval de Bangui, ce qui faciliterait la navigation fluviale.

Le projet final a reçu le n° PNUD 5604-16-17.045, avec financement FED pour le compte du Centrafrique.

La retenue serait de 2 370 millions de m^3. Des plans inclinés, équipés de treuils, permettraient le franchissement du barrage aux pirogues de moins de 10 tonnes.

La centrale électrique sera capable de fournir 30 MW (4 groupes bulbes de 7,5 MW chaque).

Les études pour ce projet sont l'œuvre des *Voies navigables* centrafricaines (ACCF), assistées par la *Sogreah* à Grenoble.

En 2009, ce projet n'est pas encore réalisé mais il est toujours prévu...

9.1.3. - Le seuil de Zinga

Le seuil de Zinga (sur calcaires complètement silicifiés) est le principal obstacle à la navigation sur le parcours fluvial Brazzaville-Bangui. Dans sa note de 1951, J. Yayer (1951) indique que "*depuis 40 ans l'aménagement du seuil de Zinga est l'objectif numéro un des ingénieurs qui se sont occupés de l'Oubangui*".

Un premier projet émane de la mission Roussilhe, en 1912 (Roussilhe, 1913). Mais, avec la Première Guerre mondiale, le projet fut ajourné. Après 1918, un chemin de fer à voie étroite (toujours préconisé par H. Roussilhe) est construit en 1920 par la *Compagnie Générale de Transport en Afrique Équatoriale* (CGTAE), entreprise de transport fluvial, pour assurer le transit des marchandises de part et d'autre du seuil, avec plus ou moins de bonheur. En 1968, ce chemin de fer ne fonctionnait plus depuis

1960 (Dir. Patrimoine Culturel, 2006).

Depuis H. Roussilhe, de nombreux projets ont été établis, dont l'un (ingénieur Pétrocokino) prévoyait aussi une écluse.

Finalement les opérations de déroctage commencent en 1949 (J. Aimé et W. Mergemier, sous la direction de R. Girard, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées), sur un projet très voisin du projet Roussilhe. En 1951, le tirant d'eau au droit du seuil augmente déjà de 30 cm.

Ces travaux sont suivis jusqu'en 1956 par J. Aimé. Les cubages enlevés sont de 2 500 m^3 en 1949 (Aimé, 1950), 2 500 m^3 en 1950, 3 800 m^3 en 1951, 3 500 m^3 en 1952 (Aimé, 1953), 2 300 m^3 en 1953 et 3 500 m^3 en 1954 (Aimé, 1954). Le cubage total à extraire en fin de travaux est estimé à 26 100 m^3, soit 8 000 m^3 restant encore à enlever en 1955 et durant les années suivantes (Aimé, 1955). La largeur du chenal navigable, en 1951, atteint 80 m. 7 épis en enrochements sont construits de 1949 à 1953, des deux côtés du chenal, dans le but de maintenir le courant parallèle à l'axe de la passe et de supprimer les apports en sable.

D'autres travaux de déroctage sont effectués dès 1930 (chenal de l'Île Marie, canal de la Lessé, etc.) (Yayer, 1951).

Pour ces dernières années, G. Chalandon nous fait part de précisions très intéressantes sur le seuil de Zinga :

Depuis l'abaissement du plan d'eau à Bangui et Zinga, de 1978 à 1987, la navigation ne peut s'effectuer, avec un tirant d'eau de 0,90 m, qu'avec un débit de 960 à 1 000 m^3/s à Bangui (dans les années 1967-1970, un débit de 550 m^3/s était suffisant en aval de Zinga). Actuellement, le seuil de Zinga n'est plus le principal obstacle, car des roches se trouvent dans le chenal balisé en aval de Zinga à des cotes inférieures au seuil.

Il n'y a pas eu de travaux de dérochement dans le seuil depuis 1972 : l'aménagement du seuil du point de vue dérochement est terminé depuis 1962.

L'abaissement du plan d'eau à Bangui (et sur l'ensemble de l'Oubangui), à l'exception des seuils rocheux comme Zinga et Longo (en amont de Bangui) est probablement le fait d'un manque d'apport de sable, l'érosion étant plus faible depuis 1971.

Si un dérochement important dans le seuil avait été effectué, ce n'est pas le plan d'eau à Zinga qui se serait abaissé mais la partie amont du seuil, ce qui n'est pas le cas.

À la décrue, le plan d'eau de Zinga s'est abaissé de 15 à 20 cm depuis 1972 par rapport à Bangui, du fait de l'avance à la décrue de la Lobaye par rapport à l'Oubangui.

9.1.4. - Le confluent Oubangui-Lobaye

En 1965, l'*Agence TransÉquatoriale des Communications* (ATEC) -c'est-à-dire les *Voies navigables* de l'époque- confie au *Laboratoire national d'hydraulique de Chatou* (Électricité de France) l'étude de l'amélioration de la navigation fluviale au droit du confluent Oubangui-Lobaye (EDF, 1969).

Cette étude vise à réduire (ou éviter) l'important volume de dragages annuels et à entretenir un chenal de profondeur suffisante.

L'étude est réalisée sur un modèle réduit construit à Chatou. Il représente un tronçon de la Lobaye long de 3 km en amont du confluent et un tronçon de l'Oubangui d'environ 4 km.

La superficie du modèle est de l'ordre de 300 m^2.

Le projet d'aménagement prévoit une série de 28 panneaux de fond de 25 m de longueur et 5 épis en gabion ou en enrochement.

Ce projet, d'après G. Chalandon, a bien été effectué sur une longueur de 2,5 km dans la Lobaye : 10 épis y sont installés.

9.1.5. - L'aménagement de Boboru

Ce projet d'aménagement vise l'amélioration de la navigation en aval d'Impfondo. Il est également réalisé par le *Laboratoire national d'hydraulique de Chatou* (MM. Ramette et Rémilleux) (EDF, 1966), à partir de 1964.

L'ORSTOM participe au projet avec 4 campagnes de mesure des débits (voir la station d'Impfondo, dans les *Annexes* de la *Monographie*) avec MM. Chaperon, Chartier, Hiez et Ranc.

Un modèle réduit est également construit. Sur le terrain, des relevés bathymétriques sont effectués, tandis que des traceurs radioactifs permettent de connaître la vitesse de déplacement des bancs de sable.

Le projet préconise l'emploi des panneaux de fond. En janvier 1965, 7 panneaux sont installés à titre expérimental, tout comme les 13 autres posés en décembre de la même année.

En 1966, un auto-dragage est constaté sur un nouveau chenal navigable, malgré quelques problèmes avec des panneaux endommagés par le courant.

Finalement, les panneaux de fond ont été enlevés ces dernières années car ils n'ont pas apportés les améliorations souhaitées (d'après G. Chalandon).

9.1.6. - Les opérations de dragage et de balisage

Les premiers essais de dragage commencent en avril 1937, avec une drague louée aux Belges. Ce travail fait suite à un rapport de l'ingénieur Pétrocokino, daté du 17 juillet 1935 (Yayer, 1951). Pour J. Yayer *les dragages représentent pour le moment le seul moyen effectif, rapide et réalisable dans des conditions financières acceptables, pour l'amélioration des passages difficiles par fond de sable*.

Le dragage du Bas Oubangui est repris en janvier 1939 mais il cesse de 1940 à 1946. En 1949, un programme de dragage est établi et les travaux commencent en 1952. *Depuis les années 1956-57, deux dragues fonctionnent sur l'Oubangui du mois de décembre au mois de mars* (G. Chalandon). Nous renvoyons à la publication de J. Yayer (1951) pour tout point de détail concernant tant l'efficacité des dragages que la description des bancs de sable du Bas Oubangui.

À ces travaux de dragage s'ajoute un important travail de balisage, qui doit être repris 2 fois par an. Le balisage est du type latéral : voyant cylindrique rouge côté RDC, voyant conique noir côté Centrafrique. Jusqu'en 1950, ce balisage est très sommaire et ce n'est qu'en 1951 que celui-ci est complété avec des signaux bien visibles et rectifiés en temps voulu.

Notons ici que, jusque vers 1973, Monsieur M. Besnard, Chef de la subdivision du balisage, utilisait toujours son bon vieux bateau à aubes, l'*Ingénieur en Chef Roussilhe.* Nous avions obtenu, vers 1990, une photographie de ce bateau. Hélas, elle a disparu entre 1992 et 2009.

9.2. - Les aménagements hydroélectriques de Boali

Le projet de la centrale hydroélectrique de Boali date de la fin de la Seconde Guerre mondiale. P. Darnault en parle dans son ouvrage *Régime de quelques cours d'eau d'Afrique équatoriale française* (1947) mais il avait déjà installé là une échelle limnimétrique en 1928. L'étude de l'avant-projet est mise au point par *Électricité de France* (IGUFE) à partir de 1947. Le projet final est réalisé par cette même Inspection générale d'*Électricité de France*.

En 1948, J. Aimé commence la mesure systématique des hauteurs d'eau et le tarage de la station de Boali-Poste pour le compte de la mission Électricité de France (Aimé, 1949).

Une première centrale (Boali I) est construite dans les années 1950. Sa mise en fonctionnement date de 1954 et l'inauguration officielle date du 15 avril 1955. Elle sert à l'alimentation de Bangui (distante de 80 km) en énergie électrique.

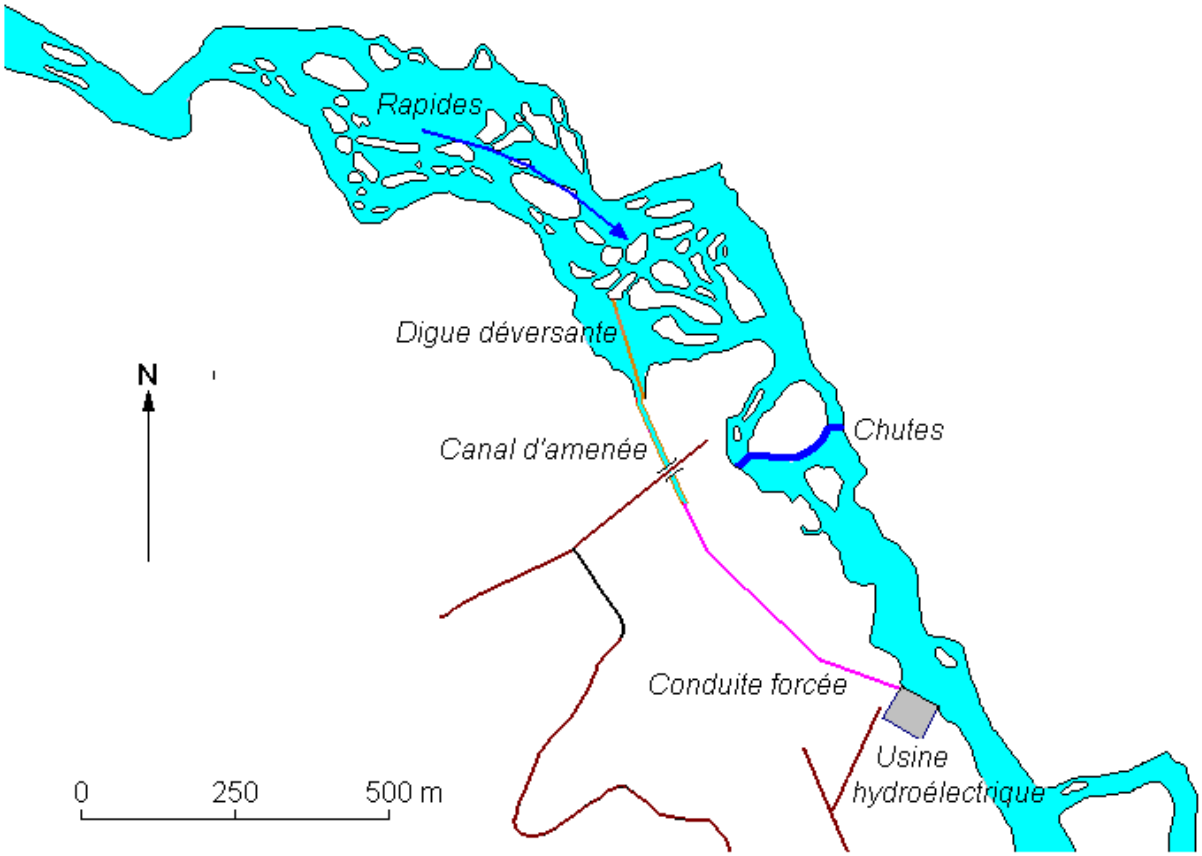


Figure 9-3
Boali I

Boali I en 1969 (*Photo Y.Boulvert*).
De gauche à droite : centrale hydroélectrique, conduite forcée, canal d'amenée et chutes de Boali, digue déversante, rapides

Cette centrale est située en aval des chutes ; une digue déversante prélève l'eau de la Mbali en amont de celles-ci, qu'une conduite forcée amène à l'usine. Sa puissance est de 8,75 MW. En 1976 une seconde usine (Boali II), construite en amont de Boali I par les Yougoslaves (première tranche), permet d'obtenir une puissance totale de 18,85 MW, ceci à condition que le débit de la Mbali soit au moins égal à 20 m^3/s, ce qui n'est généralement pas le cas en étiage : il faut alors suppléer la défaillance de Boali par la centrale thermique de Bangui, solution guère économique.

Aussi en novembre 1988 commencent les travaux de construction d'un barrage-régulateur situé 8 km en amont des chutes (Boali III). La fin des travaux a lieu en mars 1991 tandis qu'une première mise en eau est effectuée dès octobre 1990. Le barrage est complètement rempli à la fin de la saison des pluies de 1991.

Le Maître d'œuvre est le Centrafrique, représenté par le Ministère de l'Énergie, des Mines, de la Géologie et de l'Hydraulique. Le maître de l'ouvrage délégué est l'*ENERCA* (Énergie électrique du Centrafrique). C'est aussi le *Bureau d'études Coyne et Bellier* qui est maître d'œuvre du barrage. Les travaux sont effectués par la République populaire de Chine.

Le barrage consiste en un ouvrage en béton (barrage-poids) implanté dans le lit de la Mbali et en 2 digues de fermeture, en terre, de part et d'autre de cet ouvrage. 2 déversoirs de crues sont situés sur l'ouvrage en béton.

Boali III. Un des deux déversoirs (*Photo © Google Earth/Panoramio/Fandjian*)

Boali III. Machinerie de levage de la vanne de vidange, située entre les deux déversoirs (*Photo © Google Earth/Panoramio/Fandjian*)

La hauteur de la retenue est de 24,5 m et son volume de 250 millions de m^3. Outre un apport en énergie électrique supplémentaire (2 groupes basse pression de 5 MW chaque, sont prévus mais ne sont toujours mis en place), ce barrage régularise les étiages et permet à Boali I et II de fonctionner à plein régime toute l'année.

Le fonctionnement de l'ensemble Boali I et II est, lui-aussi, perturbé par des problèmes d'usure et de vétusté du matériel.

9.3. - L'aménagement de la Lobaye

L'unique aménagement connu à ce jour consiste au déroctage du seuil Tavarès à Batalimo. Les travaux sont effectués par les Voies navigables (M. Mutschler) vers 1962 : ils se sont traduits par un détarage de la station hydrométrique de Mbata, située en amont de Batalimo.

9.4. - Projets actuels

Ce paragraphe est tiré du rapport de la Direction des Études, des Statistiques et de la Planification (Direction Générale de l'Énergie du Ministère des Mines, de l'Énergie et de l'Hydraulique, République Centrafricaine) daté d'octobre 2006 (Gbazi, 2006).

L'idée générale est de réaliser des petits ensembles hydroélectriques à proximité des lieux d'utilisation (généralement une ville).

C'est ainsi que sont prévus la construction de mini-centrales pour alimenter les villes de Boda, Mbaiki, Bambari et Bria.

D'autre part, l'augmentation de la demande en énergie électrique justifierait, aujourd'hui, l'aménagement des chutes de Kembé pour alimenter les villes de Kembé, Bangassou, Bakouma et Bambari.

Retour en haut du Chapitre

Sommaire de la monographie

CONCLUSIONS SUR LA *MONOGRAPHIE DE L'OUBANGUI*

Conclusion

Liste géographique des lieux cités

Les principales conclusions de cette *Monographie de l'Oubangui*, ont été dégagées par J. Rodier dans sa préface. Il paraît inutile de les rappeler ici, car ce ne serait qu'encombrer un texte, déjà volumineux, de répétitions inutiles.

Les données hydrologiques de cet ouvrage reflètent les conditions d'écoulement de la période 1950-1975. À partir de 1970, il faudra se méfier des effets de la sécheresse.

Ce travail permet de dégager quelques points hydrologiques particuliers :

1 - Réseau hydrométrique

Il faut d'abord souligner le caractère exceptionnel de la station de Bangui, sur l'Oubangui. C'est une station très bien observée par les *Voies navigables* depuis plus de 50 ans, sans variation du calage de son échelle. 95 jaugeages en font une station très bien étalonnée, avec une plage d'extrapolation minime tant en basses qu'en hautes eaux.

Des mesures de qualité d'eau y sont réalisées depuis 1971.

Cette station doit être considérée comme une des meilleures à l'échelle mondiale.

Ceci provient surtout du fait que cette station est nécessaire pour le bon fonctionnement de la navigation fluviale. De la même façon, nous avons sur le réseau hydrométrique de l'Oubangui, des stations bien observées (mais parfois mal étalonnées, la navigation se préoccupant avant tout de la cote à l'échelle et non du débit) et qui sont :

- sur l'Oubangui **:**
  - Kemba ;
  - Limassa (à condition que la liaison par satellite fonctionne encore) ;
  - Dongou ;
  - Impfondo.
- sur la Lobaye **:**
  - Mbata.

Il faut noter aussi la station hydrométrique de Boali, sur la Mbali, comme très bien observée : elle est nécessaire à la gestion des centrales hydroélectriques assurant, en grande partie, la fourniture d'électricité à la ville de Bangui.

Par contre, pour le reste ..., ce n'est guère brillant et dans bien des cas, la station est bien étalonnée mais la qualité des observations conduit à éliminer bon nombre de mois ! Tout est fonction de la qualité de l'observateur.

C'est dire que pour la plupart de ces stations, mieux vaut de s'en tenir aux moyennes mensuelles ... sinon annuelles.

À ces stations, de qualité « à contrôler », les crues sont généralement bien observées. L'observateur est, en effet, très sensible aux niveaux élevés, qui occasionnent des écoulements spectaculaires. Au contraire, les relevés d'étiages sont trop souvent fractionnaires.

L'installation d'un limnigraphe semblerait résoudre le problème de la défaillance ou du manque d'observateur. Au contraire, il le complique – mauvais fonctionnement de l'enregistreur du limnigraphe, colmatage du puits… – et nécessite davantage de tournées d'inspection. Vers 1995, la situation s'améliore avec l'apparition du nouveau limnigraphes « bulle à bulle » OTT, incorporant enregistreur électronique et compresseur, le tout pour un coût nettement en dessous des tarifs habituels de la firme (ceci étant dû à la quasi disparition d'éléments mécaniques). Mais attention à la durée de vie des piles…

La télétransmission par satellite sera la solution idéale, mais elle demeure chère, et souvent hors de portée des maigres budgets des Services hydrologique locaux. Certes le coût des équipements a fortement diminué, mais les gestionnaires des satellites (qui étaient à l'origine des organismes de recherche gouvernementaux) ont créé (sauf au Brésil) des filiales commerciales qui augmentent régulièrement et sans préavis le prix des redevances annuelles d'utilisation (Callède et Gautier, 1996).

.2 - Reconstitution des débits de l'Uele

25 modules annuels sont reconstitués sur cette rivière sur laquelle (mis à part quelques relevés fractionnaires sur son bassin supérieur) aucune station hydrométrique digne de ce nom n'existe et dont la superficie du bassin versant est équivalente à celle du Mbomou. Cette reconstitution, à partir des débits mesurés en aval et en amont du confluent Uele-Mbomou, est peut-être un peu hardie. Mais il fallait bien faire quelque chose ...

Notons également la reconstitution faite par D. Orange (Complément n° 1, dans les Annexes de la *Monographie*).

3 - Mise en évidence de pertes au travers des chutes de Boali

La différence de superficie entre le bassin versant de la station hydrométrique située un kilomètre environ en amont des Chutes et celui de la station en aval n'est que de 4 % alors la différence de débit moyen annuel est, régulièrement, de 11 %. Il faut donc admettre que les débits mesurés en amont ne tiennent pas compte de pertes par *perméabilité en grand* (ou macroperméabilté) qui seraient ainsi de l'ordre de 7 %. Ceci proviendrait du fait que le piedmont des chutes repose sur un crypto-karst (cf. *Carte morpho-structurale, feuille Bangui à 1/200 000*, Y. Boulvert (1986c)).

4 – Les basses eaux

Mis à part trois stations (Oubangui à Bangui, Lobaye à Mbata, Mbali à Boali), la *Monographie* se termine en 1975, c'est-à-dire à la fin de gestion du réseau hydrométrique par l'ORSTOM. Or une période de sécheresse, commencée vers 1970, perdurait encore en 1990 (voir le sous-paragraphe 2.8.3.2.). L'analyse statistique des basses eaux est faite sur des échantillons qui se terminent en 1975. Elle conduit à des valeurs de débits probables bien supérieures à ce qui ont été mesurés, vers 1990, par le *Service commun d'entretien des Voies navigables*.

Il faut quand même souligner le rôle du substrat (grès de Carnot) du bassin versant de la Lobaye dans les importants débits de basses eaux de cette rivière.

Cette *Monographie* n'est en sorte que la photographie de la situation hydrologique du bassin de l'Oubangui, de 1950 à 1975. De ce fait, il faut considérer le Chapitre 4 - *Données de base* comme étant le point de départ de toute future analyse hydrologique. Les valeurs qu'il contient ne doivent en aucun cas être modifiées. Par contre il serait bien souhaitable que, dans quelques années, le gestionnaire actuel du réseau hydrométrique centrafricain procède à sa mise à jour, en y incluant ses observations et ses jaugeages réalisés depuis 1976. Pour de futurs aménagements, la *Monographie* permettra de contrôler les résultats d'estimation de débits de crue obtenus, par exemple, avec la note de J. Rodier et C. Auvray (1965) ou par la méthode du *gradex* (CTGREF, 1972). Là, rien ne vaudra une vérification sur le terrain (Callède et Rouquerol, 1970) avec quelques mesures de débit et de pluie : *une mesure médiocre est toujours préférable à un bon calcul.* (Roche, 1963, chap. IV, 8).

Espérons que ce travail puisse rendre service au Centrafrique, à la RDC et à tous les hydrologues.

LOCALISATION DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES CITÉS DANS LA *MONOGRAPHIE*

Nom géographique	nature du lieu	Latitude Nord	Longitude Est	Altitude (m)
Abourassein	mont	08°39'	024°14'	1 113
Alexia	mont	02°30'	030°32'	1 727
Alindao	St. Hydr., Pluviom.	05°03'	021°12'	
Aruwimi	rivière	01°50'	025°33'	
Atta	ancien village	04°29'	021°37'	
Ayebouahimi	mont	07°12'	024°07'	
Baba	rivière	05°05'	018°45'	
Bac Yalinga	St. hydrométrique	07°10'	022°45'	
Bafuka	pluviomètre	04°15'	027°57'	
Bago	village	05°20'	021°31'	
Baïdou	rivière	06°05'	021°05'	
Bakala	St. hydrométrique	06°12'	020°23'	

Bakalé	rivière	05°22'	025°22'	
Bakouma	pluviomètre	05°42'	022°47'	
Bali	rivière	07°26'	021°19'	
Balla-Kété (Togbo)	St. hydrométrique	06°02'	017°28'	
Bambala	St. hydrométrique	05°13'	020°11'	
Bambari	St. Hydr., Pluviom.	05°46'	020°40'	
Bambésa	pluviomètre	03°27'	025°43'	
Bambio	St. hydrométrique	03°57'	017°01'	
Banga	rivière	06°03'	022°10'	
Bangassou	St. Hydr., Pluviom.	04°44'	022°49'	
Bangui	St. hydrométrique	04°22'	018°36'	
Bangui (Bimbo)	St. hydrométrique	04°19'	018°31'	
Bangui	pluviomètre	04°22'	018°34'	
Batalimo	St. hydrométrique	03°40'	018°27'	
Bayanga-Didi	pluviomètre	05°17'	015°47'	
Bembé	rivière	04°40'	019°10'	
Berbérati	pluviomètre	04°13'	015°43'	
Bianga	ville	04°50'	020°26'	535
Bili	rivière	04°10'	023°40'	
Bimo	St. hydrométrique	04°18'	018°17'	
Birao	pluviomètre	10°17'	022°47'	
Boali (Usine)	St. hydrométrique	04°53'	018°02'	
Boali (Mission)	pluviomètre	04°50'	018°05'	
Boali (Poste)	St. hydrométrique	04°49'	018°07'	
Bobassa	village	04°09'	018°36'	
Boburu	île	01°27'	018°03'	
Boda	St. Hydr., Pluviom.	04°19'	017°28'	
Bodanga	St. hydrométrique	04°55'	017°38	
Bodingué	rivière	03°42'	017°14'	
Bodoupa	St. hydrométrique	05°42'	017°36'	
Boganangone	pluviomètre	04°41'	017°11'	
Bogangolo	pluviomètre	05°34'	018°15'	
Bogoin	village	05°11'	018°26'	
Bogou	St. hydrométrique	05°53'	025°22'	
Bomassa	St. hydrométrique	05°35'	017°36'	
Bombé	St. hydrométrique	04°07'	018°14'	
Bondo	pluviomètre	03°48'	023°49'	
Bongabo	pluviomètre	03°06'	020°32'	
Bongo	escarpement	08°40'	022°30'	
Bosobolo	pluviomètre	04°12'	019°50'	
Bossangoa	pluviomètre	06°29'	017°26'	
Bossélé (km 105)	St. hydrométrique	05°10'	018°52'	
Bossélé-Bali	St. hydrométrique	04°32'	018°28'	
Bossembélé	pluviomètre	05°16'	017°39'	
Bouar	pluviomètre	05°58'	015°47'	
Bouca	pluviomètre	06°30'	018°16'	
Boudélé	St. hydrométrique	05°38'	017°40'	

Bougboulou	rivière	04°30'	022°10'	
Boukoko	C. de rech., Pluvm.	03°55'	017°56'	
Bozoum	pluviomètre	06°19'	016°22'	
Bria	St. Hydr., Pluviom.	06°32'	022°00'	
Bunia	pluviomètre	01°30'	030°13'	
Businga	pluviomètre	03°15'	020°58'	
Buta	pluviomètre	02°47'	024°47'	
Carnot	pluviomètre	04°56'	015°52'	
Côte des Singes	faciès	06°30'	021°45'	
Damara	pluviomètre	04°58'	018°42'	
Dangoura	mont	06°12'	026°28'	910
Dar Chala	massif	09°20'	023°40'	
Dekoa (Poste)	pluviomètre	06°19'	019°04'	
Dembia	St. Hydr., Pluviom.	05°06'	024°27'	
Dialinga	série	06°	023°	
Dingila	pluviomètre	03°36'	026°05'	
Djéma	St. Hydr., Pluviom.	06°03'	025°19'	
Dji	rivière	06°52'	023°04'	
Dongo	St. hydrométrique	02°43'	018°24'	
Dongou	St. hydrométrique	02°02'	018°03'	
Doséo	rivière	09°30'	020°	
Douyou	rivière	08°	024°46'	
Dungu	rivière	03°40'	028°35'	
Ebola	rivière	03°30'	021°45'	
Éléphant	rapides	04°43'	018°58'	
Ezo	ville	05°04'	027°27'	
Faradjé	pluviomètre	03°44'	027°42'	
Fodé	St. hydrométrique	05°29	023°19'	
Fouroumbala	ancien village	04°40'	021°50'	
Gadzi	village	04°47'	016°43'	
Gambo	pluviomètre	04°48'	022°13'	
Gangu	rivière	04°20'	023°40'	
Garamba (La)	rivière	04°10'	029°45'	
Gaouara	mont	08°46'	024°38'	1 025
Gbado-Lite	ville	04°17'	021°00'	
Goubadja	massif	05°57'	020°55'	cote 668
Grimari	pluviomètre	05°42'	020°04'	
Grivaï-Pamia	village	07°03'	019°17'	
Gwane	rivière	05°05'	025°28'	
Ibambi	pluviomètre	02°24'	027°35'	
Impfondo	St. Hydr., Pluviom.	01°37'	018°04'	

Ippy (Poste)	pluviomètre	06°15'	021°12'
Ira-Banda	St. hydrométrique	05°56'	022°08'
Irumu	pluviomètre	01°27'	029°52'
Isiro (ex Paulis)	pluviomètre	02°46'	027°37'
Ituri	rivière	00°20'	029°45'
Kadjema	pluviomètre	05°15'	026°12'
Kaga-Bandoro (ex Crampel)	pluviomètre	06°59'	019°11'
Kalaga	faciès	06°50'	022°10'
Kassa	faciès	04°14'	022°03'
Kédingué-Yawa	St. hydrométrique	04°21'	017°04'
Kemba	St. hydrométrique	04°08'	022°26'
Kembé	pluviomètre	04°35'	021°54'
Kembé	St. hydrométrique	04°36'	021°55'
Kéré	St. hydrométrique	05°21'	025°45'
Kisangani (ex. Stanleyville)	ville	00°32'	025°13'
Kosho	rivière	06°20'	023°59'
Kota Koli	dorsale	04°09'	021°39'
Kouango	St. Hydr., Pluviom.	04°59'	019°58'
Kwadjia	rivière	08°	023°37'
Lebo	pluviomètre	04°29'	023°58'
Léré	ville	09°38'	014°10'
Les Mbrès	pluviomètre	06°40'	019°48'
Libby (ou Libi)	rivière	05°20'	018°56'
Libenge	St. Hydr., Pluviom.	03°39'	018°38'
Lihoua (ou Liwa)	rivière	05°41'	020°55'
Liki	rivière	04°22'	018°55'
Lilanga	St. hydrométrique	00°14'	017°51'
Limassa	St. hydrométrique	04°14'	022°02'
Lindi	rivière	01°	027°10'
Loko Safa	pluviomètre	03°42'	018°05'
Lokoma	rivière	01°37'	026°
Lombo	plateau	04°30'	019°40'
Loungouba	St. hydrométrique	04°44'	022°41'
Mahagi	pluviomètre	02°18'	030°59'
Mahamat	St. hydrométrique	06°46'	021°59'
Maridi	pluviomètre	04°55'	029°28'
Mbaiki	pluviomètre	03°53'	018°00'
Mbandaka	pluviomètre	00°03'	018°17'
Mbania	rivière	05°39'	022°52'
Mbata	St. hydrométrique	03°40'	018°18'
Mbolen	rivière	05°03'	018°
Mbrès (Les)	ville	06°51'	019°49'
Méringué	mont	07°01'	025°03'
Mobaye	St. Hydr., Pluviom.	04°19'	021°11'

Mobayi-Mbongo (Banzyville)	ville	04°18'	021°11'	
Mobenzélé	St. hydrométrique	00°54'	017°51'	
Moissala (ville)	ville	08°20'	017°46'	
Mongoumba	St. Hydr., Pluviom.	03°38'	018°36'	
Mongoumna	St. hydrométrique	03°41'	018°35'	
Morkia	village	05°40'	025°18'	
Mouka	ville	07°17'	021°53'	
Mpatou	rivière	05°51'	022°48'	
Mpoko	rivière	04°50'	018°24'	
Nakando	rivière	05°40'	022°50'	
Ndélé	pluviomètre	08°24'	020°39'	
Ndjoundou	St. hydrométrique	00°20' **S**	017°41'	
Nebanguma	pluviomètre	02°58'	026°00'	
Nganda	St. hydrométrique	04°19'	022°04'	
Ngaya	mont	09°18'	023°28'	1 323
Ngotto	St. hydrométrique	04°03'	017°21'	
Ngriko	St. hydrométrique	05°45'	019°25'	
Niakari	pluviomètre	04°50'	022°45'	
Niangara	pluviomètre	03°42'	027°53'	
Nioka	pluviomètre	02°07'	030°38'	
Nola	pluviomètre	03°31'	016°04'	
Nyong	rivière	03°30'	011°30'	
Nzako	rivière	05°42'	023°00'	
Obo	St. Hydr., Pluviom.	05°24'	026°30'	
Ouadda	St. Hydr., Pluviom.	08°04'	022°24'	
Ouanda-Djallé	pluviomètre	08°53'	022°45'	
Ouango	St. hydrométrique	04°19'	022°34'	
Ouda Kota	St. hydrométrique	05°49'	017°33'	
Palambo	Rapides, St. Hydr.	04°42'	018°57'	
Pascale (Bakouma)	rivière	05°43'	022°48'	
Possel	ville	05°01'	019°16'	
Raboukindi	djebel	08°51'	023°33'	1 030
Rafai	St. Hydr., Pluviom.	04°58'	023°55'	
Raga	pluviomètre	08°28'	025°41'	
Safa (Terres rouges)	St. hydrométrique	03°39'	018°06'	
Salamat	rivière	10°20'	019°45'	
Salo	pluviomètre	03°11'	016°08'	
Sarki	B. Vers. Représent.	06°55'	015°26'	
Satéma	rapides	04°18'	021°41'	390
Sibut	St. Hydr., Pluviom.	05°44'	019°05'	
Tandja	rivière	06°06'	022°54'	
Tibesti	massif	21°	018°	

Tilo	village	06°18'	019°14'	
Voulou	rivière	07°46'	023°35'	
Wakini	rivière	04°33'	020°30'	
Wanba	pluviomètre	02°09'	028°00'	
Watsa	pluviomètre	03°04'	029°30'	
Yadé	massif du	06°55'	015°30'	
Yagi	village, riv.	04°35'	018°45'	
Yakoma	ville	04°06'	022°26'	
Yalinga	pluviomètre	06°30'	023°16'	
Yaloké	pluviomètre	05°29'	017°05'	
Yangambi	ville	00°47'	024°26'	
Yangana	St. hydrométrique	04°38'	018°33'	
Yangana	rivière	04°33'	018°30'	
Yei	pluviomètre	04°05'	030°40'	
Zangba	pluviomètre	04°26'	020°58'	
Zaoro-Yanga	St. hydrométrique	05°10'	016°37'	
Zémio	St. Hydr., Pluviom.	05°02'	025°09'	
Zeu (ou *Zeu Zeu*)	mont	02°30'	030°45'	1 650 env.
Zinga	Rapides, St. Hydr.	03°43'	018°36'	
Zongo	cité	04°20'	018°37'	

Retour en haut de la Conclusion

Sommaire de la monographie

Bibliographie

(Les liens hypertextes, quand ils existent, sont indiqués en bleu souligné sous la référence bibliographique. En cliquant sur le lien, la Publication apparaîtra à l'écran)

ADERCA B. (1950) Étude pétrographique et carte géologique du district Congo-Ubangi. *Mém. Institut Royal Colonial Belge, Sér. Sci. nat. et méd.*, 18, 4, 66 p., 21 fig., 14 planches h.t., 1 carte.

AIMÉ J. (1949) *Rapport d'activité pour l'année 1948*. Brazzaville : Office de la recherche scientifique coloniale, 30 p.

AIMÉ J. (1950) *Rapport d'activité pour l'année 1949*. Brazzaville : Office de la recherche scientifique coloniale, 17 p., 16 tabl.

AIMÉ J. (1953) Le seuil de Zinga. Brazzaville : *Bulletin de l'Institut d'études centrafricaines*, 6 : 69-76.

AIMÉ J. (1954) *Aménagement du seuil de Zinga- I. Travaux effectués durant la campagne 1954 - II. Étude des variations du plan d'eau de 1949 à 1954*. Paris : ORSTOM, 13 p., 17 fig.

AIMÉ J. (1955) *Aménagement du seuil de Zinga : état d'avancement des travaux en fin de campagne 1955*. Bangui : ORSTOM, 7 p. multigr. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010019482.pdf].

ASECNA, Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (1973) *La structure continue de l'équateur météorologique sur l'Afrique intertropicale*. Dakar : Asecna, Bureau d'Études de la Direction de l'exploitation météorologique, 60 p., 62 fig., 8 pl.

ATLAS DE LA RÉPUBLIQUE POPULAIRE DU CONGO (1977) Paris : Jeune Afrique, 64 p.

ATLAS DE LA RÉPUBLIQUE DU ZAÏRE (1980) Paris : Jeune Afrique, 71 p.

ATLAS DE LA RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE (1984) Paris : Jeune Afrique, 64 p.

ATLAS UNIVERSEL (1982) Paris : Le Monde ; Sélection du Reader's Digest, 210 p.

AUBRÉVILLE A. (1950) *Flore forestière soudano-guinéenne*. Paris : Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 523 p., 29 pl.

AUBRÉVILLE A., DUVIGNEAUD P., HOYLE AC. et al. (1959) Carte de la végétation de l'Afrique au sud du tropique du Cancer, à 1/10 000 000. London : Oxford University Press.

BERNARD EA. (1953) L'évapotranspiration annuelle de la forêt équatoriale congolaise et l'influence de celle-ci sur la pluviosité. *Mém. Institut Royal Colonial Belge*, *B. des Séances*, 24, 3 : 1027-1032.

BERTHELOT R. (1959) *Étude hydrologique de la Mpoko au point de franchissement du chemin de fer Bangui-Tchad*. Paris : ORSTOM, 11 p.

BESSOLES B. (1962) *Géologie de la région de Bria et d'Yppy (République centrafricaine). Contribution à l'étude de la migmatisation*. Th. : Univ. Clermont-Ferrand, 205 p.

BESSOLES, B., TROMPETTE R. (1980) *Géologie de l'Afrique ; la chaîne panafricaine "zone mobile d'Afrique centrale (partie sud) et zone mobile soudanaise".* Orléans : BRGM, 397 p. (Mémoire BRGM ; n ° 92).

BIGOTTE G., BONIFAS G. (1968) Faits nouveaux sur la géologie de la région de Bakouma (Préfecture du Mbomou – RCA). *Chronique de la Recherche Minière*, 370 : 43-46.

BILLON B. (1968) Mise au point des mesures de débits solides en suspension (République du Tchad). *Cah. ORSTOM. Sér. Hydrol.,* 5, 2 : 3-13, 5 tab., 5 fig. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/hydrologie/14848.pdf].

BOISSEZON P. de, MARTIN G., GRAS F. (1969) Les sols du Congo. In *: Atlas du Congo.* Brazzaville : ORSTOM, 5 p., 1 carte h.t. à 1/2 000 000.

BOISSON J. de (1971) *Évaluation des besoins en eau des cultures de céréales et de fourrages; estimation et mesure de l'évapotranspiration*. Paris : Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 44 p., 22 fig.

BONHOMME M., WEBER F. (1969) Compléments à la géochronologie du bassin de Franceville et de son environnement. In : 5ème Colloque géol. Afric., Clermont-Ferrand, 1969/04/09-11. *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Clermont-Ferrand,* 41, *Fasc. Géologie minéral.*, 19 : 85-88.

BORGNIEZ G. (1935) Esquisse géologique de l'Oubangui-Chari occidental et des régions voisines. *Chron. mines col.*, 44 : 354-372, 2 cartes.

BOULVERT Y. (1983) *Carte pédologique de la République centrafricaine à 1/1 000 000*. Paris : ORSTOM, 7 cartes. (Notice explicative n° 100, 126 p. 19 ill., 32 tabl.) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/notexp/15649.pdf].

BOULVERT Y. (1985) Le problème de l'Oubangui-Ouellé ou comment fut exploré un réseau hydrographique à la fin du XIXéme siècle. *Cah. ORSTOM*, *Sér. Sc. Hum*, 21, 4 : 389-411 [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/sci_hum/23620.pdf].

BOULVERT Y. (1986a) *Carte phytogéographique à 1/1 000 000. République centrafricaine*. Paris : ORSTOM, 35 cartes. (Notice explicative n° 104, 131 p., 17 photogr., 5 tabl.) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/notexp/31640.pdf].

BOULVERT Y. (1986b) Aspects contrastés des versants centrafricains et soudanais au long de l'interfluve Congo-Nil. In : *International Symposium of the Nile Basin.* Le Caire, 1987/03/01-07 Le Caire : Université du Caire, 16 p. multigr., 9 fig,, résumé pp. 171-172. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_37-38/43663.pdf].

BOULVERT Y. (1986c) *Carte morpho-structurale de Bangui à 1/200 000*. Paris : ORSTOM, 1 carte (maquette) couleur [http://www.cartographie.ird.fr/sphaera/images/téléchargement/03426].

BOULVERT Y. (1987) *République Centrafricaine. Carte oro-hydrographique à 1/1 000 000*. Paris : ORSTOM, 118 p, 2 cartes [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/notexp/31642.pdf].

BOULVERT Y. (1993) *Bangui, 1889-1989. Points de vue et témoignages*. Paris : Sépia ; Ministère de la Coopération et du Développement, 312 p.

BOULVERT Y. (1996) *Étude géomorphologique de la République centrafricaine*. Bangui : IRD, carte à 1/1 000 000. (Notice explicative n°110, 258 p., 24 photogr., 58 fig., 3 tabl.) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/notexp/010004014.pdf].

BOULVERT Y., SALOMON JN. (1988) Sur l'existence de paléo-crypto-karsts dans le bassin de l'Oubangui

(République centrafricaine) *Karstologia*, 11-12 : 37-48 [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_37-38/43664.pdf].

BRUEL G. (1899) Notes sur quelques observations météorologiques recueillies à Mobaye Oubangui (Congo français). *Annales de la Société météorologique de France*, 1899, 47 : 15-20.

BRUEL G. (1900) Observations météorologiques recueillies à Mobaye – 1896-1898. *La Géographie*, 1900/02/15, 1, 2 : 159-160.

BRUNET-MORET, Y. (1979) Homogénéisation des précipitations. *Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol.*, 16, 3-4 : 147-170 [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/hydrologie/14958.pdf].

BULTOT F. (1971 à 1977) *Atlas climatique du bassin congolais*. Bruxelles : INEAC, 4 t.

BULTOT F., DUPRIEZ GL. (1974) Estimation des valeurs journalières de l'évapotranspiration potentielle d'un bassin hydrographique. *J. Hydrol.*, 21, 4 : 321-338.

CAHEN L. (1954) *Géologie du Congo belge*. Liège : H. Vaillant-Carmanne, 577 p.

CAHEN L., LEPERSONNE J. (1948) Notes sur la géomorphologie du Congo occidental. Tervuren : *Annales du Musée Royal du Congo Belge*, *Sc. géol.*, sér. 8, vol 1, 95 p.

CAHEN L., LEPERSONNE J. (1951) *Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi à l'échelle de 1/2 000 000*. 4 ed. Bruxelles : Institut géographique militaire, 1 carte en 4 f. coul.

CAHEN, L., LEPERSONNE, J. (1951) *Notice sur la Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi*. Bruxelles : Institut géographique militaire, 27 p., 2 cartes 1/5 000 000.

CALLÈDE J. (1969) *Note sur une averse d'intensité exceptionnelle observée à la station bioclimatologique de Bangui- ORSTOM*. Bangui : ORSTOM, 4 p. multigr. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_10-11/13255.pdf].

CALLÈDE J. (1972) *Répertoire général des stations hydrométriques de la République centrafricaine*. Bangui, 204 p., 46 graph. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_39-40/05546.pdf].

CALLÈDE J. (1974). *Bassin versant représentatif de Sarki. Bilan de cinq années d'observation (1968 à 1972).* Paris : ORSTOM, 120 p., 52 fig. + annexes : 11 fig., 53 tabl. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_39-40/06766.pdf].

CALLÈDE J. (1977) *Oscillations journalières du débit des rivières en l'absence de précipitations*. *Cah. ORSTOM, Sér.Hydrol.*, 14, 3 : 219-283 [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/hydrologie/16729.pdf].

CALLÈDE J. (1981) *Hydrology-study of the Kongor area (Sudan Republic)*. Paris : ORSTOM, 59 p., 18 fig.

CALLÈDE J., ROUQUEROL Y. (1970) *Études hydrologiques des ouvrages d'art des routes nationales n°2 et 9 en République Centrafricaine.* Paris : ORSTOM, 21 p.

CALLÈDE J., ARQUISOU G. (1972) Données climatiques recueillies à la station bioclimatologique de Bangui pendant la période 1963-1971. *Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol.*, 9, 4 : 3-26, 11 fig., 20 tabl. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/hydrologie/14888.pdf].

CALLÈDE J., GAUTIER M. (1996) La télétransmission par satellite en hydrométrie : historique de son

développement à l'ORSTOM de 1972 à 1994. In: *L'hydrologie tropicale : géoscience et outil pour le développement*. Wallingford : IAHS : 25-40, 4 fig. (IAHS Publ. ; n° 238) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/010009801.pdf].

CALLÈDE J., GUYOT JL, KOSUTH P., GUIMARÃES VS. (1999) Estimation de la vitesse de déplacement du fond de l'Amazone. In : HiBAm. *Manaus'99 - Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins*, Manaus, 1999/11/15-19. IRD, Brasília, 7 p., 5 fig., CD-Rom.

CALLÈDE J., GUYOT JL., RONCHAIL J., L'HOTE Y., LUBES-NIEL H. et DE OLIVEIRA E. (2004) Évolution du débit de l'Amazone à Óbidos de 1903 à 1999. *Hydrol. Sci. J.*, 49,1 : 85-97.

CALLÈDE J., RONCHAIL J., GUYOT JL. et DE OLIVEIRA E. (2008) Déboisement amazonien : son influence sur le débit de l'Amazone à Óbidos (Brésil). *Rev. Sci. Eau*, 21, 1 : 59-72.

CEA, Commissariat à l'Énergie Atomique (FRA) (1968-1972) Rapport annuel au service des Mines. Bangui : Archives DMG-RCA, … p. multigr.

CENSIER C. (1991) Dynamique sédimentaire d'un système fluviatile diamantaire mésozoïque. La formation de Carnot (République centrafricaine). Orléans : BRGM (Doc. - BRGM, 205), 568 p., 129 fig., 48 tabl., 29 pl., 1 carte h.t. à 1/1 000 000.

CHOUBERT G. (1968) *Carte tectonique internationale de l'Afrique au 1/5 000 000*. Paris : Unesco, 9 feuilles coul. + notice (54 p.).

CHOURET A. (1977) *La mesure du débit solide des cours d'eau : étude du transport solide, mise en œuvre des méthodes, synthèse des résultats obtenus en République du Tchad*. N'Djamena : ORSTOM, 15 p. multigr.

COLLISCHONN W., TUCCI CEM., CLARKE RT. (2001) Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change ? *J. Hydrol.*, 245 : 218–238.

CORNACCHIA M., GIORGI L. (1986) Les séries précambriennes d'origine sédimentaire et volcano-sédimentaires de la République centrafricaine. *Ann. Mus. R. Afr. Cent., Sér. Sci. Géol.*, 93, 51 p.

CORNACCHIA M., GIORGI L., BLONDIN P., ROGER G., VIVIER G., VICAT JP. (1989) La partie orientale de la ceinture de roches vertes de Bogoin-Boali (RCA) : structuration, lithologie, pétrographie et typologie du magmatisme. Paris : *C.R. Acad. Sci.*, *Sér. 2,* 308 : 1721-1727.

CORNACCHIA M., GIORGI L., VICAT J.P., BLONDIN P., BABET N., MINOT JB. (1990) Le panafricain de la République centrafricaine. In : *13ème réun. Sci. Terre.*, Grenoble, 1990/04/02-04. Paris : Société Géologique de France, 33 p.

COCHONNEAU G., BOYER JF., DIEULIN C. (1989) *HYDROM. Logiciel de banque de données hydrométriques : Manuel de l'utilisateur ; Manuel de l'opérateur*. Montpellier : ORSTOM, Lab. d'hydrologie, 2 vol., 85 p., 87 ann. + 82 p., 22 ann.

CORNET J. (1909) Notes sur quelques roches de l'Ubangi et de la Shanga. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 37I, partie B : 146-148.

COURTET J. (1907) Géologie et Minéralogie. In : CHEVALIER, A. *L'Afrique centrale française. Mission Chari-Lac Tchad*, *1902-1904*. Paris : A. Challamel : 621-690.

COYNE et BELLIER, Bureau d'études (1990) *Diverses notes et dessins techniques concernant le barrage de retenue sur la Mbali à Boali III (CFA)*. Montpellier : IRD, … p.

CTGREF (Centre Technique du Génie Rural, des Eaux et Forêts) (1972) *L'application de la méthode du Gradex*

à l'estimation des crues de faible fréquence. s.l.: CTGREF (Division Hydrologie), 19 p., 7 fig.

CUREAU A. (1901) Notes sur l'Afrique équatoriale. 1. Géographie ; 2. Ethnographie. *Revue générale des Sciences pures et appliquées* : 558-571 + 598-611, 26 fig., ill., cartes, photogr.

CUTIM EMC., MOLION LCB., NECHET D. (2000) Chuvas na Amazônia durante o século XX. In : *XIe Congrès brasileiro de Meteorologia,* Rio de Janeiro, 2000/10/16-20. s.l : s.n : 1327 1333.

DARNAULT P. (1931) *Mission de prospection des forces hydrauliques de l'Afrique équatoriale française*. Paris : Larose, 266 p., annexes.

DARNAULT P. (1947) *Régime de quelques cours d'eau d'Afrique équatoriale et étude de leur utilisation industrielle*. Paris : Larose, 134 p., 62 fig., 12 pl.

DENAEYER ME., CARRIER … (1928) Esquisse géologique de l'Afrique équatoriale française, du Cameroun et des régions voisines. *C.R. Acad. Sci*., 187 : 658-660.

DENAEYER ME., CARRIER … (1935) Croquis géologique de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun à l'échelle du 1/8 000 000. In : BRUEL G. *La France équatoriale africaine*, Paris : Larose, 558 p., 26 ill., 190 photogr., 6 cartes coul. h.t.

DEVRED R. (1958) La végétation forestière du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Bruxelles : *Bull. Soc. R. Forest. de Belgique*, 6 : 409-468, 1 carte h.t. 1/5 000 000.

DEVROEY EJ. (1948-1959) *Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi*. Bruxelles : Académie royale des Sciences coloniales : 1 fasc. annuel.

DHONNEUR G. (1970) *Essai de synthèse sur les théories des lignes de grains en Afrique occidentale et centrale*. Dakar : ASECNA, Direction de l'exploitation météorologique, 56 p.

DHONNEUR G. (1985) *Traité de météorologie tropicale ; application au cas particulier de l'Afrique occidentale et centrale*. Paris : Météo-France, 152 p.

DIRECTION DU PATRIMOINE CULTUREL (2006) *Les vestiges du train de Zinga*. Bangui : Direction du Patrimoine Culturel, réf 4007, 1 p.

DRESCH J. (1946) Notes de géomorphologie congolaise. *Bull. Assoc. Géogr. Français*, 181-182, Nov. Déc.: 116-123.

DUBREUIL P., GUISCAFRÉ J., NOUVELOT JF., OLIVRY JC. (1975) *Le Bassin de la rivière Sanaga*. Paris : ORSTOM, 350 p., 46 tabl., 127 fig. (Monographies hydrologiques ; n° 3) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/Mon_hydr/04349.pdf].

EDF, Électricité de France. Laboratoire national d'hydraulique (1966) *Amélioration de la navigabilité de l'Oubangui en aval de Bangui*. Chatou : EDF, 12 p., 35 fig.

EDF, Électricité de France. Laboratoire national d'hydraulique (1969) *Aménagement du cours inférieur de la Lobaye. Étude sur modèle. Rapport définitif.* Chatou : EDF, 21 p., 4 fig.

FÉAT J., OBERLIN G. (1967) *Données hydrologiques sommaires concernant le Mpatou à Bakouma*. Bangui : ORSTOM, 26 p., 9 fig.

FEYMANS G. (1962) Note sur la crue du fleuve Congo en 1961. *Bull. Séances Acad. R. Sci. Outre-Mer* : 293-297.

FILIZOLA N. (2003) *Transfert sédimentaire actuel par les fleuves amazoniens*. Th. : Hydrol.-Géol : Toulouse : Université Toulouse 3, 292 p. multigr.

FOGLIÉRINI F., MESTRAUD J.L. (1953) Coupure géologique Bangui-Est. In : *Rapport Annuel du Service*

géologique de l'AEF . s.l. : Serv. Géol. AEF : 28-32, 1 carte 1/1 500 000.

FOUREAU F. (1905) *Documents scientifiques de la mission saharienne (mission Foureau-Lamy) : 1. Observations astronomiques. Météorologie. Orographie. Hydrographie. Topographie. Botanique ; 2. Géologie. Pétrographie et Paléontologie. Esquisse ethnographique. Glossaire.* Paris : Masson, 2 vol., 1210 p., 428 ill., 30 pl. h-t., 16 cartes coul. 1/400 000 + 1 carte 1/100 000.

FOURMARIER P. (1932) Le bassin du Congo. Notes de géographie physique. *Ann. de Géog*., 41, 229 : 44-69.

FRANKART R. (1960) A-Sols, C- Utilisation des sols. In : *Carte des sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi,* vol. 14-Uele. Bruxelles : INEAC, 128 p., 4 cartes semi-détaillées 1/40 000.

FRANQUIN P., DIZIAIN R., COINTEPAS JP., BOULVERT Y. (1988) *Agroclimatologie du Centrafrique*. Paris : ORSTOM, 521 p., 40 fig. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/ldt/25523.pdf].

GBAZI R. (2006) *Sites hydroélectriques en RCA*. Bangui : Ministère des Mines, de l'Énergie et de l'Hydraulique, 79 p + annexes, 7 p.

GENÈVE R. (1957) *Météorologie tropicale*. Paris : Météorologie nationale, 83 p., 53 fig.

GENTA J., PEREZ-IRIBARREN G., MECHOSOS C. (1998) A recent increasing trend in streamflow of rivers in southeastern South America. *J. Climate,* 11 : 2858–2862.

GÉRARD G. (1958) *Carte géologique de l'Afrique équatoriale française à 1/2 000 000*. Notice explicative. Brazzaville : DMG-AEF, 198 p.

GÉRARD G., MESTRAUD JL. (1958) *Rapport de fin de mission 1958 sur la coupure Zémio-Djéma. Géologie*. Bangui : Archives DMG-RCA, 112 p. multigr. + 12 cartes annexes.

GÉRARD G., MESTRAUD JL. (1961) Coupure Zémio-Djéma (Oubangui-Chari oriental). Brazzaville : *Bull. DMG-AEF*, 14 : 25-33, 1 carte.

GRISOLLET H., GUILMET B., ARLÉRY R. (1962) *Climatologie ; méthodes et pratiques*. Paris : Gauthier-Villars, 394 p., 110 fig., 72 tab. (Monographie de la Météorologie).

HECQ J., FROMENT D. (1960/ca) *Les plateaux du Haut-Ituri. Contribution à l'étude des problèmes du reboisement et de la conservation des sols*. Bruxelles : INEAC, 151 p., carte 1/1 000 000.

HEINZELIN J. de (1952) *Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nord-oriental du bassin du Congo*. Bruxelles : INEAC, 167 p. ,52 ill., 8 planches.

HEINZELIN J. de (1954) Les horizons d'altération anciens, critères stratigraphiques en Afrique centrale. In : *5th Int. Congr. Soil Sci*., Léopoldville, 1954. s.l.s.n,, vol. 4 : 435-446.

HIEZ G. (1964) *Débits dérivés par la prise d'eau de Boali-EDF*. Paris : ORSTOM, 8 p., 1 fig.

HOORE JL. d' (1964) Soil map of Africa scale 1/5 000 000. Explanatory monograph joint project n° 11. Lagos (NGA) : CCTA (Publication ; n° 93), 206 p. + 1 carte h.t. en 7 feuilles.

INEAC, Institut national pour l'étude agronomique du Congo belge. (1950-1958) *Bulletin climatologique annuel du Congo belge et du Ruanda-Urundi,* 1 fasc. annuel.

JACCON G. (1986) *Manuel d'hydrométrie ; tome V : tracé de la courbe de tarage et calcul des débits*. Paris : ORSTOM, 225 p., 107 fig., 10 ann. (Initiation-Documentation.Technique ; n°70) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/ldt/25536.pdf].

JACCOULET JPM. (1930) Les chutes de la rivière Bali. *Bull. Soc. rech. congolaises*, 12 : 127-129.

JONGEN P. (1968) A-Notice explicative de la carte des sols. In : *Carte des sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi,* vol. 22 : Ubangi. Bruxelles : INEAC, 39 p., 8 tabl. h-t, cartes : 9 à 1/50 000 + 1 carte à 1/100 000.

JONGEN P., VAN OOSTEN M., ÉVRARD C., BERCE JM. (1960) Notice explicative de la carte des sols et de la végétation. In : *Carte des sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi,* vol. 11 : Ubangi. Bruxelles : INEAC, 82 p., 8 photogr. h-t., 1 carte 1/200 000, 2 cartes 1/100 000, 6 pl.

JUNKER W. (1889-1891) *Reisen in Afrika, 1875-1886. Nach seinen Tagebüchern unter Mitwirkung von R. Buchta herausgegeben von dem Reisendem*. Wien : Hölzel, 3 vol. de 540, 560 et 740 p. avec illustra. et 25 cartes.

JUNKER W. (1890) Travels in Africa during the years 1875-1886. London : Chapman and Hall, 3 vol., 522 + 477 + 586 p.

KING LC. (1951) *South Africa Scenery. A text book of geomorphology*. 2. ed. Edimbourg : Oliver and Boyd, 308 p.

KING LC. (1967) *Morphology of the Earth. A study and synthesis of world scenery*. 2. ed. Edimbourg : Oliver and Boyd, 726 p., 250 fig.

KLEIN, JC. (1971) Intensité extraordinaire de la précipitation du 26 novembre 1970 dans la région des Grands-Fonds de Guadeloupe. *Cah. ORSTOM Sér. Hydrol.*, 8, 2 : 39-50, 2 fig. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/hydrologie/14877.pdf].

KÖPPEN W., GEIGER R. (1936) *Das geographische System der Klima. Handbuch der Klimakunde.* Berlin : Brüder Bornträger, Bd1, teil C, 44 p.

LACOIN L. (1903) Sur la géologie du pays de l'Oubangui au Tchad. *C.R. Acad. Sci.*, 136 : 1591-1593.

LARAQUE A., MAHÉ G., ORANGE D., MARIEU, B. (2001) Spatiotemporal Variations in hydrological regimes within Central Africa during the XXth Century. *J. Hydrol.,* 245 : 104-117 [doi:10.1016/S0022-1694(01)00340-7].

LASSERRE M., SOBA D. (1976) Age libérien des granodiorites et des gneiss à pyroxène du Cameroun méridional. *Bull. BRGM*, sect. 4, 1 : 17-32.

LAUER W., FRANKENBERG P. (1985*) Hygrothermische Klimatypen von Afrika*. Bonn (DEU) : Geographische Institute, 1 carte.

LAVREAU J. (1980) *Évolution géologique du Haut-Zaïre. Genèse et évolution d'un segment lithosphérique archéen*. Th. : Univ. libre de Bruxelles, 216 p.

LAVREAU J., LEDENT D. (1976) État actuel de l'étude géochronologique du complexe amphibolitique et gneissique du Bomu (Zaïre septentrional et République centrafricaine).In : *Rapport année 1975*. Tervuren : Mus. roy. Afr. centr., Dépt. géol. min.: 123-142.

LAVREAU J., LEDENT D., LIÉGEOIS JP., POIDEVIN JL., WEISS D. (1983) Progrès dans la géochronologie du complexe de base de la République centrafricaine. In : *12th Coll. of African Geology*, Bruxelles, 1983. Bruxelles : s.n., 59 p.

LEBEL T., BOYER JF. (1989) *DIXLOIS : un ensemble de programmes Fortran 77 pour l'ajustement de lois statistiques et leur représentation graphique.* Montpellier : ORSTOM, Lab. d'hydrologie, 55 p.

LEGOUX P., HOURCQ V. (1943) Esquisse géologique de l'AEF. (Notice explicative de la carte géologique provisoire de l'AEF à 1/3 500 000). *Bull. serv. Mines AEF*, 1, 96 p., 1 carte h.t. coul. 1/3 500 000.

LÉONARD J. (1953) Les forêts du Congo belge. *Rev. Bot. Appl. et Agr. Trop.*, 373-374 : 588-596.

LEPERSONNE J. (1974) C*arte géologique du Zaïre à 1/2 000 000 et notice explicative.* Kinshasa : Dép. mines Zaïre. Direction de la Géologie, 67 p.

LEROUX, M. (1972) *La dynamique des précipitations en Afrique occidentale*. Th. 3e cycle : Dakar : Fac. Lettres et Sc. humaines, 270 p., 111 fig.

LEROUX M. (1983) Le *climat de l'Afrique tropicale = The Climate of Tropical Africa*. Paris : Champion ; Genève (CHE) : Slatkine, 2 vol. , 633 p., 649 fig., 250 cartes.

LETOUZEY R. (1968) Étude phytogéographique du Cameroun. In : *Encyclopédie Biologique*, 69. Paris : Lechevalier, 511 p.

LIVENS PJ. (1950) Pédologie tropicale et Sols tropicaux. In : *Encyclopédie du Congo belge.* Bruxelles : Bieleveld, vol.1 : 305-342.

LOIR É. (1918) *Carte géologique de l'Afrique équatoriale française à 1/5 000 000*. Paris : Larose.

MARTONNE E. de. (1909) *Traité de géographie physique : 1. Le climat*. 9 éd. Paris : Armand Colin, 1957, vol. 1, 496 p.

MÉTÉOROLOGIE NATIONALE (1956) *Aperçus sur la climatologie de l'A.E.F*. Paris : Météorologie Nationale, 21 p. (Monographies de la Météorologie nationale, n° 1).

MÉTÉOROLOGIE NATIONALE (1959) Territoires de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun. *Extrait des annales des services météorologiques de la France d'outre-mer* (1968). Paris : Météorologie Nationale, 184 p.

MESTRAUD JL. (1952) Formation du socle en Oubangui-Chari central. In : *XIXème congr. géol. Intern.* : Alger : Ass. serv. géol. afr. : 155-162.

MESTRAUD JL. (1963) *Contribution à l'étude géologique et minière de la région de Bangassou (RCA*). Bangui : Archives DMG-RCA., 2 vol., 114 p. multigr., 5 pl. et tabl.

MESTRAUD JL., BESSOLES B. (1982) *Géologie et ressources minérales de la République centrafricaine. État des connaissances à la fin 1963.* Orléans : BRGM, 186 p., 1 carte 1/1 500 000. (Mémoire BRGM ; n° 60).

MIAUTON JD. (1980) *Bakouma. Genèse et gitologie d'un gisement néoformé continental phosphato-uranifère*. Th. 3e cycle : Nancy, 161 p. multigr.

MOEYERSONS, J. (1975) Les surfaces d'aplanissement et les cycles géographiques dans le nord du Zaïre. *Annales Société géologique de Belgique*, 98 : 439-448.

MONTEITH, J. (1965). Evaporation and environment. In : XIXth Symposium of the Society of Experimental Biologists : *The state and movement of water in living organisms*, Swansea (Royaume-Uni). Cambridge University Press : 205-234.

MÜLLER II., KRÜGER CM., KAVISKI E. (1998) Análise de estationaridade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3, 4 : 51–71.

NICKLES M., HOURQ V. (collab.) (1952) *Carte géologique de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun*. Brazzaville : Dir. mines et géol. AEF ; Yaoundé : Servi. Mines du Cameroun, 109 p., 3 cartes 1/2 000 000.

NOUVELOT JF. (1969). Mesure et étude des transports solides en suspension au Cameroun. *Cah. ORSTOM Sér. Hydrol.*, 6, 4 : 43-85, 19 tab., 25 fig. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/hydrologie/16556.pdf].

OLIVRY JC. (1967) *Étude des basses eaux de la Mbali à Boali (République Centrafricaine)*. Brazzaville : ORSTOM, 36 p.

OLIVRY JC. (1986) *Fleuves et rivières du Cameroun*. Paris : ORSTOM, 722 p., 16 pl., 386 tab., 250 fig. (Monographie hydrologique ; n° 9) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/Mon_hydr/25393.pdf].

OLIVRY JC. (1988) *Opération Grands Bassins Fluviaux. Campagne Oubangui-Congo. Novembre 1988. Mesures et échantillonnage de Bangui à Brazzaville (1 200 km) en période de hautes eaux*. Montpellier : INSU ; Orstom , 49 p. (Note d'information ; n° 2).

OLIVRY JC. (1989) Transports solides sur l'Oubangui. In : *4èmes Journées Hydrologiques. Physico-Chimie des Eaux Continentales.* Montpellier : ORSTOM : 147-154 [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/colloques/26777.pdf].

OLIVRY JC., BRICQUET JP., THIÉBAUX JP., SIGHA M. (1988). Transport de matière sur les grands fleuves des régions intertropicales : les premiers résultats des mesures de flux particulaires sur le bassin du fleuve Congo. In : *Sediment Budgets : Proceedings of Porto Alegre Symposium,* 1988/12*.* Wallingford : IAHS : 509-521, 5 fig. (IAHS Publ. ; n° 174) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_35-36/41612.pdf].

OLIVRY JC., BRIQUET JP., GAC JY. (1989) *Opération Grands Bassins Fluviaux. Premiers résultats (Années 1987 à 1989)*. Montpellier : INSU ; ORSTOM, 124 p. + annexes. (Note d'information ; n° 3).

OMAR-HAROUN S. (1995) Impact de la sécheresse récente de la zone sahélo-soudanienne sur l'écoulement du Nil. *Revue de Géographie de Lyon*, 70, 3-4 : 205-213.

ORSTOM (1967) *Étalonnage de la Mbali à Boali-Usine (échelle 1) -Campagne 1966- Note préliminaire*. Bangui, 1 p., 4 tabl., 1 graph.

PENMAN HL. (1948) Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Proc. Roy. Soc. London,* A, 193 : 120-148.

PIEYNS S. (1976) *Étude hydrologique du Mpatou à Bakouma ; rapport définitif*. Paris : ORSTOM, 36 p., 22 fig., 23 tabl., 14 annexes.

PIEYNS S., GRÉARD M. (1975a) *Études hydrologiques du Mpatou à Bakouma*. Bangui : ORSTOM, 41 p., 22 fig., 19 tabl., 10 annexes.

PIEYNS S., GRÉARD M. (1975b) *Résultats des essais de débits effectués à Bakouma en 1974-1975*. Bangui : ORSTOM, 19 p.

PIN C., POIDEVIN JL. (1987) U-Pb Zircon evidence for a Pan-African granulite facies metamorphism in the Central African Republic. A new interpretation of the high-grade series of the northern border of the Congo craton. *Precambrien research*, 36, 3-4 : 303-312.

PLANCHON O., ROSIER K. (2005) Variabilité des régimes pluviométriques dans le nord-ouest de l'Argentine : problèmes posés et analyse durant la deuxième moitié du vingtième siècle. *.Annales de l'Association Internationale de Climatologie*, 2 : 55-76.

POIDEVIN JL. (1976) Les formations du précambrien supérieur de la région de Bangui (RCA). *Bull. soc. géol. Fr.*, 18, 4 : 999-1003, 4 ill.

POIDEVIN JL. (1977) Données nouvelles sur le Complexe de base de la région de Bambari (Empire Centrafricain). In : *Rapport année 1976*. Tervuren : Mus. roy. Afr. centr., Dépt. géol. min.: 143-154.

POIDEVIN JL. (1979) Échelle stratigraphique des formations précambriennes de Centrafrique. In : *Xème colloque*

géol. afric., Montpellier, 1979/04/25-27. s.l. : s.n, p. 12 (résumé).

POIDEVIN JL. (1985) Le protérozoïque supérieur de la République centrafricaine. Ann*. Mus. R. Afr. Cent., Sér. Sci Géol.,* 91, 75 p.

POIDEVIN J.L. (1991) *Les ceintures de roches vertes de la République centrafricaine (Bandas, Boufoyo, Bogoin et Mbomou). Contribution à la connaissance du Précambrien du nord du craton du Congo*. Th. : Université Blaise Pascal : Clermont-Ferrand,458 p. multigr.

POIDEVIN JL., PIN C. (1986) 2 GA U-Pb Zircon dating of Mbi granodiorite (Central African Republic) and its bearing on the chronology of the proterozoïc of Central Africa. London : *Journal of African Earth Sciences*, 5, 6 : 581-587.

POUIT G. (1959) *Carte géologique de reconnaissance au 1/500 000. Feuille Fort Crampel-Ouest, avec notice explicative*. Brazzaville : DMG-AEF, 29 p.

POUYAUD B. (1986) *Contribution à l'évaluation de l'évaporation de nappes d'eau libre en climat tropical sec ; exemples du lac de Bam et de la mare d'Oursi (Burkina-Faso), du lac Tchad et d'açudes du Nordeste brésilien*. Paris : ORSTOM, 247 p., 85 ill.., 82 graf., 113 tabl. (Études et thèses) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_2/etudes_theses/25392.pdf].

QUANTIN P. (1965) *Les sols de la République centrafricaine*. Paris : ORSTOM, 113 p. + 1 carte 1/5 000 000. (Mémoire ORSTOM ; n° 16) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_2/memoires/10964.pdf].

QUENEY P. (1974) *Éléments de météorologie*. Paris : Masson, 300 p., 155 fig.

QUID. *Fleuves : transports solides* [En ligne]. http://www.quid.fr/2007/Geographie_Et_Sciences_De_La_Terre/Fleuves/1 (consulté le 05.08.2009)

RAOUS P., GUISCAFRÉ J., BOYER JF., CRESPY A. (1990) PLUVIOM : un logiciel de gestion de données pluviométriques. In : *Systèmes d'information pour l'environnement*. Paris : ORSTOM, 1989/09/26-28. Paris : ORSTOM : 37-47. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/colloques2/30894.pdf.

RICHARD, R. (1934) La trombe et le grain orageux du 27 mai 1932 à Bangui. Paris : *Annales de Physique du Globe de la France d'outre-mer.*

RIOU C. (1975). *La détermination pratique de l'évaporation ; application à l'Afrique centrale*. Th. : Géologie : Univ. Paris 6. Paris : ORSTOM, 228 p., 99 fig. (Mémoires ORSTOM ; n° 80) [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_2/memoires/07889.pdf].

RIQUIER J. et al. (1974-1976) *Carte mondiale des sols à 1/5 000 000 : 1. Légende -6. Afrique.* Rome : FAO ; Paris : UNESCO, 307 p., 7 cartes 1/40 000 000 + 3 f. h.t.

ROBYNS W. (1948) *Les territoires phytogéographiques du Congo belge et du Ruanda-Urundi*. Bruxelles : Inst. R. Col. Belge, 240 p.

ROCHE M. (1963) *Hydrologie de surface*. Paris : Gauthier-Villard, 383 p., 204 fig., 57 tabl., 2 annexes.

ROCHE MA. (1973) *Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad*. Th. : Géol. : Univ. Paris 6, 398 p., 131 fig., 46 tabl. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/pt5/travaux_d/00328.pdf].

RODIER J. (1964) *Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'ouest du Congo*. Paris : ORSTOM, 137 p. (Mémoires ORSTOM ; n° 6)

[http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_2/memoires/11079.pdf].

RODIER J., AUVRAY C. (1965) *Estimation des débits de crues décennales pour des bassins versants de superficie inférieure à 200 km² en Afrique occidentale*. Paris : ORSTOM ; Ouagadougou : CIEH, 30 p., 13 graph., 1 carte [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/10824.pdf].

RODIER J., ROCHE M. (1973) La sécheresse actuelle en Afrique tropicale. Quelques données hydrologiques. *Hydrol. Sci. J.*, 18,4 : 411-418 [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_08-09/10150.pdf].

ROUSSILHE H. (1913) *Mission hydrographique Congo Sanaga Oubangui*. Paris : Larose, 2 vol., 464 p., 3 cartes.

RUHE RV. (1954) *Erosion surfaces of Central African interior high Plateau*. Bruxelles : INEAC, 38 p., 5 pl. (Série Sci. - INEAC ; n° 59).

SCHWEINFURTH G. (1874) *Im Herzen von Afrika (1868-1871).* Leipzig (DEU) : Brockauss, 2 vol., 599 + 561 p.

SCHWEINFURTH G. (1875) *Au coeur de l'Afrique (1868-1871)*. Paris : Hachette, 2 vol., 508 + 435 p, 139 grav., 2 cartes h-t.

SHIAU SY., DAVAR KS. (1973) Modified Penman Method for Potential evapotranspiration from forest regions. *J. Hydrol*., 18 : 349-365.

SILLANS R. (1958*) Les savanes de l'Afrique Centrale. Essai sur la physionomie, la structure et le dynamisme des formations végétales ligneuses des régions sèches de la République centrafricaine*. Paris : Lechevalier, 424 p., 134 fig., 2 pl.

SIRCOULON J. (1984) La sécheresse en Afrique de l'Ouest. Comparaison des années 1982-1984 avec les années 1972-1973. *Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol.*, 1984, 21, 4 : 75-86 [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/hydrologie/25400.pdf].

STEINBERG HO'R. (1987) Aggravation of floods in the Amazon river as consequence of deforestation ? *Geografisika Annaler*, 69A, 201-219.

SYS C. (1960). Congo belge et Ruanda-Urundi : A-Sols. Notice explicative. In : *Carte des sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi.* Bruxelles : INEAC, 84 p., 10 photogr., 1 carte à 1/5 000 000.

SOUGY J. (1982) *Carte géologique internationale de l'Afrique à 1/5 000 000 : feuilles 2 et 3.* Paris : Unesco.

THIESSEN AH. (1911) Precipitation averages for large areas. *Monthly Weather Rev.*, 39 : 1082–1084.

THIBAUT PM, (1983) *Synthèse des travaux de la convention Zaïre-BRGM, 1969-1980. Tome I : Géologie et Minéralisation de la région de l'Équateur.* Kinshasa : Dép. mines Zaïre, 163 p. avec carte h.t. 1/500 000.

THIBAUT PM, (à paraître) *Synthèse des travaux de la convention Zaïre-BRGM, 1969-1980. Tome II : Géologie et Minéralisation du Haut-Zaïre.* Kinshasa : Dép. mines Zaïre.

THIÉBAUX JP. (1987) *Opération Grands Bassins Fluviaux. Transports de matières sur l'Oubangui à Bangui. Premiers résultats (1986-1987).* Montpellier : INSU ; ORSTOM, 60 p.

TIXIER J. (1954) *Étude du seuil de Mobaye*. Bangui : ORSTOM, 4 p. + plans.

TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY P. (1969) *Monographie hydrologique du lac Tchad.* Paris : ORSTOM, 169 p., 69 fig., 32 tabl., 2 annexes.

TRIPLET JP, ROCHE G. (1971) *Météorologie générale*. Paris : École nationale de la Météorologie, 317 p.

TSCHIRART G. (1959) *Les perturbations atmosphériques intéressant l'A.E.F. méridionale*. Paris : Météorologie Nationale, 32 p., 35 fig. (Monographies de la Météorologie nationale ; n° 13).

VIAUT A. (1964) *La météorologie du Navigant*. Paris : Blondel la Rougery, 295 p., 134 fig.

WACRENIER P. (1960) *Rapport de mission 1960 dans la coupure Bangui-Ouest*. Bangui (CFA) : Archives DMG-RCA, 32 p. multigr., 8 pl. et cartes.

WACRENIER P., WOLFF JP. (1964) *Carte géologique de reconnaissance au 1/500 000. Feuille Bangui-Ouest*. Orléans : IRGM-BRGM.

WAUTERS A.J. (réd. en chef) (1894-1914) *Le Mouvement géographique* (Bruxelles).

WHITE, F. (1986) *La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique [(1981)]*]. Paris : ORSTOM -Unesco, 384 p., 1 feuilles, 3 cartes 1/5 000 000). (Recherches sur les ressources naturelles ; n°20).

WOLFF JP. (1960) *Rapport de fin de mission, coupure Yalinga-Est. Géologie*. Bangui : Archives DMG-RCA, 65 p. multigr., 8 pl.

WOLFF J.P. (1963) *Carte géologique de reconnaissance au 1/500 000. Feuille Yalinga-Est, avec notice explicative*. Orléans : BRGM, 38 p.

YAYER J. (1951) *Études hydrographiques. Rapport 1951*. s.l. :.s.n., 108 p., 37 fig., annexes.

Retour en haut du document

Retour à la liste principale

LES STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE L'OUBANGUI

par ordre alphabétique

ALINDAO	BAKALA	BAKOUMA	BALLA-KÉTÉ
BAMBALA	BAMBARI	BAMBIO	BANGASSOU
BANGUI	BANGUI (BIMBO)	BATALIMO	BIMO
BOALI (Pirogues)	BOALI (Poste)	BOALI (Usine)	BODA
BODANGA	BODOUPA	BOGOU	BOMASSANA
BOMBÉ	BOSSÉLÉ BALI	BOSSÉLÉ (Km 105)	BOUDÉLÉ
BRIA	DEMBIA	DJÉMA	DONGO
DONGOU	FODÉ	IMPFONDO	IRA - BANDA
KÉDINGUE YAWA	KEMBA	KEMBÉ	KÉRÉ
KOUANGO	LIBENGE	LILANGA	LIMASSA
LOUNGOUBA	MAHAMAT	MBATA	MOBAYE
MOBENZÉLÉ	MONGOUMBA Lobaye	MONGOUMBA Oubangui	NGANDA
NGOTTO	NGRIKO	NJDOUNDOU	OBO
OUADDA	OUANGO	OUDA KOTA	PALAMBO
RAFAÏ	SAFA	SIBUT	YALINGA
YANGANA	ZAORO YANGA	ZÉMIO	ZINGA
STATIONS de la RDC			

Retour à la liste principale

LES STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE L'OUBANGUI

Le bassin de l'Oubangui supérieur

Dans le bassin de l'Oubangui supérieur, les affluents sur lesquels existent des stations hydrométriques sont :

- le Mbomou proprement dit (Zémio, Bangassou, Ouango), le Mbokou à Obo, la Kéré à Kéré
- la Ouara (Dembia, Bogou)
- le Chinko (Rafai)

- le Mbari (Loungouba, Fodé, le Mpatou à Bakouma, la Ngoangoa à Djéma)
- les stations de la RDC sur le Uele.

BAKOUMA	BANGASSOU	BOGOU
DEMBIA	DJEMA	FODÉ
KÉRÉ	LOUNGOUBA	OBO
OUANGO	RAFAÏ	ZÉMIO
STATIONS de la RDC		

Retour à la liste principale

LES STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE L'OUBANGUI

Le bassin du moyen Oubangui

La série de stations suivantes se trouvent le long de l'Oubangui, depuis le confluent Mbomou-Uele jusqu'à l'apport de la Lobaye. Ce sont, de l'amont vers l'aval :

- Kemba
- Limassa
- Mobaye
- Kouango
- Palambo
- Bangui
- Zinga
- Mongoumba.

Ces stations se trouvent en rive droite. En rive gauche, coté RDC, il existe seulement la station de Libenge, en limite aval du Moyen Oubangui.

BANGUI	KEMBA	KOUANGO
LIBENGE	LIMASSA	MOBAYE
MONGOUMBA Oubangui	PALAMBO	ZINGA

Retour à la liste principale

LES STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE L'OUBANGUI

Les affluents du moyen Oubangui

Les affluents sur lesquels existent des stations hydrométriques sont:

- la Kotto (bac de Yalinga, Bria, Ira-Banda, Kembé, Nganda) et ses affluents (Pipi à Ouadda, Boungou à Mahamat),
- la Bangui-Kété (Alindao),
- la Ouaka (Bakala, Bambari, Bambala),
- la Kémo (Ngriko) et son affluent (Tomi à Sibut),
- l'Ombela (Bossélé),
- la Mpoko (Togbo, Boudélé, Bossélé-Bali, Bangui) et ses affluents (Koukoué à Ouda Kota, Njo à Bodoupa, Boué à Bomasana, Yangana à Yamgama, Mbali à Boali, Mbi à Bodanga),
- la Lessé (Bombé) et son affluent (Kapou à Bimo),
- la Lobaye (Zaoro-Yanga, Kédingué-Yawa, Ngoto, Loko-Safa, Mbata, Batalimo, Mongoumba) et ses affluents (Loame à Boda, Mbaere à Bambio).

ALINDAO	BAKALA	BALLA-KÉTÉ
BAMBALA	BAMBARI	BAMBIO
BANGUI (BIMBO)	BATALIMO	BIMO
BOALI (Pirogues)	BOALI (Poste)	BOALI (Usine)
BODA	BODANGA	BODOUPA
BOMASSANA	BOMBÉ	BOSSÉLÉ BALI
BOSSÉLÉ (Km 105)	BOUDÉLÉ	BRIA
IRA - BANDA	KÉDINGUE YAWA	KEMBÉ
MAHAMAT	MBATA	MONGOUMBA
NGANDA	NGOTTO	NGRIKO
OUADDA	OUDA KOTA	SAFA
SIBUT	YALINGA	YANGANA
ZAORO YANGA		

Retour à la liste principale

LES STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE L'OUBANGUI

Le bassin du bas Oubangui

Le Bas Oubangui concerne les 492 km séparant le confluent Oubangui-Lobaye de sa rencontre avec le Congo.
Son cours est, en totalité, situé en forêt dense équatoriale. Il est parsemé d'îles et encombré de bancs de sable dont l'emplacement varie d'une année à l'autre.
Les observations hydrométriques y sont très fractionnaires, les seules stations qui ont été observées pendant quelques décades sont Lilanga et Impfondo.
Nous décrirons les quelques stations dont des documents existent dans les archives du Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM, à savoir (de l'amont vers l'aval) :

- Dongo (RDC),
- Dongou,
- Impfondo,
- Mobenzélé,
- Lilanga (RDC),
- Ndjoundou.

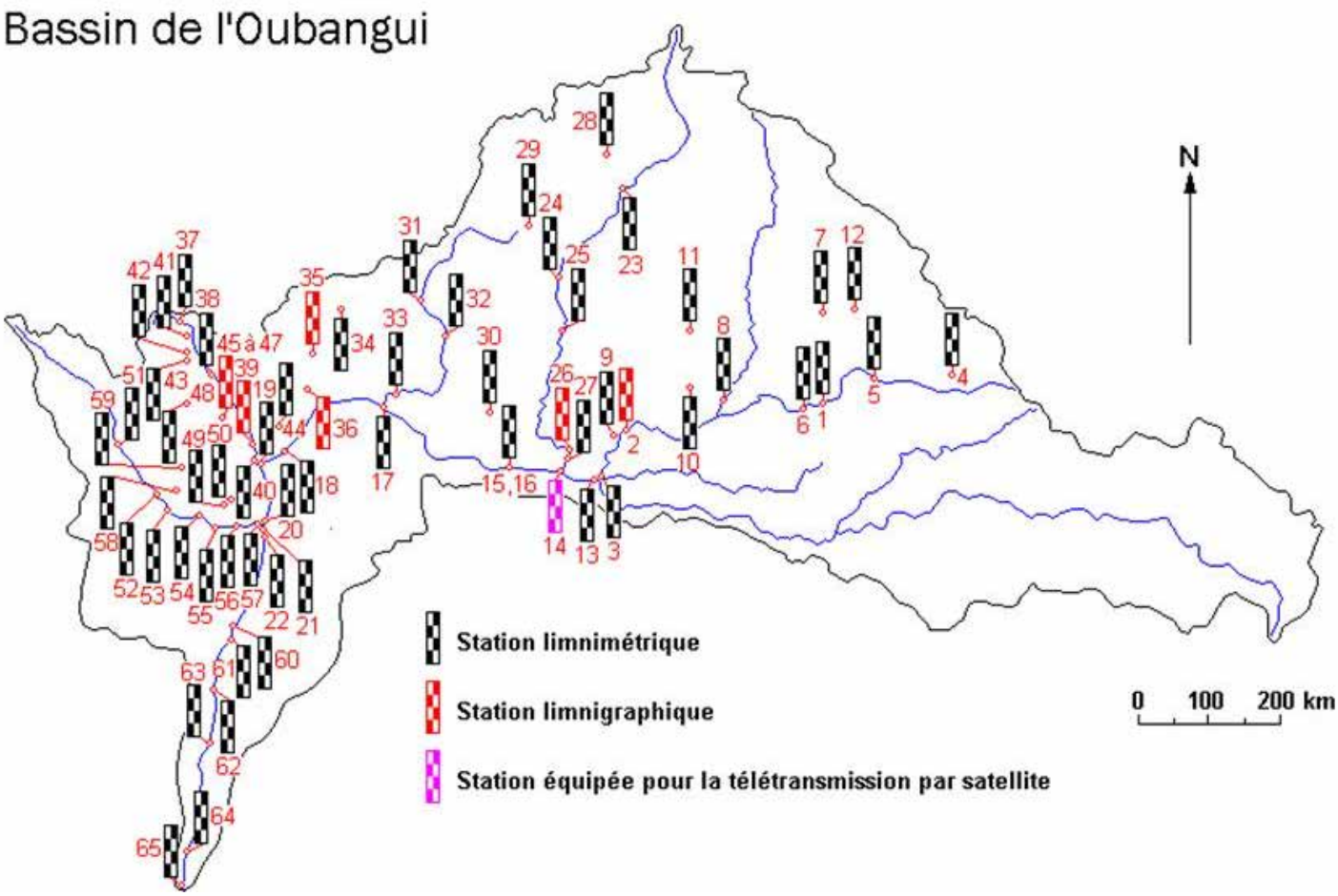
Toutes ces stations ont été installées et exploitées par les *Voies navigables*. A part les 2 stations de RDC, les 4 autres sont situées au Congo.
Il n'y a aucune station sur les quelques tributaires qui rejoignent le Bas Oubangui.
Dans son rapport de 1951, J.Yager (1951) signalait (page 39), en outre, les stations de Bolembé, Boyélé et Bétou, qui avaient un observateur permanent et 9 stations observées occasionnellement. Nous n'avons aucun document dans les archives du Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM concernant ces stations.

DONGO	DONGOU
IMPFONDO	LILANGA
MOBENZÉLÉ	NJDOUNDOU

LES STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE L'OUBANGUI

Numéro de la Figure	Matricule	Station	Cours d'eau	Latitude Nord	Longitude Est	Superficie (km²)
		Oubangui supérieur				
1	1060700220	**Zémio**	Mbomou	05°02'	025°09'	27 700
2	1060700205	**Bangassou**	Mbomou	04°44'	022°49'	119 050
3	1060700215	**Ouango**	Mbomou	04°19'	022°34'	141 000
4	1060702305	**Obo**	Mbokou	05°24'	026°30'	5 960
5	1060701605	**Kéré**	Kéré	05°21'	025°45'	3 790
6	1060702805	**Dembia**	Ouara	05°06'	024°27'	19 590
7	1060702802	**Bogou**	Ouara	05°53'	025°22'	7 330
8	1060701310	**Rafai**	Chinko	04°58'	023°55'	52 060
9	1060702210	**Loungouba**	Mbari	04°44'	022°41'	23 600
10	1060702205	**Fodé**	Mbari	05°29	023°19'	13 900
11	1060707305	**Pascale (Bakouma)**	Mpatou	05°43'	022°48'	365
12	1060704005	**Djéma**	Ngoangoa	06°03'	025°19'	7 580
		Moyen Oubangui				
13	1060700108	**Kemba**	Oubangui	04°08'	022°26'	315 000
14	1060700112	**Limassa**	Oubangui	04°14'	022°02'	398 500
15	1060700114	**Mobaye (Aval)**	Oubangui	04°19'	021°11'	403 800
16	1060700115	**Mobaye (Amont)**	Oubangui	04°19'	021°11'	403 800
17	1060700110	**Kouango**	Oubangui	04°59'	019°58'	435 000
18	1060700118	**Palambo**	Oubangui	04°42'	018°57'	484 500
19	1060700105	**Bangui**	Oubangui	04°22'	018°36'	488 500
20	1060700120	**Zinga**	Oubangui	03°43'	018°36'	521 900
21	1060700116	**Mongoumba**	Oubangui	03°38'	018°36'	553 900
22		**Libenge**	Oubangui	03°39'	018°38'	553 900
		Affluents du moyen Oubangui				
23	1060701820	**Bac Yalinga**	Kotto	07°10'	022°45'	29 700
24	1060701804	**Bria**	Kotto	06°32'	022°00'	60 590
25	1060701807	**Ira-Banda**	Kotto	05°56'	022°08'	70 430
26	1060701810	**Kembé**	Kotto	04°36'	021°55'	77 750
27	1060701815	**Nganda**	Kotto	04°19'	022°04'	81 000
28	1060705505	**Ouadda**	Pipi	08°04'	022°24'	2 500
29	1060705810	**Mahamat**	Boungou	06°46'	021°59'	16 800
30	1060701103	**Alindao**	Bangui-Kété	05°03'	021°12'	4 560
31	1060702703	**Bakala**	Ouaka	06°12'	020°23'	15 700
32	1060702705	**Bambari**	Ouaka	05°46'	020°40'	29 730
33	1060702707	**Bambala**	Ouaka	05°13'	020°11'	39 200
34	1060701505	**Ngriko**	Kémo	05°45'	019°25'	5 180
35	1060705707	**Sibut**	Tomi	05°44'	019°05'	2 610
36	1060705303	**Bossélé (km 105)**	Ombella	05°10'	018°52'	3 020
37	1060702505	**Balla-Kété (Togbo)**	Mpoko	06°02'	017°28'	200
38	1060702520	**Boudélé**	Mpoko	05°38'	017°40'	3 670
39	1060702515	**Bossélé-Bali**	Mpoko	04°32'	018°28'	10 460
40	1060702510	**Bangui (Bimbo)**	Mpoko	04°19'	018°31'	25 630
41	1060703605	**Ouda Kota**	Kokoué	05°49'	017°33'	575
42	1060705005	**Bodoupa**	Njo	05°42'	017°36'	387
43	1060703203	**Bomassa**	Boué	05°35'	017°36'	84
44	1060705905	**Yangana**	Yamgama	04°38'	018°33'	169
45	1060704603	**Boali (Poste)**	Mbali	04°49'	018°07'	4 596
46	1060704604	**Boali (ICOT)**	Mbali	04°53'	018°02'	4 410
47	1060704605	**Boali (Pirogues)**	Mbali	04°53'	018°02'	4 410
48	1060707505	**Bodanga**	Mbi	04°55'	017°38	2 260
49	1060703905	**Bombé**	Lessé	04°07'	018°14'	1 300
50	1060706505	**Bimo**	Kapou	04°18'	018°17'	
51	1060702026	**Zaoro-Yanga**	Lobaye	05°10'	016°37'	5 280
52	1060702012	**Kédingué-Yaya**	Lobaye	04°21'	017°04'	11 170

52	1060702012	Kedingue-Tawa	Lobaye	04°21'	017°04'	11 170
53	1060702021	Ngotto	Lobaye	04°03'	017°21'	15 480
54	1060702023	Safa (Terres rouges)	Lobaye	03°39'	018°06'	29 600
55	1060702016	Mbata	Lobaye	03°40'	018°18'	30 300
56	1060702008	Batalimo	Lobaye	03°40'	018°27'	30 700
57	1060702020	Mongoumma	Lobaye	03°41'	018°35'	31 100
58	1060704505	Bambio	Mbaéré	03°57'	017°01'	4 930
59	1060704203	Boda	Louarne	04°19'	017°28'	510
		Bas Oubangui				
60		Dongo	Oubangui	02°43'	018°24'	
61		Dongou	Oubangui	02°02'	018°03'	
62		Impfondo	Oubangui	01°37'	018°04'	
63		Mobenzélé	Oubangui	00°54'	017°51'	
64		Lilanga	Oubangui	00°14'	017°51'	
65		Ndjoundou	Oubangui	00°20' S	017°41'	



Les numéros correspondent à ceux de la première colonne du Tableau

Retour à la liste principale

Liste des Compléments

Complément n° 1

Transports de matières dans un bassin fluvial tropical humide en zone de forêt : l'Uélé au Zaïre

Matter transports in humid tropical watershed in forest area : the Uele river in Zaïre

Didier ORANGE

LECOM, ORSTOM, BP 84, BAMAKO (Mali)

Résumé

L'Uélé et son affluent la Bili représentent respectivement 56% et 9% des apports hydriques annuels moyens de l'Oubangui à sa naissance. Leurs bassins sont couverts à 30% pour le premier et 44% pour le second par une forêt tropicale humide. Leur débit spécifique annuel moyen est de 7,8 l/s/km^2, avec des débits spécifiques mensuels pouvant atteindre 20 l/s/km^2. Ces valeurs sont typiques de la zone bioclimatique guinéenne forestière. Elles sont largement supérieures à celles du Mbomou (de l'ordre de 4,4 l/s/km^2), affluent situé en zone de savane et avec lequel ils forment l'Oubangui. Les transports fluviaux de matières des bassins forestiers sont caractérisés par des exportations de matières dissoutes constituées à près de 50% par la MOD, par une exportation spécifique importante des éléments minéraux dissous de la litière du sol forestier et par une faible concentration de MES. L'Uélé apporte la majeure partie des matières à l'Oubangui : 62% de la MOD, 57% des TDS et 55% des MES, se traduisant par un transport dissous organique spécifique de 3,8 t/km^2/an pour 1,3 t/km^2/an pour le bassin sous savane, un transport dissous minéral de 9,4 t/km^2/an pour respectivement 5,3 t/km^2/an, et enfin une érosion mécanique de 6,4 t/km^2/an contre 4,1 t/km^2/an pour le bassin sous savane étant également le plus sec.

Mots-clés : Uélé, tropical humide, forêt dense, géochimie des eaux, flux de matières

Abstract

The Oubangui river is formed by the junction of three rivers, which are the Uele river, the Bili river and the Mbomou river. The Uele and Bili rivers bring respectively 56% and 9% of mean annual runoff of the Oubangui river at its birth point. The tropical rain forest covers 30% of the Uele catchment and 44% of the Bili catchment; their mean annual specific runoff is 7.8 l/s/km^2, with monthly specific runoff rising 20 l/s/km^2. These values are typical of the forest guinean bioclimatic zone. Indeed, they are largely above one of the Mbomou river (in order of 4.4 l/s/km^2), which is a river settled in savana zone. The matter river transports from the forest catchments are underlined by dissolved matter transport constituated of 50% of dissolved organic matter (MOD), by high specific transport of the dissolved chemical elements coming from the forest ground litter and by low load of suspended matter transport (MES). Finally, the Uele river brings the major part of the matter transported by the Oubangui river : 62% of MOD, 57% of total dissolved mineral solute (TDS) and 55% of MES. So, the specific transport of organic dissolved matter in a forest catchment is about 3.8 t/km^2/yr against only 1.3 t/km^2/yr for a savana catchment, respectively the dissolved mineral transport is about 9.4 t/km^2/yr against 5.3 t/km^2/yr, and for the mechanical erosion 6.4 t/km^2/yr against 4.1 t/km^2/yr.

Word keys : Uele river, humid tropic, rain forest, river water geochemistry, matter transport

Introduction

Les rivières africaines du domaine tropical humide et la qualité de leurs eaux sont peu connues du fait de leurs difficultés d'accès. L'Uélé est l'une d'elles. En effet, à notre connaissance et après consultation des archives belges de *l'Institut Royal de Météorologie*, une seule mesure de débits a été faite sur l'Uélé : en 1950 à Bondo sur son cours moyen (Devroey, 1961). D'ailleurs, l'importance respective des débits de l'Uélé et du Mbomou fut au cœur de la rivalité coloniale franco-belge. D'autre part, rien n'existe sur la qualité des eaux de cette rivière malgré les travaux de Symoens (1968) et Deronde & Symoens (1980).

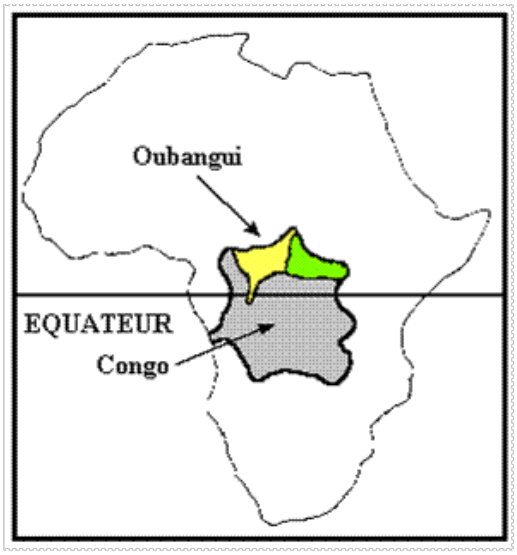


Figure : 1 - Carte de situation de la zone d'étude dans le bassin du Congo

Située entièrement en pays zaïrois, avec une longueur de 1170 km et un bassin versant de 139 700 km2, l'Uélé est une des deux branches mères de l'Oubangui, ce dernier étant le deuxième affluent du fleuve Congo par l'importance de ses apports hydriques (Figure 1). L'étude de l'Uélé a un double intérêt, indépendamment de celui de la connaissance d'une zone méconnue. Premièrement, son bassin versant étant allongé parallèlement aux isohyètes, son comportement est caractéristique d'un seul domaine climatique, en l'occurrence *le domaine tropical humide*. Deuxièmement, l'Oubangui est formé de la jonction de l'Uélé et du Mbomou. Or ces deux rivières ont des bassins versants relativement équivalents en superficie mais contrastés par leurs couvertures végétale et pédologique du fait de leur appartenance à deux domaines climatiques différents (Boulvert, 1986). Le bassin de l'Uélé est entièrement situé en zone bioclimatique *guinéenne forestière*, domaine de la forêt dense humide et des sols ferralitiques moyennement indurés. Par contre, la majeure partie du bassin du Mbomou est située en zone *soudano-oubanguienne*, domaine de la savane arbustive et formée de sols ferralitiques moyennement indurés à très indurés, la zone *guinéenne forestière* ne couvrant que la partie aval de ce bassin (Figure 2). Le suivi comparatif de la qualité des eaux de ces deux affluents permet donc de donner un aperçu de la spécificité de l'érosion et de l'altération de paysages tropicaux situés en zone continentale en fonction du domaine climatique.

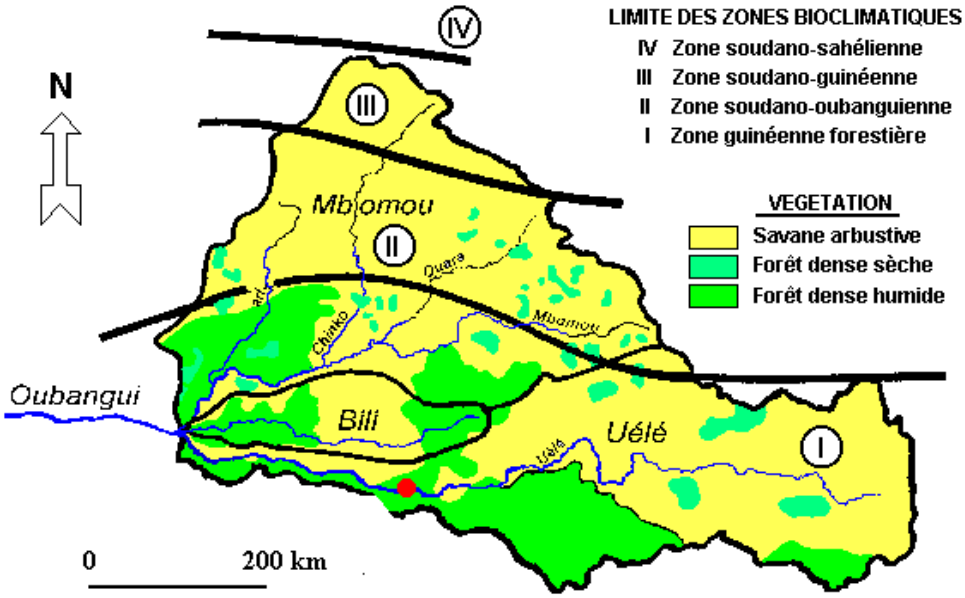


Figure : 2 - Carte de végétation du bassin versant supérieur de l'Oubangui et limite des zones climatiques (Boulvert, 1986)

Après avoir dressé le bilan hydrologique régional de l'ensemble Uélé-Mbomou, les caractéristiques hydrochimiques des eaux de surface sont présentées ainsi que leurs variabilités annuelles et mensuelles. Enfin, une typologie de ces eaux de surface drainant en partie la forêt tropicale humide est discutée par rapport à celle des eaux drainant la savane soudano-oubanguienne.

I - Caractéristiques physiques des bassins de l'Uélé, de la Bili et du Mbomou

L'Uélé prend sa source dans les Monts Bleus à 1620 m d'altitude, non loin à l'Est du lac Albert sur la frontière zaïro-ougandaise, tandis que le Mbomou naît sur la frontière soudano-centrafricaine à seulement 1054 m d'altitude. Entre le village Yakoma au Zaïre et le village Béma en Centrafrique, l'Uélé rejoint le Mbomou à une altitude de 395 m pour former l'Oubangui. De ce point de confluence, l'Oubangui parcourt 600 km pour arriver à Bangui puis encore 600 km pour se jeter dans le fleuve Congo.

La rivière Uélé est plus longue que le Mbomou, respectivement 1170 km et 965 km, alors que la superficie de son bassin versant est légèrement inférieure, 139 700 km^2 contre 153 900 km^2 pour le Mbomou. Le bassin versant de l'Uélé représente 22% de la superficie du bassin de l'Oubangui à Bangui, sa pente moyenne est relativement forte par rapport aux grands cours d'eau de la région (1,1 m/km contre 0,67 m/km pour le bassin du Mbomou par exemple). Il faut noter l'existence d'une petite rivière de 360 km de long nommée Bili à la confluence Uélé-Mbomou et dont l'étude est associée à celle de l'Uélé. Cette petite rivière est du type " *coca-cola river* ", caractérisé par des eaux limpides marron foncé (couleur liée à la présence importante de matière organique dissoute) et commun en zones inondées de forêts tropicales humides ; son bassin versant (d'une superficie de seulement 21 400 km^2) est imbriqué entre celui de l'Uélé et celui du Mbomou (Figure 2).

L'ensemble Uélé-Bili est situé entre 5° et 3° de latitude Nord, en zone guinéenne forestière. Pour ces deux rivières, leur bassin versant est très allongé d'Est en Ouest, parallèlement aux isohyètes. D'après la moyenne pluviométrique interannuelle 1951-1989 (L'Hôte & Mahé, 1995), les isohyètes 1600 mm/an et 1700 mm/an encadrent le bassin de la Bili et l'Ouest du bassin de l'Uélé (soit l'aval du bassin) ; à l'Est, le bassin amont de l'Uélé est centré entre les isohyètes 1500 mm/an et 2000 mm/an, cette partie correspondant à l'unique zone de relief du bassin. Par contre, le bassin du Mbomou est encadré par les isohyètes 1500 mm/an et 900 mm/an à l'extrémité nord. La forêt dense humide (Tableau 1) représente 44% du bassin de la Bili, 27% du bassin de l'Uélé et seulement 17% du bassin du Mbomou uniquement dans sa partie aval (Figure 2) ; le reste de la couverture végétale est constitué d'une savane arbustive ou arborée (Boulvert, 1986). Les bassins de l'Uélé et de la Bili sont entièrement recouverts de sols ferralitiques moyennement indurés, alors que le bassin du Mbomou possède aussi pour près de 20% des sols ferralitiques très indurés et quelques sols jeunes (Tableau 1) (Callède *et al*., 1992).

Tableau 1 - Répartition surfacique (en %) des paramètres physiographiques des bassins de l'Uélé, de la Bili et du Mbomou

	Végétation			Pédologie					Lithologie				
	FH	FS	SV	SJ	STI	SMI	SPI	SNI	RP	RG	RD	RC	RV
Uélé	27	4	70	0	0	100	0	0	76	0	13	7	4
Bili	44	0	56	0	0	100	0	0	45	0	17	0	38
Mbomou	17	3	80	4	18	78	0	0	60	1	9	7	23

FH : forêt humide ; FS : forêt sèche ; SV : savane,

SJ : sol jeune ; STI, SMI, SPI, SNI : sols respectivement très, moyennement, peu, non indurés ;

RP : roche plutonique ; RG : r. gréseuse ; RD : r. détritique ; RC : r. carbonatée ; RV : r. volcanique.

La géologie des trois bassins est équivalente (Tableau 1). Ils sont constitués sur leur partie amont et centrale de quartzites, schistes, micaschistes, gneiss et d'un ensemble granitique, et sur leur partie aval d'un complexe basique formé essentiellement d'amphibolites (Mestraud, 1982). Il faut noter la présence (7% de la superficie) d'un ensemble schisto-gréseux associé à un ensemble calcaro-dolomitique sur le bassin du Mbomou et supposée mais non confirmée sur l'axe fluvial amont de l'Uélé.

II - Hydrologie du Mbomou, de l'Uélé et de la Bili à leur confluence

Bien que *l'Institut Royal Colonial Belge* ait mis en place très tôt au début du siècle un réseau d'observation de hauteurs d'eau sur un nombre important de rivières du Zaïre, l'Uélé et la Bili sont restés en-dehors des programmes hydrographiques du fait de leurs grandes difficultés d'accès et du peu de population dans leur bassin. La seule chronique de hauteurs d'eau retrouvée pour l'Uélé concerne uniquement l'année 1950 à la ville de Bondo (Figure 2); cette année-là a d'ailleurs eu lieu le seul jaugeage connu sur cette rivière (Devroey, 1961). Pour la Bili, rien n'existe. Les dernières données hydrométriques disponibles datent de 1978 (Van Frachen, 1980). Pour les années récentes 1986-1993, correspondant à la période d'étude, les mesures hydrologiques ont été rendues impossibles en raison de l'insécurité de la zone. Seuls le Mbomou et l'Oubangui, situés en République Centrafricaine, possèdent des lectures hydrométriques associées à des courbes d'étalonnage fiables (Callède *et al*., 1992 ; Orange, 1995).

1. Hydrologie du Mbomou

Les débits du Mbomou à la confluence avec la Bili ont été calculés à partir des débits obtenus d'après les lectures limnimétriques effectuées sur le Mbomou et le Mbari respectivement en amont de leur confluence (Orange, 1995 ; Wesselink *et al*., 1996). Le débit annuel moyen de 1986 à 1993 est de 680 m^3/s. Le débit moyen mensuel est maximum en octobre avec 1800 m^3/s et minimum en mars avec 130 m^3/s. La variabilité interannuelle du module hydrologique annuel est relativement faible durant la période étudiée : on passe de 800 m^3/s en 1993/1994 à 560 m^3/s en 1990/1991, soit un coefficient de variation de 1,4.

2. Reconstitution hydrologique des bassins de l'Uélé et de la Bili

Par contre, les débits mensuels de l'Uélé et de la Bili à leur exutoire ont dû être reconstitués pour la période récente d'étude 1986-1993 (Orange, 1995 ; Orange *et al*., 1995b ; Orange, 1996), à partir d'une part des données limnimétriques de cette période de l'Oubangui à Limassa (station hydrométrique située à 40 km en amont de la confluence Uélé-Mbomou), d'autre part des archives de *l'Institut Royal de Météorologie* à Bruxelles, et notamment des travaux de Bultot (1959), de Lempicka (1972) et de Van Frachen (1980).

La reconstitution a été établie selon trois hypothèses successives. Premièrement, on admet que les relations statistiques existant entre les débits des rivières de la région restent inchangées au cours des vingt dernières années, d'autant plus que cet intervalle de temps est entièrement situé durant la période hydroclimatique sèche ayant débutée en 1971 (Wesselink *et al*., 1996) et que par ailleurs la comparaison d'imagerie satellitaire entre les années 1970 et les années 1990 ne montrent pas de déforestation notable (Maley, 1990). Deuxièmement, on admet que deux rivières de même comportement hydrologique, défini par Bultot (1959), et de surface de bassin équivalente ont des débits spécifiques mensuels égaux. Ces deux hypothèses successives ont permis de reconstituer les débits mensuels de la Bili à partir des débits mensuels d'une rivière zaïroise observée de 1971 à 1976 (Van Frachen, 1980), l'Itimbiri à Akéti situé à 200 km au sud de la Bili dans les mêmes contextes physiographique et pluviométrique (L'Hôte & Mahé, 1995) et dont le coefficient de corrélation avec l'Oubangui à Limassa est de 0,93 (Orange, 1995). Enfin, la troisième hypothèse, permettant de reconstituer les débits mensuels de l'Uélé, admet que le débit de l'Oubangui à la confluence représente la somme des débits des trois affluents constitutifs de l'Oubangui. Les débits mensuels utilisés dans cette dernière étape résultent de débits journaliers observés pour l'Oubangui et le Mbomou à la confluence, cet encadrement observé et la faible importance relative des écoulements de la Bili par rapport à ceux de l'Uélé et du Mbomou, permet d'affirmer que la reconstitution hydrologique proposée est probablement acceptable à 10%.

3. Bilan hydrologique régional et lame d'eau précipitée

De 1986 à 1993, l'Uélé a eu un débit annuel moyen estimé de 1090 m^3/s, les extrêmes étant de 1450 m^3/s en 1988 et 880 m^3/s en 1990. Cette reconstitution hydrologique sur la période récente montre que 56% de l'écoulement annuel moyen de l'Oubangui proviennent de l'Uélé (Tableau 2). De plus, la Bili apporte 9% à cet écoulement de l'Oubangui, ce qui fait un total de 65% pour la contribution des bassins à écoulement sous forêt tropicale humide dans les écoulements de l'Oubangui (Figure 3). Finalement, l'Uélé est bien la branche mère de l'Oubangui (Callède *et al*., 1992).

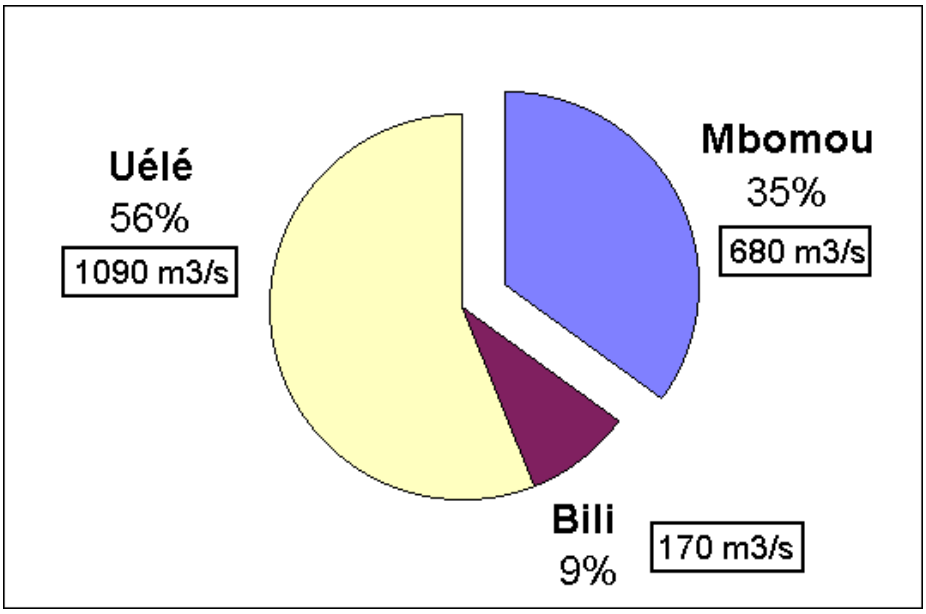


Fig. 3 - Répartition régionale des écoulements à la confluence Uélé-Bili-Mbomou

Tableau 2 - Répartition des écoulements entre l'Uélé, la Bili, le Mbomou et bilans hydrologiques (période 1986-1993)

	Sup.	Qan	Qs	R	Bilans hydrologiques		
	(km^2)	(m^3/s)	($l/s/km^2$)	(%)	P(mm)	Q(mm)	CE(%)
Uélé	139 700	1090	7,8	**56**	1722	246	**14**
Bili	21 400	170	7,8	**9**	1654	251	**15**
Mbomou	153 900	680	4,4	**35**	1337	139	**10**

Sup. : superficie du bassin versant ; Qan : débit annuel moyen ; Qs : débit spécifique ; R : participation à l'écoulement de l'Oubangui ; P : pluviométrie ; Q : écoulement ; CE : coefficient d'écoulement.

Ces débits annuels correspondent à des débits spécifiques annuels variant selon l'année entre 6,3 et 10,4 $l/s/km^2$, la moyenne interannuelle étant de 7,8 $l/s/km^2$. Ces valeurs (Tableau 2) sont largement supérieures à celles du Mbomou (4,4 $l/s/km^2$), qui draine une superficie de forêt humide inférieure, et surtout dont les savanes sont situées à l'amont du bassin versant en zone soudano-oubanguienne beaucoup plus sèche que la zone guinéenne forestière couvrant l'ensemble du bassin de l'Uélé (Figure 2).

La lame d'eau précipitée moyenne annuelle a été calculée par la méthode du vecteur régional jusqu'en 1989 (Mahé *et al*., 1994) puis la méthode de Thiessen jusqu'en 1992 (Orange *et al*., 1994). Sur la période 1986-1992, la lame d'eau précipitée moyenne a été de 1720 mm/an pour le bassin de l'Uélé, 1655 mm/an pour celui de la Bili et seulement 1335 mm/an pour celui du Mbomou (Orange *et al*., 1994 ; Orange & Ghiloufi, 1996).

Les bassins de l'Uélé et de la Bili sont donc bien des bassins à fort caractère humide par rapport à celui du Mbomou, où le déficit pluviométrique enregistré par rapport aux deux bassins humides est de l'ordre de 20%. L'évolution pluviométrique interannuelle est sensiblement la même pour ces trois bassins. Les années les plus sèches sont 1988, 1989 et 1992. Les années les plus pluvieuses sont 1987 (à l'exception du Mbomou où cette année est plutôt déficitaire) et 1991, correspondant aux cycles hydrologiques aux plus forts écoulements de 1988 et 1992 (Figure 4). Le pic de crue le plus faible pour l'Uélé s'est produit lors du cycle hydrologique 1993/1994 ; on note d'ailleurs que cette année-là les pics de crue de l'Uélé et du Mbomou ont été de même amplitude (Figure 4). Enfin, la variabilité interannuelle du module hydrologique annuel et du débit de pointe de crue est plus forte pour l'Uélé que pour le Mbomou.

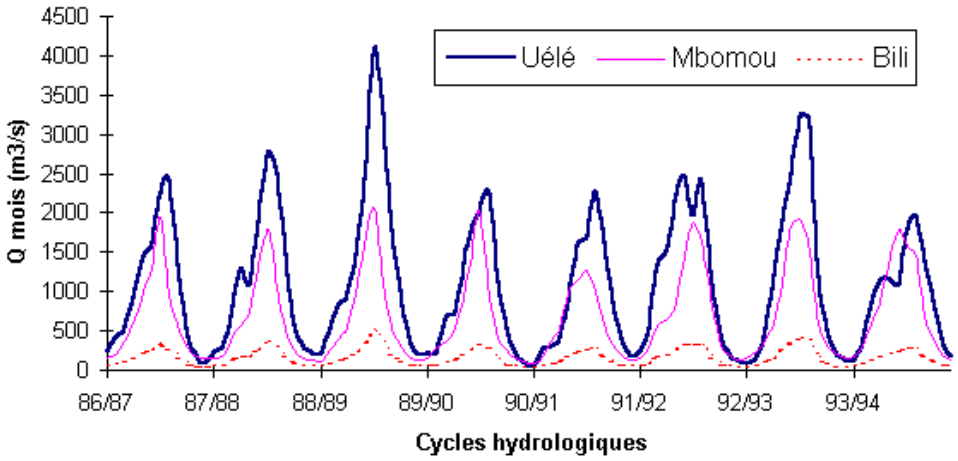


Fig. 4 - Evolution mensuelle des débits de l'Uélé, du Mbomou et de la Bili (1986-1993)

Les coefficients d'écoulement (Tableau 2) sont de l'ordre de 15% pour les bassins les plus humides et de 10% pour le Mbomou, valeur typique d'un bassin versant dont l'écoulement se fait principalement sous savane.

4. Variabilité saisonnière des écoulements

Comme tous les fleuves de la zone tropicale, l'Uélé, la Bili et le Mbomou ont un hydrogramme annuel unimodal. Dans cette région, la montée des eaux commence en avril pour atteindre son maximum en octobre-novembre (Figure 5). Elle est progressive, alors que la descente des eaux est rapide. Ce caractère est très prononcé pour l'Uélé : de novembre à décembre, le débit moyen mensuel de l'Uélé passe de 2550 m^3/s à 1500 m^3/s, soit une diminution de 40% en un mois.

Les apports hydriques de l'Uélé et du Mbomou sont équivalents en saison sèche. Mais les écoulements de l'Uélé prennent de plus en plus d'importance au cours de la crue. D'une part, les débits mensuels extrêmes de l'Uélé passent de 150 m^3/s en mars à 2550 m^3/s en novembre, alors que pour le Mbomou les débits mensuels extrêmes varient entre 130 m^3/s en mars et 1795 m^3/s en octobre ; d'autre part, les eaux du Mbomou commencent à baisser dès octobre, un mois avant l'Uélé (Figure 5). Ainsi, au maximum de la crue en novembre, les écoulements de l'Uélé représentent 68% des écoulements de l'Oubangui. L'évolution mensuelle des écoulements de la Bili est intermédiaire entre celles de l'Uélé et du Mbomou. Pour ces trois rivières, la somme des écoulements des mois de septembre-octobre-novembre représente 50% de l'écoulement annuel.

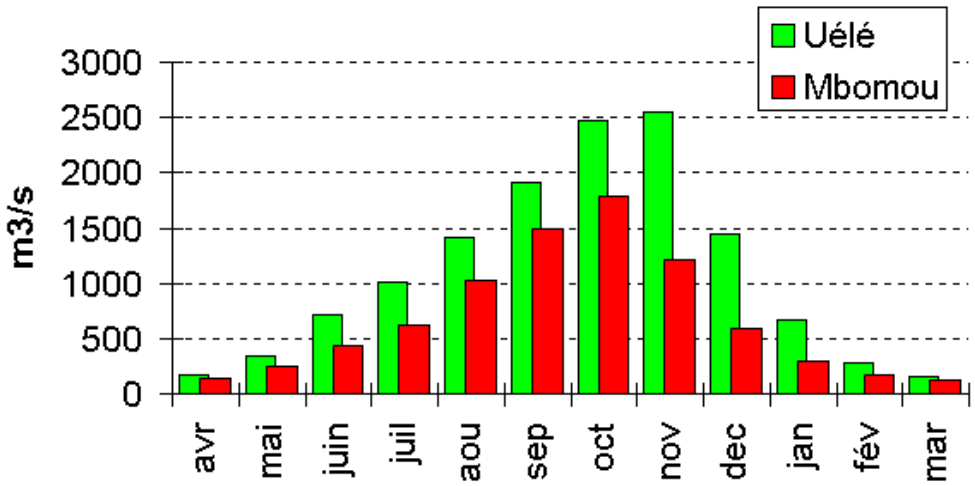


Fig. 5 - Répartition mensuelle moyenne des écoulements de l'Uélé et du Mbomou (1986-1993)

Enfin, des débits spécifiques mensuels très largement supérieurs à 10 $l/s/km^2$ pour l'Uélé et la Bili caractérisent le fonctionnement hydrologique de cours d'eau drainant des zones de forêt tropicale humide (Bricquet, 1995). En octobre et novembre, les débits

spécifiques mensuels sont de 18 l/s/km^2 pour l'Uélé et 16 l/s/km^2 pour la Bili alors que le Mbomou a des débits spécifiques mensuels légèrement inférieurs à 12 l/s/km^2. Cependant, il faut noter que les débits spécifiques mensuels sont inférieurs à 5 l/s/km^2 dès le mois de novembre pour le Mbomou et dès décembre pour l'Uélé et la Bili, cela respectivement jusqu'en juillet et juin inclus.

III - Protocoles de mesures et méthode de calcul des flux de matières

De octobre 1991 à novembre 1994, des prélèvements d'eau de un litre ont été effectués chaque mois, à un mètre de fond directement dans un flacon en polyéthylène et au milieu de la section du cours d'eau, aux biefs de Yakoma sur l'Uélé, de Kolico sur la Bili et de Tondomazouma sur le Mbomou (Orange *et al*., 1995a). Ces 3 points de prélèvements se situent dans un rayon de 1 à 2 km autour de la confluence. Ensuite l'échantillon a été stocké à l'abri de la lumière. Pour chaque station, 25 échantillons mensuels ont pu être ainsi collectés.

Entre une semaine et trois mois après le prélèvement, selon les difficultés d'acheminement de l'échantillon au *Laboratoire d'Hydrologie* de l'ORSTOM à Bangui, un litre du prélèvement est filtré par aspiration sur filtre en acétate de cellulose de 47 mm de diamètre et de 0,2 µm de porosité. Le filtre est utilisé pour la détermination par pesée de la concentration en matières en suspension (MES), correspondant en fait à la fraction granulométrique sableuse additionnée de la fraction granulométrique fine. Le filtrat est utilisé d'une part pour l'analyse chimique des éléments minéraux dissous (Ca2+, Mg2+, K+, Na+, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3- et SiO2) au *Laboratoire des Formations Superficielles* de l'ORSTOM à Bondy (France) selon la méthodologie analytique présentée par Sondag *et al*. (1995), et d'autre part pour la détermination de la concentration de matières dissoutes totales par pesée du résidu sec à 105°C de 500 ml de filtrat.

N'ayant qu'un échantillon par mois, les données ponctuelles sont assimilées à la valeur mensuelle du paramètre considéré. Les tonnages mensuels sont calculés à partir des concentrations mensuelles ainsi estimées multipliées par le débit mensuel. La concentration moyenne annuelle représente le flux annuel de matière divisé par le débit annuel, ce qui correspond à une moyenne des concentrations mensuelles pondérées par les débits mensuels.

IV - Les flux de matières

1. Qualité chimique minérale des eaux et évolution mensuelle de la charge minérale dissoute totale

Les eaux de l'Uélé et de la Bili sont bicarbonatées calco-sodiques alors que les eaux du Mbomou sont bicarbonatées calciques (Tableau 3). Comme pour la plupart des eaux de rivières d'Afrique de l'Ouest et Centrale (Gac, 1980 ; Meybeck, 1984 ; Martins & Probst, 1991), les bicarbonates et la silice sont les deux espèces minérales dissoutes largement majeures ; elles représentent près de 80% de la masse minérale totale dissoute TDS.

Tableau 3 - Composition chimique moyenne annuelle des eaux de l'Uélé, de la Bili et du Mbomou (en mg/l)

	Ca	Mg	K	Na	HCO_3	Cl	NO_3	SO_4	SiO_2	TDS	MOD	MES
Uélé	2,2	1,0	1,3	2,1	16,8	0,7	0,4	0,5	13,3	38,0	15,1	25,8
Bili	1,7	0,9	1,3	1,5	11,5	0,8	1,1	1,1	11,6	31,6	23,8	21,8
Mbomou	2,9	1,5	1,2	1,2	19,2	0,6	0,3	0,4	11,0	38,2	9,0	29,2

TDS : charge minérale totale dissoute ;
MOD : matière organique dissoute ;
MES : matières en suspension.

Les plus fortes concentrations en calcium et bicarbonates des eaux de l'Uélé et du Mbomou par rapport à celles de la Bili (Tableau 3) confirment l'existence de bancs carbonatés sur ces deux bassins, dont la répartition est estimée à 7% de la surface de chacun (Tableau 1). On note aussi la plus forte teneur en magnésium des eaux du Mbomou qui peut s'expliquer soit par un chimisme des bancs carbonatés différent de ceux de l'Uélé et soit également par la présence plus importante de sols ferrugineux sous savane.

Pour les autres ions analysés, à savoir le sodium, les chlorures, les nitrates et les sulfates, et dans une moindre mesure le

potassium, leur concentration est toujours supérieure dans les eaux de l'Uélé et de la Bili (Tableau 3). Tous ces ions sont fortement associés aux cycles biogéochimiques des espèces végétales et les retrouver principalement dans les eaux des bassins forestiers est tout à fait logique. Les teneurs en nitrates et sulfates dans les eaux de la Bili sont très largement supérieures à celles des deux autres rivières. En effet, en l'absence de pyrite dans les bassins versants considérés, ces deux anions caractérisent des bassins situés en zone de forêt : le bassin de la Bili est bien celui où la forêt humide est la plus fortement représentée, 44% de la superficie du bassin (Tableau 1). De plus, ce bassin étant beaucoup plus petit que celui de l'Uélé (1/7), les caractéristiques liées aux écoulements sous forêt y sont mieux exprimées. Enfin, on note la plus forte teneur en sodium dans les eaux de l'Uélé, caractéristique non expliquée.

En terme d'évolution mensuelle des concentrations, les éléments minéraux dissous ont un comportement classique de dilution de leur concentration au cours de la montée des eaux (Orange, 1992 ; Probst *et al*., 1992 ; Orange *et al*., 1995a), se traduisant par une augmentation des teneurs au cours de la saison sèche pendant que les eaux descendent puis diminution des teneurs au cours de la montée des eaux, à l'exception de la silice qui a un comportement inverse (concentration minimale de janvier à avril pendant les hautes eaux) du fait de sa participation aux cycles nutritifs d'espèces végétales supérieures et planctoniques (Wollast & Mackenzie, 1983). Les concentrations les plus variables sont partout celles du sodium et du potassium. Dans les eaux de la Bili, les anions chlorures, sulfates et nitrates montrent également une très forte variabilité, variabilité toute relative cependant puisque les eaux de cette rivière montrent la plus grande stabilité de leur charge minérale totale dissoute TDS au cours de l'année (variation entre 28 mg/l en octobre et 36 mg/l en juin) (Figure 6). La minéralisation des eaux de l'Uélé montre une variation annuelle un peu plus importante (entre 34 mg/l en octobre et 53 mg/l en avril) ; et ce sont surtout les eaux du Mbomou qui ont la plus grande amplitude de variation annuelle de leur minéralisation (entre 34 mg/l en novembre et 64 mg/l en mai), malgré un coefficient de variation mensuelle hydrologique plus faible. La plus grande variabilité de la charge minérale dissoute TDS des eaux de surface au cours du cycle hydrologique dans le bassin le plus sec (le bassin du Mbomou) est liée au fait que ses eaux sont les plus influencées par l'évaporation alors que sur les bassins les plus humides le couvert végétal plus important, et notamment la présence de forêt, est un agent protecteur efficace toute l'année contre cette évaporation.

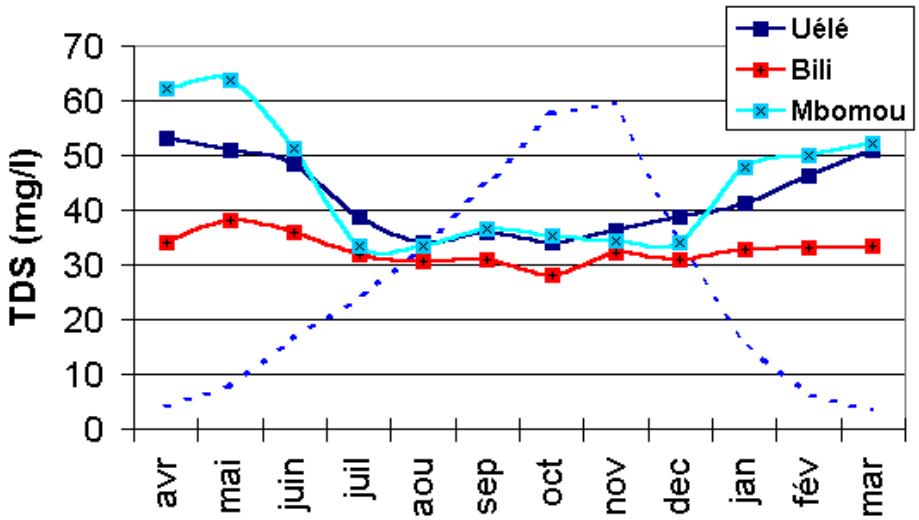


Fig. 6 - Evolution au cours du cycle hydrologique de la concentration en matières dissoutes totales (TDS) des eaux de l'Uélé, de la Bili et du Mbomou (en pointillé, hydrogramme mensuel de l'Uélé)

2. Evolution mensuelle des concentrations de matières en suspension au cours du cycle hydrologique

L'évolution mensuelle des concentrations en matières en suspension (MES) de l'Uélé est intermédiaire entre celles du Mbomou et de la Bili (Figure 7).

En effet, les eaux du Mbomou ont une évolution classique de leur concentration en MES au cours du cycle hydrologique. Comme pour la plupart des grands cours d'eau du domaine climatique soudanien (Kattan *et al*., 1987 ; Olivry *et al*., 1988 ; Orange, 1992 ; Probst, 1992), la teneur en MES augmente avec la montée des eaux pour atteindre son maximum (50 mg/l) avant la maximum de hauteur d'eau (maximum en août-septembre pour une pointe de crue en octobre), puis décroît pour atteindre son minimum dès janvier. Ce schéma traduit directement les capacités érosives du bassin qui sont conditionnées par la mise en place du couvert

végétal après les premières pluies efficaces (Orange *et al*., 1995a ; Orange & Ghiloufi, 1996).

Par contre, la concentration en MES des eaux de la Bili a une évolution mensuelle beaucoup plus stable (Figure 7). D'une concentration minimale en mars-avril, elle augmente rapidement dès la reprise des écoulements pour être en juin à une teneur qui évoluera peu au cours de la crue, de l'ordre de 25 mg/l. A partir de décembre, cette concentration diminue progressivement et lentement pour atteindre son minimum en mars. En effet, les concentrations en janvier puis février sont encore relativement élevées par rapport aux deux autres bassins. On voit dans cette évolution le rôle de filtre que joue le couvert forestier, qui intervient avec la même efficacité vis-à-vis de la protection des sols à l'érosion tout au long de la saison des pluies.

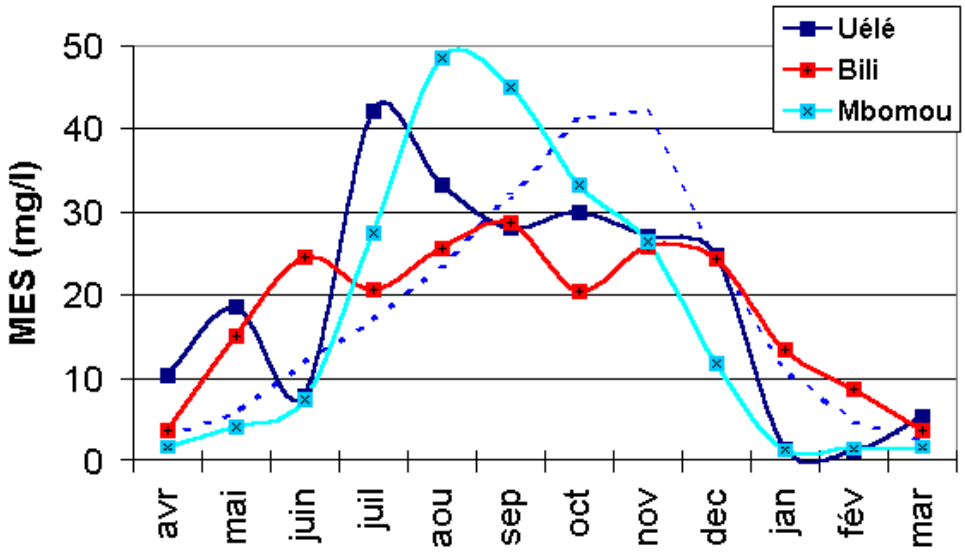


Fig. 7 - Evolution au cours du cycle hydrologique de la concentration en matières en suspension (MES) des eaux de l'Uélé, de la Bili et du Mbomou (en pointillé, hydrogramme mensuel de l'Uélé)

La courbe d'évolution des concentrations en MES de l'Uélé est intermédiaire entre ces deux schémas (Figure 7). Comme pour le Mbomou, les concentrations sont extrêmement faibles en janvier et février (de 1 à 2 mg/l), et commencent à augmenter dès le mois de mars. Le pic de concentration (de l'ordre de 40 mg/l) est atteint un mois avant celui du Mbomou puis la concentration diminue régulièrement jusqu'en décembre pour chuter ensuite à son minimum en janvier.

3. Evolution mensuelle des concentrations de matières organiques dissoutes au cours du cycle hydrologique

La concentration en matières organiques dissoutes (MOD) des eaux est calculée par différence entre la concentration en charge minérale dissoute (TDS) et la concentration en matières dissoutes totales obtenue par pesée du résidu sec. Cette concentration en MOD est donc une estimation et non une mesure directe de celle-ci. Cependant cette méthode qualitative permet d'avoir une image réaliste de l'évolution de la teneur en matières organiques dissoutes des eaux.

Les eaux de la Bili ont les eaux les plus organiques (Figure 8) ; On note deux pointes de concentration en juillet et décembre, non expliquées, et surtout une présence de matières organiques pratiquement tous les mois de l'année, à l'exception du début de crue (en mai et juin). A l'opposé, les eaux du Mbomou sont les eaux les moins organiques, la MOD étant absente tout au long de la saison sèche, de janvier à juin inclus. On note un pic de concentration en juillet, précédent d'un mois le pic de concentration en MES, et diminution ensuite. Pour l'Uélé, le schéma d'évolution est encore une fois intermédiaire entre celui des deux autres bassins. Cette évolution de l'Uélé correspond à celle de l'Oubangui à Bangui (Orange *et al*., 1995a).

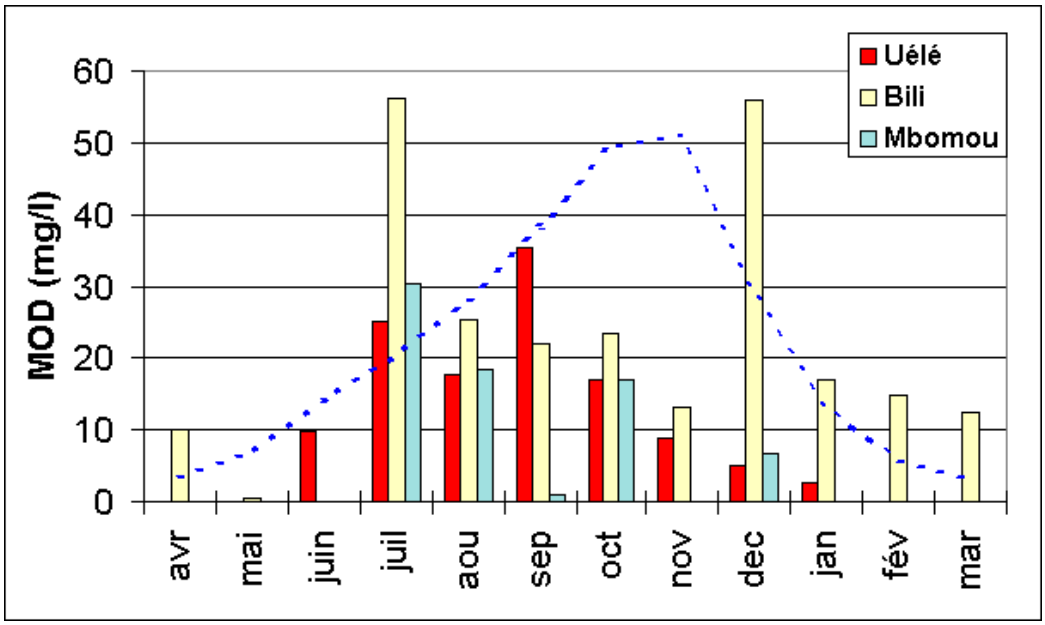


Fig. 8 - Répartition mensuelle moyenne de la concentration en matières organiques dissoutes (MOD) des eaux de l'Uélé, de la Bili et du Mbomou (en pointillé, hydrogramme mensuel de l'Uélé)des écoulements de l'Uélé et du Mbomou (1986-1993)

De façon générale, dans cette zone géographique, les fortes teneurs en matières organiques dissoutes des eaux de surface durant la période des hautes eaux sont expliquées par le rinçage des solutés organiques très concentrés en zone de forêt, inondée à cette époque (Symoens, 1968 ; Nkounkou & Probst, 1987 ; Olivry *et al*., 1988 ; Barreau, 1992).

4. Classification des eaux en fonction de la superficie de forêt humide

A partir des trois bassins versants étudiés, il est intéressant de chercher à établir une typologie des eaux en fonction des paramètres physiographiques des bassins. Pour cela, on s'intéresse à la concentration moyenne annuelle de TDS (matières minérales totales dissoutes), MOD (matières organiques dissoutes) et MES (matières en suspension). Le paramètre physiographique pris en compte est le pourcentage de superficie de forêt humide du bassin. Enfin, pour mieux situer le rôle de cette forêt sur la qualité des eaux de surface, on utilise également les rapports HCO_3/SiO_2 et MOD/TDS. Le premier caractérise l'intensité de l'altération, l'altération carbonatée conduisant à de plus fortes valeurs de ce rapport que l'altération silicatée. Pour le deuxième rapport mentionné, on comprend facilement qu'une forte valeur de ce rapport souligne une eau très fortement organique.

Les eaux de l'Uélé et du Mbomou ont une charge minérale dissoute (TDS) semblable, de l'ordre de 38 mg/l, supérieure à celle de la Bili (32 mg/l) (Tableau 3). La charge organique dissoute (MOD) est par contre beaucoup plus importante dans les eaux de la Bili (24 mg/l), que celles de l'Uélé (15 mg/l) et du Mbomou (9 mg/l). Enfin, la teneur en matières en suspension (MES) varie significativement mais peu, entre une charge en suspension moyenne annuelle faible pour la Bili (22 mg/l) et très légèrement supérieure pour l'Uélé (26 mg/l) puis le Mbomou (29 mg/l).

MOD et MES montrent une évolution linéaire très nette en fonction de la superficie d'occupation de forêt humide. La MOD augmente avec la forêt alors que les MES diminuent (Figure 9). L'évolution des TDS en fonction de la répartition de forêt est moins évidente, du fait de la plus faible amplitude de variation des TDS, mais surtout du fait de l'interaction dans cette variable chimique d'un autre paramètre physiographique important : la lithologie, non prise en compte ici.

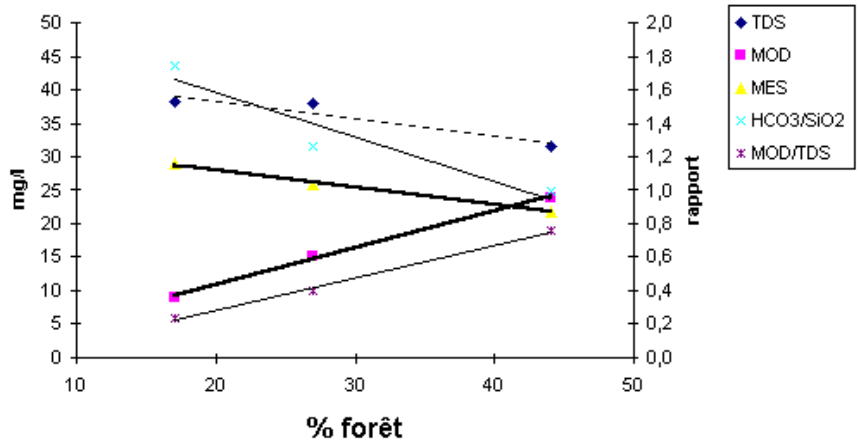


Fig. 9 - Evolution des paramètres caractéristiques des eaux en fonction de la superficie de forêt

Le rapport HCO_3/SiO_2 diminue avec l'augmentation de forêt alors que la répartition en superficie des carbonates est équivalente dans les bassins de l'Uélé et du Mbomou (Tableau 1). En fait, la diminution du rapport HCO_3/SiO_2 entre le Mbomou et l'Uélé indique une activité plus intense de l'altération des roches silicatées sur ce dernier bassin nettement plus humide. Cette tendance est confirmée sur le bassin de la Bili par la valeur élevée du transport spécifique de silice dans ces eaux de surface. Par contre, la plus faible valeur de ce rapport pour le bassin de la Bili, par rapport à l'Uélé, est alors plus liée à l'absence de roches carbonatées sur ce dernier bassin qu'à une intensification de l'altération silicatée.

Classiquement, le rapport MOD/TDS croît avec l'augmentation de forêt (Figure 9). On note le parallélisme de la droite d'évolution avec celle des MOD, liée avant tout à la faible variation des TDS.

L'étude des eaux de ces trois bassins confirme donc bien l'importance de la présence de forêt sur la qualité des eaux de surface, jouant surtout sur la quantité de matières organiques transportées. D'une part, la concentration en MOD augmente très largement en fonction de l'augmentation de forêt. D'autre part, la concentration en MES diminue de façon moins importante mais significativement tout de même avec l'augmentation de forêt. Si l'évolution de la TDS n'est pas évidente du fait entre autres de la présence de bancs carbonatés pour deux bassins sur trois, il faut rappeler tout de même qu'elle avait une influence au niveau de la répartition des espèces minérales dissoutes comme les sulfates, les nitrates et dans une moindre mesure les chlorures.

5. Distribution régionale des flux minéraux et organiques, dissous et particulaires

Les flux de matières sont exprimés en $t/km^2/an$ afin de pouvoir comparer les exportations de matières de chaque bassin. On parle alors de flux spécifiques. Dans cette unité, on peut assimiler la TDS à l'érosion chimique spécifique et les MES à l'érosion mécanique spécifique.

Au niveau des éléments minéraux dissous exportés, il est clair que K, Na, Cl, NO_3, SO_4 et SiO_2 sont exportés majoritairement par les bassins forestiers (Tableau 4).Si on compare ces résultats avec l'estimation des apports de la cuvette congolaise (située plus au Sud en milieu encore plus humide que celui de l'Uélé ou de la Bili) donnée par Symoens (1968), on arrive aux mêmes conclusions avec une exportation plus importante encore des chlorures, sulfates, silice et sodium (les nitrates n'étant pas citées).

Tableau 4 - Transports spécifiques moyens annuels de matières des eaux du Mbomou, de l'Uélé, de la Bili et de la cuvette congolaise (en t/km^2/an)

	Ca	Mg	K	Na	HCO_3	Cl	NO_3	SO_4	SiO_2	TDS	MOD	MES
Mbomou	0,41	0,21	0,17	0,16	2,68	0,08	0,04	0,06	1,53	5,3	1,3	4,1
Uélé	0,55	0,26	0,33	0,53	4,15	0,19	0,10	0,12	3,29	9,4	3,8	6,4
Bili	0,43	0,22	0,33	0,37	2,83	0,21	0,26	0,26	2,85	7,8	5,9	5,3
Cuvette (1)	0,48	0,10	0,36	0,60	1,44	0,54	--	1,36	5,25	10,1	--	--

TDS : charge minérale totale dissoute ; MOD : matière organique dissoute ; MES : matières en suspension ;
(1) : apports de la cuvette congolaise estimés par Symoens (1968).

Finalement, ceci se traduit par une érosion chimique spécifique beaucoup plus intense sur les bassins humides et donc forestiers, respectivement 9,4 t/km^2/an et 7,8 t/km^2/an pour les bassins de l'Uélé et de la Bili. La grande valeur mesurée pour l'Uélé par rapport à la Bili tend à confirmer la présence de carbonates sur le bassin. Pour le bassin du Mbomou, l'érosion chimique spécifique n'est que de 5,3 t/km^2/an, ce qui est très peu comparé aux autres fleuves de la zone soudano-guinéenne (Gac, 1980 ; Orange, 1992), d'autant que ces chiffres ne sont pas corrigés des apports atmosphériques. L'érosion mécanique spécifique est également plus forte sur les bassins humides, avec encore une dominance de l'Uélé (6,4 t/km^2/an contre 5,3 t/km^2/an et 4,1 t/km^2/an pour respectivement la Bili et le Mbomou) liée cette fois à des altitudes plus élevées à l'amont du bassin et donc des pentes plus fortes. Enfin, le flux spécifique de MOD est très largement supérieur pour la Bili avec 5,9 t/km^2/an, plus de 4 fois supérieur à celui du Mbomou (1,3 t/km^2/an), l'Uélé ayant cette fois un chiffre intermédiaire (3,8 t/km^2/an) (Tableau 4), traduisant l'importance de la forêt pour l'exportation de matières organiques dissoutes par les eaux de surface.

Au total, les bassins de l'Uélé et de la Bili ont un transport spécifique très largement supérieur à celui du Mbomou, respectivement 19,6 t/km^2/an, 19,0 t/km^2/an et 10,7 t/km^2/an. Les matières organiques dissoutes représentent 31% des exportations de matières de la Bili contre seulement 12% pour le Mbomou ; inversement, les matières en suspension ne représentent que 28% des exportations de matières de la Bili contre 38% pour le Mbomou, l'Uélé ayant encore une situation intermédiaire avec 33%.

Le tonnage moyen annuel de matières exportées est de 2 750 000 t/an pour l'Uélé, 400 000 t/an pour la Bili et 1 650 000 t/an pour le Mbomou, ce qui fait un apport total à l'Oubangui de 4 800 000 t/an se répartissant en 48% de TDS, 18% de MOD et 34% de MES. Bien sûr, du fait de la faible superficie du bassin versant de la Bili, cet affluent contribue peu au transport total de matières de l'Oubangui. Il ne participe que pour 7% des TDS, 7% des MES et tout de même 15% de la MOD (Figure 10). Par contre, l'Uélé, participant pour 56% des écoulements, apporte la majeure partie des matières à l'Oubangui. Ses apports représentent, dans l'ordre décroissant : 62% de la MOD, 57% des TDS et 55% des MES ((Figure 10). Ainsi, l'Uélé est l'affluent constitutif majeur de l'Oubangui, non seulement de par ses apports hydriques, mais aussi par l'importance de ses apports de matières dont la contribution relative est la plus importante pour les matières organiques dissoutes.

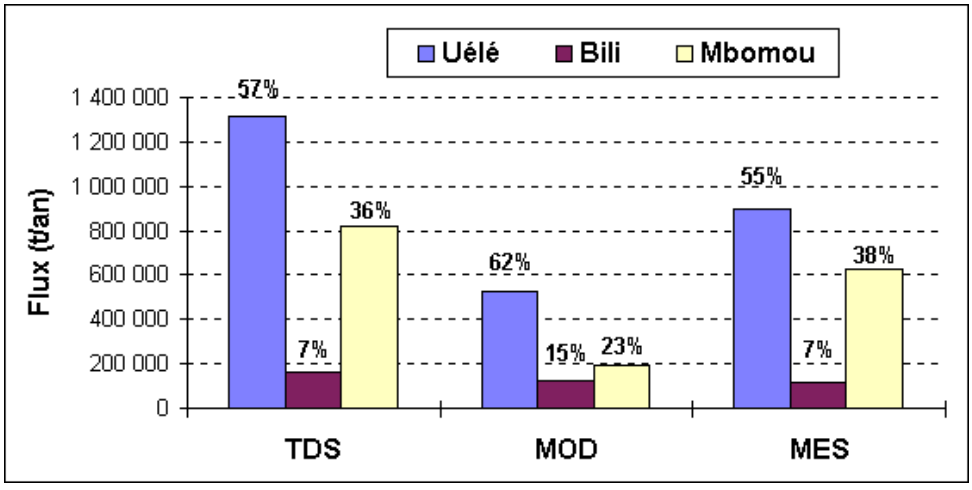


Fig. 10 - Répartition par affluent des flux de matières transportés (TDS, MOD et MES) (en t/an)

Conclusion

Le bilan hydrologique régional de l'ensemble Uélé-Bili-Mbomou a montré que 65% des écoulements de l'Oubangui à cette confluence provenaient des bassins les plus humides et donc les plus forestiers. Cette prédominance des bassins forestiers de l'Uélé et de la Bili existe également pour les flux de matières minérales dissoutes, de manière très nette pour les flux de matières organiques dissoutes et à peine marquée pour les flux de matières en suspension. En effet, 77% de la matière organique dissoute à la naissance de l'Oubangui provient des bassins forestiers.

Cette importance de la contribution des bassins forestiers à l'exportation de la MOD s'accompagne d'un chimisme minéral dissous caractéristique, lié aux apports dus au lessivage de la litière sous forêt. Ce lessivage est plus intense car d'une part les volumes d'eau engagés sont plus importants et d'autre part la litière humique est plus épaisse en zone de forêt. Tout ceci contribue à fournir des eaux beaucoup plus concentrées en nitrates et sulfates. On note que la matière organique dissoute, présente toute l'année dans les eaux de la Bili, n'est exportée par les eaux du Mbomou qu'en période de hautes eaux, les eaux de l'Uélé ayant un comportement intermédiaire.

Le bassin de la Bili, du fait de sa faible superficie et de la plus forte représentation de forêt sur son bassin, possède les eaux exprimant le mieux les critères des transports de matières d'un bassin forestier en zone tropicale humide du bassin zaïrois. Dans ce type de bassin, par rapport à un bassin sous savane, on retiendra que :

- o près de la moitié des exportations de matières dissoutes sont représentées par la MOD ;
- o les transports minéraux dissous sont caractérisés par une exportation spécifique importante des éléments de la litière du sol forestier, à savoir le potassium, le sodium, les chlorures, les nitrates et les sulfates ;
- o l'altération silicatée est plus intense, se traduisant par une exportation spécifique plus importante de la silice ;
- o le rôle de protection des sols et de filtre du couvert forestier se traduit par une faible teneur en MES et surtout par l'absence d'un pic de concentration au début de la montée des eaux, mais par une valeur relativement constante de cette concentration tout au long des hautes eaux ;
- o le rôle protecteur du couvert végétal a également un effet important sur la réduction de la concentration en éléments dissous des eaux de surface par évaporation, se traduisant par une fluctuation saisonnière très faible de TDS.

L'Uélé, de par la grande taille de son bassin et un différentiel d'altitude plus important, montre un comportement intermédiaire de la partie minérale particulaire et de la partie dissoute organique de ses eaux. Pour les matières minérales dissoutes, la présence de carbonate sur son bassin (apparemment confirmée par le faciès chimique de ces eaux de surface), comme sur celui du Mbomou, augmente très largement les exportations en calcium et bicarbonates de ces deux bassins, par rapport à celles de la Bili, dont le bassin est absent de roches carbonatées.

Enfin, cette étude régionale des exportations de matières a confirmé que l'Uélé était bien la branche-mère de l'Oubangui en apportant 57% des matières fluviales totales contre seulement 34% pour le Mbomou. Par ailleurs, cette nouvelle connaissance permettra une meilleure compréhension du comportement des flux de matières de l'Oubangui mesurés mensuellement à Bangui de 1987 à 1995.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre de l'opération Grands Bassins Fluviaux (GBF) du " Programme Environnement de la Géosphère Intertropicale " (PEGI), financé par l'association INSU-ORSTOM-CNRS. L'auteur remercie particulièrement le *Laboratoire des Formations Superficielles* (LFS, ORSTOM, Bondy) pour les analyses d'eau.

Bibliographie

Barreau C. (1992) - Etude de la matière organique associée aux suspensions fluviales : application à des fleuves de climats tempéré et intertropical. *Thèse Sc.*, univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 176 p.

Boulvert Y. (1986) - Carte phytogéographique au 1/1 000 000, République Centrafricaine. *Notice explicative*, n°. 104, edn Orstom, Paris.

Bricquet J.P. (1995) - Les écoulements du Congo à Brazzaville et la spatialisation des apports. In : *Grands Bassins Fluviaux périatlantiques : Congo, Niger, Amazone*, J.C. Olivry et J. Boulègue Eds, *Colloque & Séminaire,* edn ORSTOM, Paris, p.27-38.

Callède J., Boulvert Y., Thiébaux J.P. (1992, *in press*) - Le bassin de l'Oubangui. *Coll. Monographies Hydrologiques*, éd. ORSTOM, Paris.

Devroey E.J. (1961) - Annuaire hydrologique du Congo et du Ruanda-Urundi (1959). *Mém. Institut Royal Colonial Belge*, Section Sc. Techniques, XIV(1), Bruxelles, 557 p.

Deronde L., Symoens J.J. (1980) - L'exportation des éléments dominants du bassin du fleuve Zaïre : une réévaluation. *Annales Limnol*., 16(2), p. 183-188.

Gac J.Y. (1980) - Géochimie du bassin du lac Tchad : bilan de l'altération, de l'érosion et de la sédimentation. *Trav. et Doc. ORSTOM*, Paris, 123, 251 p.

Kattan Z., Gac J.Y., Probst J.L. (1987) - Suspended sediment load and mechanical erosion in the Senegal basin, estimation of the surface runoff concentration and relative contributions of channel and slope erosions. *J. Hydrol.,* 92, p. 59-76.

Lempicka M. (1973) - Bilan hydrique du bassin du fleuve Zaïre. Office National de la Recherche et du Développement (edn), Kinshasa, 77 p.

L'hôte Y., Mahé G. (1995) - Afrique de l'Ouest et Centrale, précipitations moyennes annuelles (période 1951-1989). Carte 1/6 000 000, éd. ORSTOM, Paris.

Mahé G., Delclaux F., Crespy A. (1994) - Elaboration d'une chaîne de traitement pluviométrique et application au calcul automatique de lames précipitées (bassin-versant de l'Ogooué au Gabon). *Hydrol. Continent*., éd. ORSTOM, Paris, 9(2), p. 169-180.

Maley J. (1990) - Histoire récente de la forêt dense humide africaine : essai sur le dynamisme de quelques formations forestières. In : *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*, R. Lanfranchi et D. Schwartz Eds, éd. ORSTOM, Paris, p. 367-382.

Martins O., Probst J.L. (1991) - Biogeochemistry of major african rivers : carbon and mineral transport. In : *Biogeochemistry of major world rivers*, E.T. Degens, S. Kempe et J.E. Richey Eds, éd. SCOPE, Chapter 6, p. 129-157.

Mestraud J.L. (1982) - Géologie des ressources minérales de la République Centrafricaine, état des connaissances à fin 1963 (avec la participation de B. Bessoles). *Mémoires du BRGM*, 60, 186 p.

Meybeck M. (1984) - Les fleuves et le cycle géochimique des éléments. *Thèse Sc*., Géologie, Univ. Paris VI, n° 84-85, 558 p.

Nkounkou R.R., Probst J.L. (1987) - Hydrology and geochemistry of the Congo river system. In : *Transport of carbon and minerals in major world rivers*, part 4, E.T. Degens, S. Kempe et Gan Wei-Bin Eds, éd. SCOPE, 64, p. 483-508.

Olivry J.C., Bricquet J.P., Thiébaux J.P., Sigha N.L. (1988) - Transport de matières sur les grands fleuves des régions intertropicales : les premiers résultats des mesures de flux particulaires sur le bassin du fleuve Congo. *Sediment Budgets*, IAHS Publ., 174, p. 509-521.

Orange D. (1992) - Hydroclimatologie du Fouta Djalon et dynamique actuelle d'un vieux paysage latéritique (Afrique de l'Ouest). *Mémoires Sci. Géologiques*, 93, Strasbourg, 206 p.

Orange D. (1995) - Reconstitution des données hydrologiques du bassin de l'Oubangui pour la constitution de la Banque hydrologique du programme PEGI/GBF/RCA (de l'origine des stations à 1994). *Rapport interne*, Laboratoire d'Hydrologie, ORSTOM, Montpellier, 300 p.

Orange D. (1996) - Hydroclimatologie récente de l'Uélé et flux de matières. *Abstracts of Int. Conf. On Tropical Climatology Meteorology and Hydrology* (May 22-24 1996, Brussels), Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer, Bruxelles, 1 p.

Orange D., Ghiloufi M. (1996) - Modélisation de l'érosion sur l'Oubangui à l'échelle mensuelle et spatialisation des résultats sous IDRISI. Rapport PEGI/GBF/RCA, ORSTOM, Bangui, 100 p.

Orange D., Sigha-Nkamdjou L., Mettin J.L. (1994) - Calcul de la lame d'eau précipitée sur le bassin versant de l'Oubangui à Mongoumba et ses sous-bassins versants (1972-1992). Rapport PEGI/GBF/RCA, ORSTOM, Bangui, 123 p.

Orange D., Olivry J.C., Censier C. (1995) - Variations et bilans des flux de matières particulaires et dissoutes de l'Oubangui à Bangui (de 1987 à 1992). In : *Grands Bassins Fluviaux périatlantiques : Congo, Niger, Amazone*, J.C. Olivry et J. Boulègue Eds, *Colloque & Séminaire,* éd. ORSTOM, Paris, p.147-158.

Orange D., Wesselink A., Feizouré C. (1995) - Banque de données hydrologiques du bassin de l'Oubangui utilisée pour le programme PEGI/GBF (1986-1993), version 2. *Rapport interne*, Laboratoire d'Hydrologie, ORSTOM, Montpellier, 52 p.

Probst J.L. (1992) - Géochimie et hydrologie de l'érosion continentale, mécanismes, bilan global actuel et fluctuations au cours des 500 derniers millions d'années. *Mémoires Sci. Géologiques*, 94, Strasbourg, 167 p.

Probst J.L., Nkounkou R.R., Krempp G., Bricquet J.P., Thiébaux J.P., Olivry J.C. (1992) - Dissolved major elements exported by the Congo and the Ubangui rivers during the period 1987-1989. *J. Hydrol.*, 135, p. 237-257.

Sondag F., Laraque A., Riandey C. (1995) - Chimie des eaux du fleuve Congo à Brazzaville et de l'Oubangui à Bangui. In : *Grands Bassins Fluviaux périatlantiques : Congo, Niger, Amazone*, J.C. Olivry et J. Boulègue Eds, *Colloque & Séminaire,* éd. ORSTOM, Paris, p.121-131.

Symoens J.J. (1968) - La minéralisation des eaux naturelles. *In* "Exploration hydrobiologique du bassin du Lac Bangweolo et du Luapula", Ministère Education Nationale et Culture de Belgique, Bruxelles, 199 p.

Van Frachen T. (1980) - Contribution à l'étude de l'hydrologie de surface du bassin zaïrois : les relevés des cotes hydrométriques des années 1971 à 1978. *Mém. Acad. Royale Sc. Outre-Mer*, Classe Sc. Techniques, Bruxelles, 398 p.

Wesselink A.J., Orange D., Feizouré C.T., Randriamiarisoa (1996) - Les régimes hydroclimatiques et hydrologiques d'un bassin versant de type tropical humide : l'Oubangui (République Centrafricaine). In : *L'hydrologie tropicale : géoscience et outil pour le développement* (Actes de la conférence de Paris, mai 1995), IAHS Publ., 238, p. 179-194.

Wollast R., Mackenzie F.T. (1983) - The global cycle of silica. In : *Silicon geochemistry and biogeochemistry*, S.R. Aston Ed., Academic Press, London, p. 39-76.

Retour en haut du document

Liste des Compléments

Complément n°2

Hydroclimatological Changes on the Central African Continent : Evidence from the Oubangui River

D. Orange
Laboratoire d'Hydrologie, Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France.

C. T. Feizouré
Direction de la Météorologie, BP 224, Bangui, République Centrafricaine.

A. Laraque
Laboratoire d'Hydrologie, Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France.

A. J. Wesselink
Projet PNUD/OMM CAF/91/021 "Assistance en agrohydrométéorologie et surveillance de l'environnement", PNUD, BP 872, Bangui, République Centrafricaine.
Adresse actuelle : FAO, BP 3971, Antananarivo, Madagascar.

Abstract

The hydroclimatology of the Oubangui catchment from 1902 to 1994 is described. It was concluded that rainfall has been below average in most years since 1967, which has translated in runoff being below average in all but two years since 1971. The decrease in runoff is relatively speaking much more important than the decrease in rainfall. Compared with previous droughts, this period of below-average rainfall and runoff (1971-present) is exceptionally long. In fact, runoff has diminished even more since 1983. In 1994, rainfall is still below average, and river flows are still very low. A distinct break in time series of rainfall and runoff was detected, and the existence of two sub-series proposed. The effects of these changes on the runoff regime of the Oubangui were twofold : 1) diminishing monthly minimum flow and monthly maximum flow, 2) the former has diminished more in comparison with the latter, so that the relative size of the peak is greater. No changes in timing and duration of the annual hydrograph could be detected. At last, rainfall and runoff from several catchments in the centre of the African continent are analysed to confirm the indications of regional changing rainfall and runoff regimes.

1. Introduction

West and Central African continent knew important decreases in rainfall and hydrological regimes since the seventies, already widely commented by many authors (Lamb, 1982; Sircoulon, 1985; Carbonnel et al., 1987; Nicholson, 1989; Hulme, 1992; Janicot, 1992; Mahé et Olivry, 1995). However the susceptibility of river flows to climate change has been little studied (Wilkinson et Cooper, 1993; Arnell, 1994).

The hydroclimatology of the Central African continent is described by analysis of rainfall and runoff data from the Oubangui catchment, situated in the centre of the African continent, close to the equator and mostly on the northern hemisphere. The Oubangui river drains the northern part of the country Zaire and most of the Central African Republic. With its mean annual discharge of around 5000 m^3/s at its mouth, it is the second most important tributary to the Congo river (mean flow 41000 m^3/s), after the Kasai (8000 m^3/s) (Bricquet, 1995).

Average rainfall varies from 1700 mm/year in the south to less than 1000 mm/year in the north (Franquin et al., 1988); isohyets generally run east-west. Vegetation is relatively uniform, with semi-deciduous tropical forest in the extreme south, steppe in the extreme north and savanna with some trees in most of the catchment (Boulvert, 1986).

In the present paper, flow records of the Oubangui river at Bangui from the beginning of this century is analysed to get some indications about the homogeneous climatic periods. At the hydrometric station in Bangui, the Oubangui catchment measures 488500 km^2 and the confluence with the Congo river is still 600 km further downstream. At Bangui, the main river has a length of already 1900 km. Then, the relationship with rainfall data is discussed. Findings are compared with Oubangui's subcatchments. At last, the effects of this hydroclimatological change on the feature of the Oubangui runoff regime are described.

2. INTERANNUAL VARIABILITY

2.1 Yearly runoff data

Hydroclimatological changes only can appear by studies of long time series. Flow records of the Oubangui river at Bangui start in the thirties, without gap from. The complete analysis of runoff time serie of the Oubangui river from 1935 and its interpolation from the beginning of the XXth century was already described by Orange et al. (1995). It was concluded that the Oubangui runoff knew three main climatic periods during the XXth century (Figure 1). From the beginning up to 1959, annual runoff evolution showed stability around the interannual average of 4220 m^3/s. Then the most wet period occured for eleven years, from 1960 to 1970 ; the interannual runoff average of this period was 4890 m^3/s. The most dry period follows up to now, with an interannual runoff average of 3140 m^3/s, i.e. a decrease of 34% from the previous period.

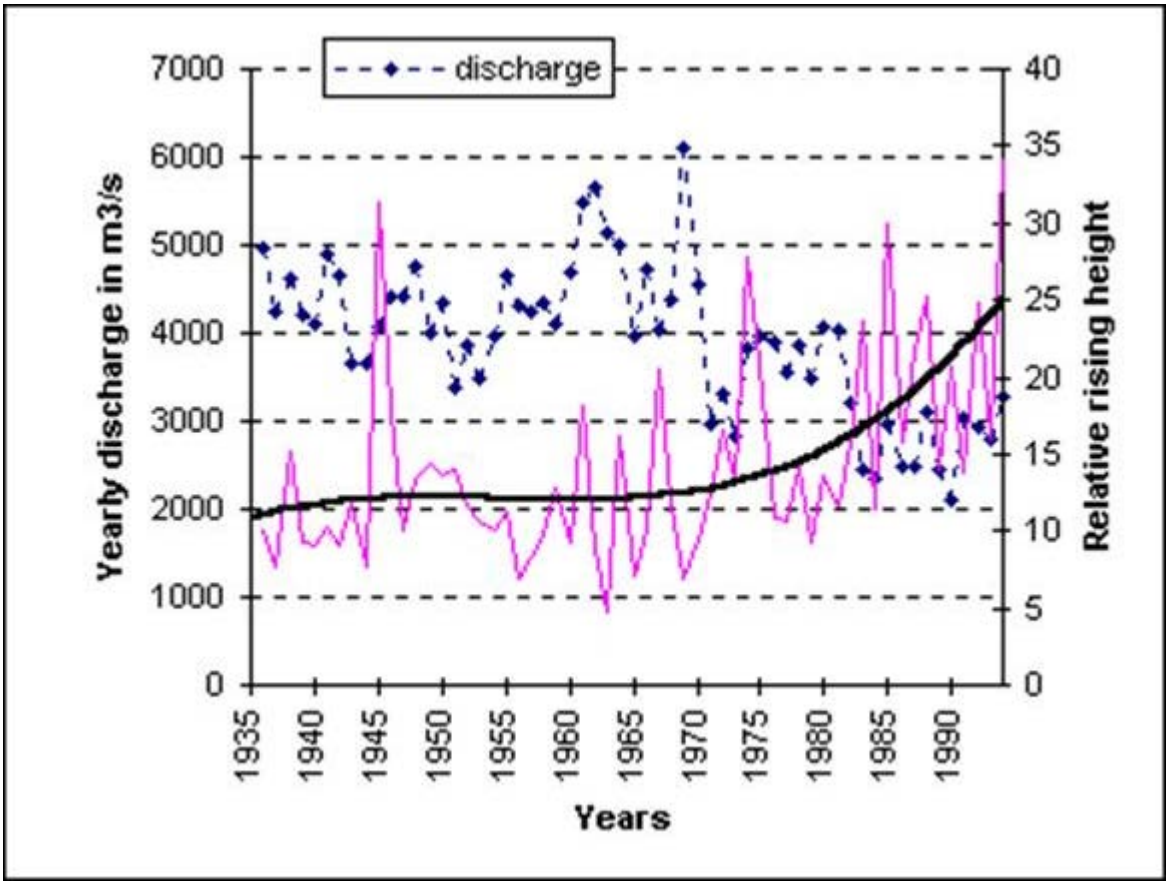


Figure 1 : Hydrological time series of the Oubangui river at Bangui for the maximum monthly discharge (rising flow),
for the mean annual discharge (yearly discharge) and for the minimum monthly discharge (low flow).
The moving average on five years and the mean on homogeneous climatic period is indicated for the yearly discharge.

A distinct break in the runoff time serie marks the transition between the sixties wet period and the present dry period. There are only two years from the most humid year (1969 with 6110 m^3/s) to one of the most dry years (2960 m^3/s in 1971). The cut-out in decade of the runoff time serie markedly contrastes between a stable mean period finished by a humid decade and a dry period in continuous decreasing since the seventies (Figure 2). Indeed the drought in runoff increased since 1983. Statistical tests using bayesian methods (Buishand, 1984) applied to the Oubangui time serie confirm this cut-out feature in 1960, 1971 and 1983. Many other authors found the marked break around 1970 for other hydrological time series (Hubert et al., 1989; Demarée and Nicolis, 1990; Lubes et al., 1995).

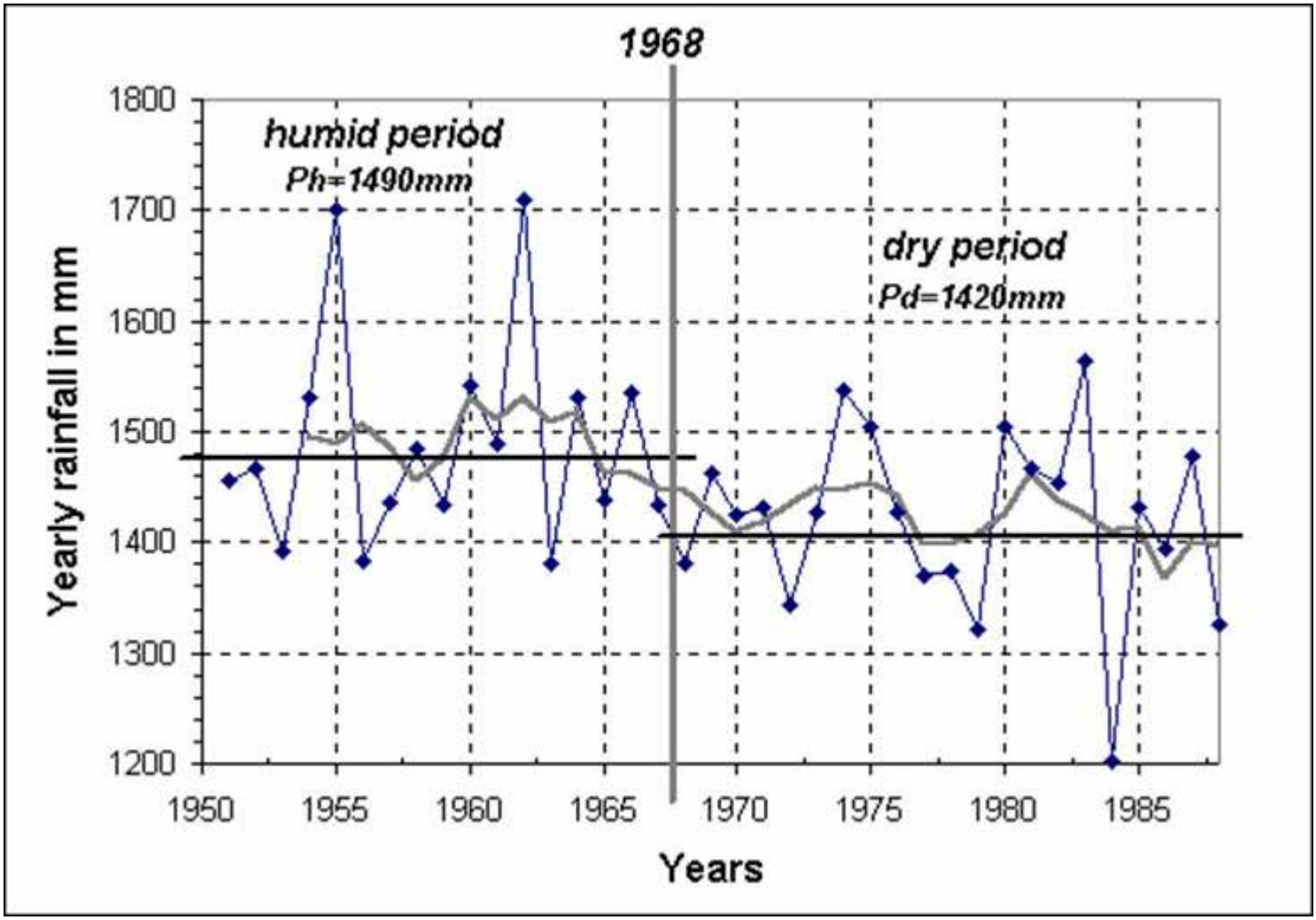


Figure 2 : Decennal cut-out of the hydrological time serie of the Oubangui river at Bangui.
The question-mark indicates an interpolation of yearly discharge from the Congo river runoff (Orange et al., 1995).

So this important drought beginning from the seventies induced a marked shift in the average of hydrological time serie of the Oubangui river. After 25 years, we can suspect a modification in the hydrological processes from the landscapes of this geographical country (Wesselink et al., 1995).

2.2 Yearly rainfall data

The annual rainfall into the Oubangui catchment at Bangui for 1951-1988 was calculated with a regional vector method (Mahé et al., 1995). Annual rainfall also shows maxima in the sixties and minima in the eighties (Figure 3). But the break in the rainfall serie is less marked than for the runoff serie. This break appears in 1968, three years before than the runoff one. This discrepancy may point at the sponge-like functioning of the catchment, inducing a runoff interannual variability less important than one recorded from the rainfall serie. Also the maxima and minima of annual rainfall do not coincide completely with the extreme flow events described above.

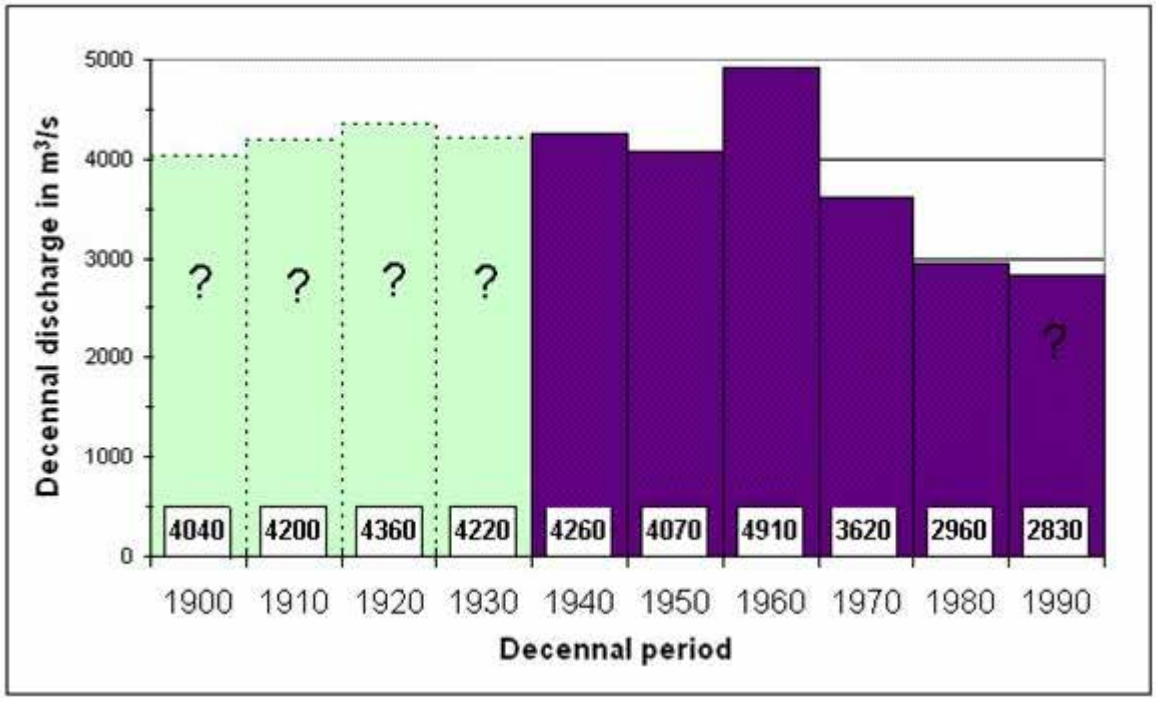


Figure 3 : Yearly rainfall time serie of the Oubangui catchment at Bangui outlet.

The decrease in runoff has been much more important than the decrease in rainfall : around -36% drop in runoff as opposed to around -5% drop in rainfall between the interannual averages in humid and dry periods. Traducted in the same unit, the decrease of runoff average is around 110 mm/y corresponding to around 70 mm/y drop in rainfall average.

At last, the break in the beginning of the humid period cannot be investigated, because missing rainfall data before 1951.

2.3 Regional feature of the drought

Flow records for few tributaries of the Oubangui river start in the early fifties, as rainfall data of its subcatchments. The discharges of 1969 and 1970 everywhere have been above the 1953-1988 average, whereas the discharge of 1971 everywhere has been below (Wesselink et al., 1995). It is the same pattern for the Congo river at Brazzaville, its outlet on the Atlantic Ocean, and for the Sangha river, a tributary of the Congo river in the western part (Laraque and Olivry, 1995; Wesselink et al., 1995). It points at regional marked break between a humid period and a dry period beginning since 1971. Indeed, if it can exist some differences in the evolution of runoff time series between every subcatchment before the sixties, we everywhere find the same runoff evolution since. So the drought of the early seventies really has regional feature.

Furthermore, this drought increased since 1983 on the over Central Africa (Mahé and Olivry, 1995). At last, rainfall decrease since the fifties everywhere is observed, almost from the North to the South.

3. MONTHLY VARIABILITY

3.1 Minimum and maximum monthly discharges

According to the flow regime classification described by Rodier (1964), all tributaries have a transitionary tropical regime. The annual hydrograph of this type of regime has one single peak, which occurs in October. Minimum flows are observed in March or April, the latter is often considered the start of the hydrological year. Flows are

sustained in the dry season, whereas in flow regimes of the pure tropical variety. The ratio of mean minimum monthly flow and mean maximum monthly flow is approximately nine. In general, years of the highest mean runoff also knew the highest minimum monthly flow and the highest maximum monthly flow, and vice versa for the lowest mean runoff.

We find again the break in 1971 from the time series of minimum and maximum monthly runoffs (Orange et al., 1995). However, monthly minimum flow decreased much more in comparison with monthly maximum flow. Indeed, the interannual averages between humid and dry period diminished around -35% in rising flow (equal yearly discharge) and around -60% in low flow. This important declining minimum flows would indicate lowering of the groundwater table. The drought seems to reach its height in 1990 with an annual discharge of only 2120 m^3/s ; the century low flow discharge has been got down during this year (Figure 1) (Orange et al., 1995).

3.2 Seasonal variability

Five variables are used to describe the annual hydrograph feature of the Oubangui river at Bangui :

- (1) the date of starting rising, which is the date when flow again increases ;
- (2) the rising length (unit of measure in decimal month), which is the time when flow is above the yearly discharge ;
- (3) the relative rising height, which is the difference between the maximum dayly flow and the minimum dayly flow of the studied rising period divided by the minimum dayly flow;
- (4) the low flow discharge, which is the minimum dayly discharge in the year ;
- (5) the rising discharge, which is the maximum dayly discharge in the year.

In fact, the Oubangui discharge decrease since 1971 did not modify the date of starting rising nor the rising length (Table 1). The rising always begins in April and nearly occurs five months. So the annual rising has cut the top off but its length in time is not shorter, contrary to other tropical rivers.

Table 1

Decennial evolution of feature parameters
for the annual hydrograph of the Oubangui river at Bangui

Decennial	Date of starting	Rising	Relative	Low flow	Rising
period	rising	length	rising	discharge	discharge
	(week)	(month)	height	(m^3/s)	(m^3/s)
1940-49	1st of May	4.9	15	965	9 700
1950-59	3rd of April	4.9	11	1 010	9 070
1960-69	2nd of April	4.9	12	1 255	10 340
1970-79	4th of April	4.7	15	750	8 690
1980-89	2nd of April	4.8	20	540	7 680
1990-94	4th of April	5.1	22	325	6 720

On the other hand, the relative rising height increased since the seventies (Figure 4) when the low flow discharge and the rising discharge decrease (Table 1). In fact, the relative rising height increase because the low flow discharge decrease more in comparison with the rising discharge.

In conclusion, the Oubangui annual hydrograph has been reduced a lot in volume but not in the length of time. Furthermore, the diminishing of low flow discharge demonstrate a lowest groundwater table (Wesselink et al., 1995).

3.3 Relative rising height

The relative rising height assesses a dynamic measurement of the difference between low flow discharge and rising discharge. From 1935 to 1994, the interannual evolution of the relative rising height describes an exponential curve (Figure 4). The trend is steady from 1935 to 1970, after increases, then ways up more and more since the heighties. The yield recession curve of the Oubangui river shows the same feature (Olivry et al., 1993).

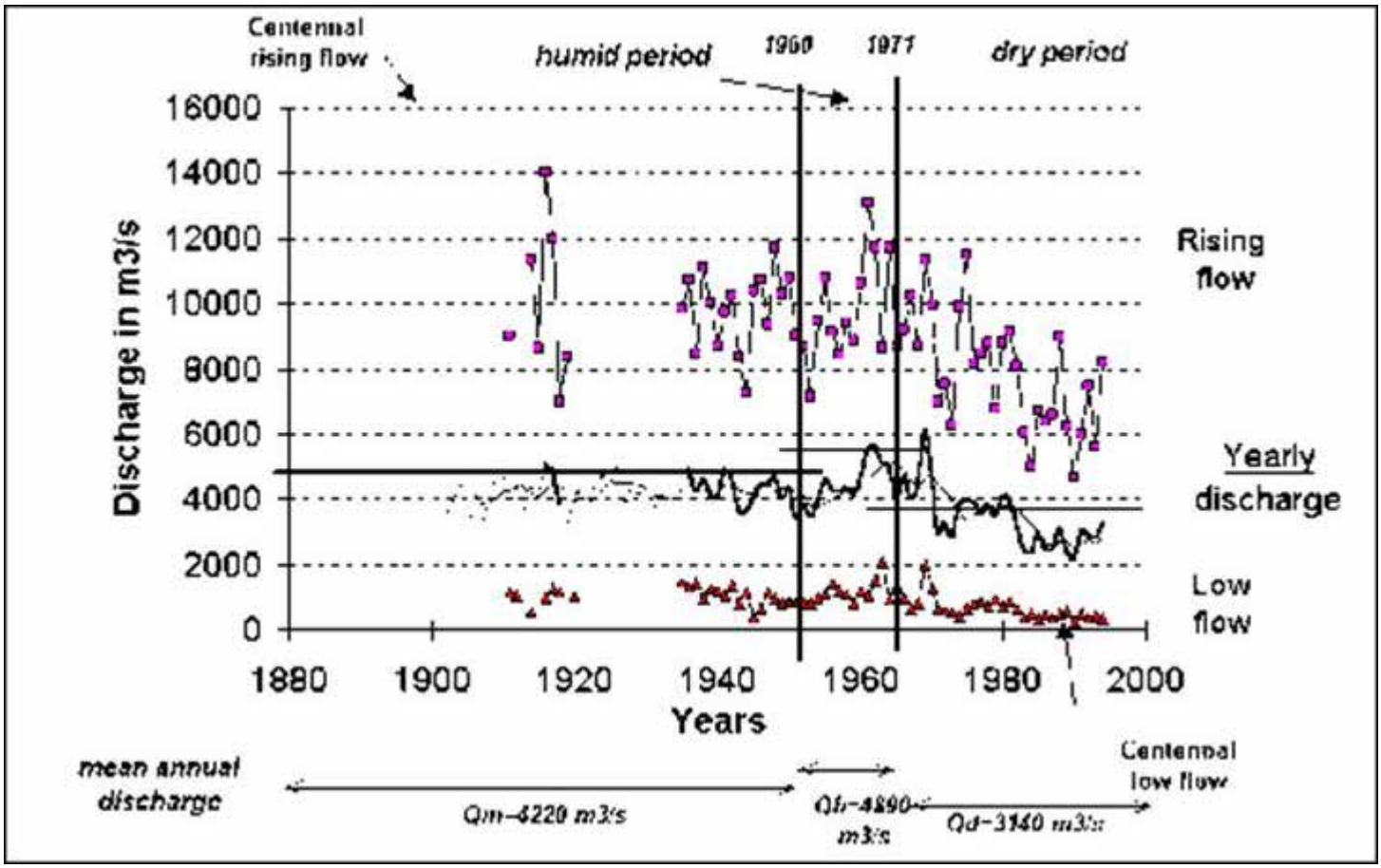


Figure 4 : Relative rising height time serie of the Oubangui river at Bangui.
The yearly discharge time serie is also indicated.

This exponential increase beginning in the seventies underlines the large memory effect of the catchment's underground. It can be concluded that the catchment added the persistant degradation of the water ressource from year to year. And the exponential curve focuses on an important shift of hydrological functioning from the Oubangui catchment, due to a too long period of successive annual decreasing in runoff.

Indeed, it means that this long period of drought led a large reduction of the groundwater storage, which now is

not enough important to sustain the hydrological regime during the dry season. This new pattern of the hydrological river behaviour could perhaps last in spite of the fact that a humid climatical period comes back.

4. SUMMARY

The today drought is exceptionnal by its extent in space and time, in comparison with previous droughts (Sircoulon, 1985). Indeed, the river water level is even very low in 1994. Finally, after 25 years of drought, we can speak about break in hydrological time series, noting a new average state of hydroclimatological features since 1971. It means that the idea of average for the whole century is not correct to describe the hydroclimatological feature into this country.

The Oubangui catchment is very interesting because its continental settlement in Africa, to note differences in the hydrological functioning of these landscapes, due to its major hydroclimatological shift. It has been observed no modification in the annual hydrograph feature of the Oubangui river at Bangui, just decrease in low flow and in rising flow. However, the decrease in low flow of around -60% is much more important than the decrease in rising flow, which is of around -35%, indicating stress in the catchment. This underlines the situation in crisis of the underground storage.

These results demonstrate the hypothesis of climate change, perhaps global but certainly occured in Central Africa. So it will be interesting to observe the behaviour of the Oubangui river the next few years.

Aknowledgements. This work was supported in part by INSU-ORSTOM-CNRS (French Research Institutes) as part of the *Programme Environnement Géosphère Intertropicale* (PEGI). The writers wish to express their appreciation for the help and support from G. Mahé and E. Servat of the ORSTOM institute.

REFERENCES

Arnell, N.W. (1994) Hydrology and climate change. In : *The Rivers Handbook*, Ed. P. Calow & G.E. Petts, Blackwell, Oxford, UK, vol. 2, 173-185.

Boulvert, Y. (1986) Carte phytogéographique au 1/1 000 000, République Centrafricaine. *Notice explicative*, no. 104, edn Orstom, Paris.

Bricquet, J-P. (1995) Les écoulements du Congo à Brazzaville et la spatialisation des apports. In : Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques : Congo, Niger, Amazone, *Colloque et Séminaire*, Ed. Orstom, Paris, 27-38.

Buishand, T.A. (1984) Tests for detecting a shift in the mean of hydrological time series. *J. Hydrol.,* 58, 51-69.

Carbonnel, J.P., Hubert, P., Chaouche, A. (1987) Sur l'évolution de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest depuis le début du siècle. *C.R. Acad. Sc., Paris*, sér. II, 305, 625-628.

Demarée, G., Nicolis, C. (1990) Onset of sahelian drought viewed as a fluctuation induced transition. *Quart. J. Roy. Met. Soc. Paris*, 116, 221-238.

Hubert, P., Carbonnel, J.P., Chaouche, A. (1989) Segmentation des séries hydrométéorologiques, Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *J. Hydrol.,* 110, 349-367.

Hulme, M. (1992) Rainfall changes in Africa : 1931-1960 to 1961-1990. *Int. J. Climatology*, 12, 685-699.

Janicot, S. (1992) Spatio-temporal variability of West African rainfall. *J. Climate*, 5, 489-511.

Lamb, P.J. (1982) Persistence of subsaharan drought. *Nature*, 299, 46-48.

Laraque, A., Olivry, J.C. (1995, in press) Evolution de l'hydrologie du Congo-Zaïre et de ses affluents rive droite et dynamique de ses transports solides et dissous. In : *L'Hydrologie Tropicale, géosciences et outil pour le développement* (Proceedings of the Conference in memoriam J. Rodier, Paris, May 1995), IAHS Publ.

Lubes, H., Aka, A., Masson, J.M., Servat, E., Paturel, J.E., Kouame, B. (1995) Essais de mise en évidence d'une variation climatique par application de tests statistiques à des séries chronologiques de débit, Application aux grands fleuves de Côtes d'Ivoire. In : *Méthodes statistiques et bayesiennes en hydrologie* (Proceedings of International Conference in honour of J. Bernier, Paris, September 1995), UNESCO Publ.

Mahé, G., Delclaux, F., Crespy, A. (1995, in press) Elaboration d'une chaîne de traitement pluviométrique et application au calcul automatique de lames précipitées (bassin-versant de l'Ogooué au Gabon). *Hydrol. Continent*., Ed. Orstom, Paris.

Mahé, G., Olivry, J.C. (1995) Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. *Sécheresse*, 6(1), 109-117.

Nicholson, S.E (1989) Long-term changes in African rainfall. *Weather*, 44, 47-56.

Olivry, J-C., Bricquet, J.P., Mahé, G. (1995) Les études du PEGI sur le bassin du Congo-Zaïre dans le contexte déficitaire des ressources en eau de l'Afrique humide. In : *Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques : Congo, Niger, Amazone*, *Colloque et Séminaire*, Ed. Orstom, Paris, 3-12.

Orange, D., Feizouré, C., Wesselink, A., Callède, J. (1995, in press) Variabilités hydrologiques de l'Oubangui à Bangui au cours du XXème siècle. In : Proceedings des *Journées Scientifiques de FRIEND-AOC* , Cotonou, décembre 1995, Ed. UNESCO.

Rodier, J. (1964) Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'Ouest du Congo. *Mémoires Orstom*, no.6, Ed. Orstom, Paris.

Sircoulon, J. (1985) La sécheresse en Afrique de l'Ouest, comparaison des années 1982-1984 avec les années 1972-1973. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol*., Ed. Orstom, Paris, XXIII, 75-86.

Wilkinson, W.B., Cooper, D.M. (1993) The response of idealized aquifer/river systems to climate change. *Hydrological Sci. J.,* 38, 5, 379-390.

Wesselink, A.J., Orange, D., Feizouré, C.T., Randriamiarisoa (1995, in press) Les régimes hydroclimatiques et hydrologiques d'un bassin versant de type tropical humide : l'Oubangui (République Centrafricaine). In : *L'Hydrologie Tropicale, géosciences et outil pour le développement* (Proceedings of the Conference in memoriam J. Rodier, Paris, May 1995), IAHS Publ.

Retour en haut du document

Liste des Compléments

Complément n° 3

Variabilités hydrologiques de l'Oubangui à Bangui au cours du XXième siècle

Didier ORANGE (1), Clément FEIZOURE (2) et Anna WESSELINK (3)

(1) Laboratoire d'Hydrologie, Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1 (France)
(2) Direction de la Météorologie, BP 224, Bangui (RCA)
(3) Projet PNUD/OMM CAF/91/021 "Assistance en agro-hydro-météorologie et surveillance de l'environnement", Direction de la Météorologie, Bangui (RCA) ; contacter en (1)

Résumé

La station hydrométrique de Bangui sur l'Oubangui, en République Centrafricaine, constitue une station hydrométrique de référence internationale, primordiale pour la connaissance de l'hydrologie africaine dans son ensemble et pour une gestion économique efficace de l'Oubangui. Elle possède la plus longue série d'observations de l'Afrique Centrale continentale. Cette chronique, sans lacune depuis 1935, est reconstituée jusqu'en 1911. La crue du siècle a été enregistrée en octobre 1916 avec 14 000 m^3/s et le module annuel le plus élevé est de 6110 m^3/s. Le module moyen interannuel est de 3920 m^3/s avec des débits mensuels extrêmes moyens de 880 m^3/s en mars et 8820 m^3/s en octobre.

Le régime hydrologique de l'Oubangui est comparé avec ceux des fleuves voisins et avec la variabilité pluviométrique de la région. L'analyse de l'hydraulicité à l'échelle régionale montre une rupture nette entre deux périodes : les années humides 1955-1970 et les années sèches 1971 à nos jours. La décroissance des débits moyens, qui est observée partout dans la région depuis 1971, est simultanée avec la décroissance de la pluviométrie. L'année la plus déficitaire est 1990 avec un module annuel de 2120 m^3/s seulement.

En termes de fonctionnement hydrologique du fleuve Oubangui, il n'apparaît pas de modification dans la forme de son hydrogramme annuel, malgré ces vingt dernières années de déficit hydrique. Par contre, il est à noter que ce sont les débits d'étiage qui sont les plus affectés par cette crise climatique. Sur l'ensemble de la chronique, la baisse enregistrée sur les débits d'étiage est de 60%, alors qu'elle est de 39% sur les modules annuels. Cela souligne l'état critique des aquifères dans cette zone géographique.

Dans ce nouvel environnement hydrologique difficile, l'étude des basses eaux prend toute son importance, surtout du fait que l'Oubangui se doit d'être navigable jusqu'à Bangui le plus de mois possible pour la survie de l'économie centrafricaine. Il est montré que l'Oubangui est un fleuve dont la morphologie du lit change chaque année. Creusements et comblements alternent sans règle bien précise, d'où la nécessité d'un suivi hydrologique permanent en basses eaux de ce fleuve à Bangui.

Introduction

Les grands fleuves tropicaux sont encore mal connus. Dans leur ensemble, beaucoup moins perturbés que ceux des régions tempérées, ils représentent encore un grand espoir de richesse et de développement. Aussi, il est urgent de pouvoir proposer des données fiables sur le long terme, pour l'élaboration de modèles prévisionnels de gestion.

Une particularité de l'Oubangui est d'avoir une situation continentale, au cœur du continent africain. Une deuxième particularité de l'Oubangui est d'être un fleuve à intérêt économique majeur pour le pays qu'il dessert, la Centrafrique. En effet, il est la principale voie de désenclavement de ce pays. Son bassin a peu de relief et il est entièrement balayé par le FIT. Le climat est soudano-guinéen avec une saison des pluies marquée de juin à octobre. Le fleuve a un régime tropical de transition.

La station hydrométrique principale de ce fleuve est à Bangui (04°22'N, 18°35'E) en République Centrafricaine. Elle contrôle un bassin versant de 488 500 km^2 (Callède et *al*., 1992). A ce point, l'Oubangui est encore à 600 km de sa confluence avec le Congo au Sud, dont il est un des principaux tributaires. Sur sa partie la plus longue (l'axe Uélé-Oubangui), il a déjà parcouru 1900 km. Cette station est l'une des stations hydrométriques de référence internationale pour l'hydrologie africaine. Les relevés de hauteurs d'eau, débutés en 1911, y ont été faits sans lacune depuis 1935.

Depuis le travail important effectué pour la Monographie de l'Oubangui (Callède et *al*., 1992), 22 jaugeages ont été réalisés par le *Service Commun de l'Entretien des Voies Navigables* (SCEVN) en collaboration avec l'ORSTOM et le projet PNUD/OMM. Après avoir présenté les barèmes hydrologiques établis par Callède et *al*. (1992), ces nouvelles données sont utilisées pour mettre à jour les étalonnages de cette station de référence, servant à la description des fluctuations hydroclimatiques du continent africain. A l'aide de ces nouveaux barèmes, une nouvelle chronique des débits mensuels de l'Oubangui à Bangui est donnée de 1935 à 1994. Enfin, une extension de cette chronique à partir du début du siècle est proposée.

Ensuite, les variabilités hydrologiques de l'Oubangui à Bangui au cours du XXème siècle sont présentées à l'échelle annuelle puis mensuelle. L'état général des aquifères du bassin est discuté en même temps que la nécessité d'un suivi continu des jaugeages de basses eaux pour le maintien de la navigabilité de ce fleuve jusqu'à Bangui. Enfin, des conclusions sont tirées pour une gestion efficace de ce fleuve.

Les barèmes d'étalonnage de l'Oubangui à Bangui

Une grande partie du travail présenté ci-dessous est issue d'un rapport publié par la Direction de la Météorologie Centrafricaine (Wesselink et *al*., 1994). Nous invitons le lecteur à s'y reporter pour avoir des compléments d'information sur l'historique complet des études hydrologiques menées sur l'Oubangui à Bangui.

Avant de continuer, précisons quelques points de terminologie. Une *courbe d'étalonnage* ou *courbe de tarage* est la représentation graphique de la relation hauteur-débit du cours d'eau. Le *barème* est la représentation numérique de cette relation.

Bref historique des lectures limnimétriques à Bangui

Les observations journalières de cotes limnimétriques ont été faites avec peu d'interruptions de mars 1911 à octobre 1920, puis de façon ininterrompue à partir de 1935. Les quelques lectures effectuées de 1928 à 1935, après 8 ans d'absence, sont trop peu nombreuses et trop irrégulières pour pouvoir être vérifiées et ne peuvent donc être retenues. Bien que personne ne puisse affirmer avec certitude que le zéro d'échelle n'a pas chan gé depuis 1935, les lectures étant sans interruption depuis cette date, il est vérifié qu'il n'y a pas de discontinuités dans les lectures journalières de cotes. Par contre, en ce qui concerne les observations effectuées de 1911 à 1920, les incertitudes sur la position du zéro d'échelle de l'époque sont trop nombreuses pour pouvoir dans un premier temps affirmer quoi que ce soit.

Rappel des barèmes établis par Callède et *al*. (1992)

Dans la Monographie de l'Oubangui (Callède et *al*., 1992), 5 barèmes différents sont proposés pour la station de Bangui, de l'origine des observations en 1911 jusqu'en 1991. Cet étalonnage est effectué à partir de 95 jaugeages qui ont été réalisés par l'ORSTOM de 1951 à 1988, et depuis cette date soit par le SCEVN, soit par l'ORSTOM en collaboration avec le service hydrologique de la Direction Météorologique centrafricaine. Exception faite des très basses eaux, où un câble peut être tendu d'une rive à l'autre, la méthode du cercle hydrographique est de règle pour la réalisation des jaugeages. D'une façon générale, la vitesse moyenne de l'Oubangui (de l'ordre de 1 m/s) autorise l'emploi d'un saumon de 25 kg sur un bateau Zodiac. Pour les jaugeages des cotes les plus importantes (le 6 novembre 1954 pour la cote 814 cm, et les 10 et 17 octobre 1969), un bateau plus grand et un saumon de 100 kg ont dû être utilisés.

Callède et *al*. (1992) estiment que la première courbe d'étalonnage est valable pour toute la période 1911-1963, bien qu'aucun jaugeage n'ait été effectué avant 1951. Les 5 courbes d'étalonnage se rejoignent à la cote 280 cm. Ainsi, pour Callède et *al*. (1992), la station hydrométrique de Bangui est stable pour les moyennes et hautes eaux depuis l'origine des observations. Les barèmes n'ont changé que pour les basses eaux, c'est à dire en dessous de la côte 280 cm. En basses eaux, on observe une baisse de la courbe entre l'origine et 1971 : un comblement du lit est suggéré, car pour la même cote la rivière conduit moins d'eau. De 1971 à nos jours, l'évolution s'inverse et le lit se creuse. En 1981, le barème change encore à la côte 280 cm et confirme l'auto-draguage progressif du lit du fleuve. Enfin, le dernier barème débutant en 1987 ne modifie le précédent barème qu'à partir de la cote 50 cm.

Les modifications à apporter à l'ancien barème ou l'évolution du lit fluvial depuis 1987

Depuis l'établissement des barèmes par Callède et *al*. (1992), 22 jaugeages supplémentaires ont été effectués et 2 jaugeages de 1990 ont été retrouvés (Wesselink et *al*., 1994). Ces jaugeages compris entre la cote 498 cm et -072 cm, c'est à dire en moyennes et basses eaux, montrent une dérive des courbes d'étalonnage au cours du temps, surtout marquée en basses eaux. Aussi, afin de comprendre la dynamique récente du lit de ce fleuve, tous les jaugeages effectués depuis 1985 sont repris. Et une nouvelle séquence de barèmes d'étalonnage pour l'Oubangui à Bangui de l'origine des observations à nos jours est proposée (Tableau 1).

Tableau 1 : Barèmes d'étalonnage de l'Oubangui à Bangui de l'origine des observations à l'actuel

Date de validité des courbes

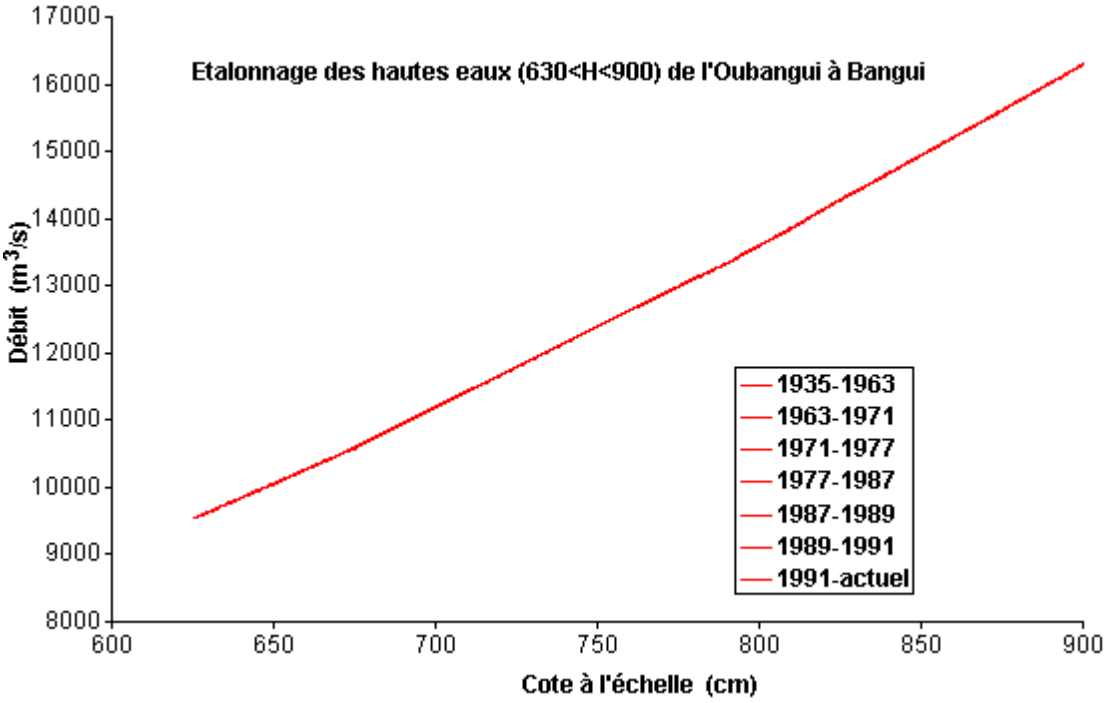
No	Date début	Date fin	Auteur
C1	01/01/35	31/10/63	Callède
C2	01/11/63	31/10/71	Callède
C3	01/11/71	31/10/77	Callède (modification de date de fin)
C4	01/11/77	31/10/87	Callède (modification de date de début)
W5	01/11/87	30/06/89	Wesselink (basses-eaux) / Callède (moyennes-eaux)
W6	01/07/89	30/06/91	Callède (basses-eaux) / Wesselink (moyennes-eaux)
W7	01/07/91	actuel	Wesselink

Débit en m^3/s pour courbe numéro...

Cote	C1	C2	C3	C4	W5	W6	W7
	1935-1963	1963-1971	1971-1977	1977-1987	1987-1989	1989-1991	1991-actuel
-90					*265*	225	160
-50	280	*220*	280	*410*	*505*	470	410
0	630	*520*	630	*770*	*860*	815	770
50	1060	*920*	1060	*1225*	1265	1210	1170
100	1540	*1440*	1540	*1720*	1720	1665	1650
200	2700	*2620*	2700	*2780*	2780	2700	2700
300	4000	4000	4000	4000	4000	3890	3890
400	5450	5450	5450	5450	5450	5255	5255
500	7200	7200	7200	7200	7200	7000	7000
600	9030	9030	9030	9030	9030	8980	8980
700	11200	11200	11200	11200	11200	11200	11200
800	13600	13600	13600	13600	13600	13600	13600

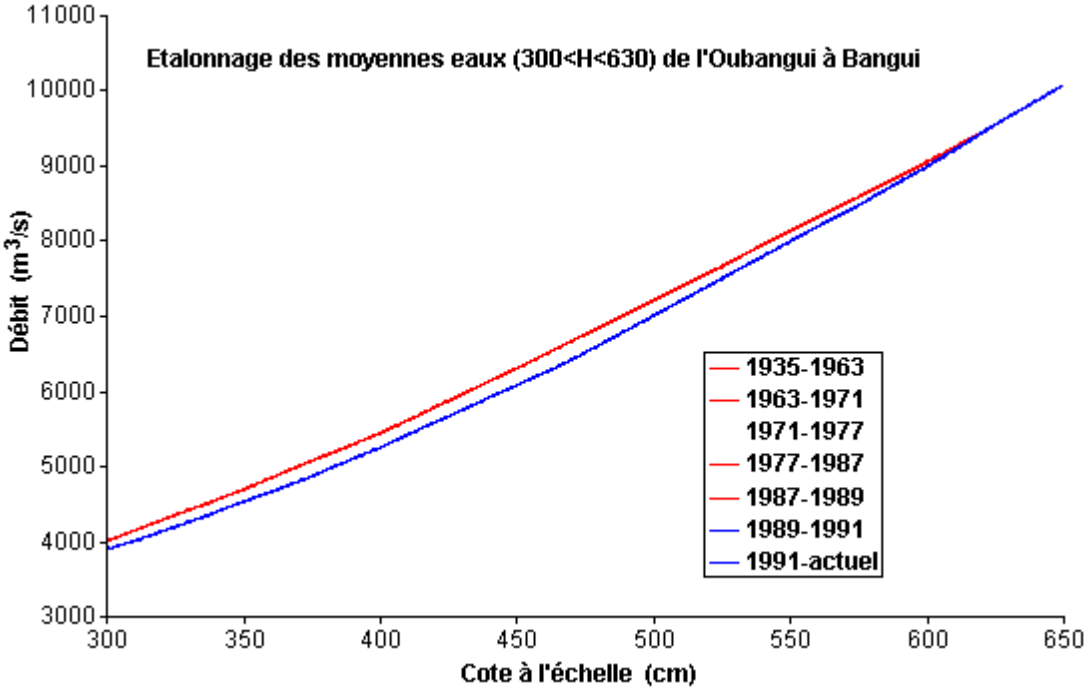
Depuis 1975, les eaux du fleuve Oubangui à Bangui n'ont jamais dépassé la cote 640. Aussi la courbe d'étalonnage des hautes eaux (630<H<900 cm) établie par Callède et *al*. (1992) ne peut être confirmée. Pour cet intervalle limnimétrique, le même barème est donc utilisé de l'origine des observations en 1911 à nos jours (Figure 1).

Figure 1 : Courbe d'étalonnage des hautes eaux de l'Oubangui à Bangui (900<H<630 cm)



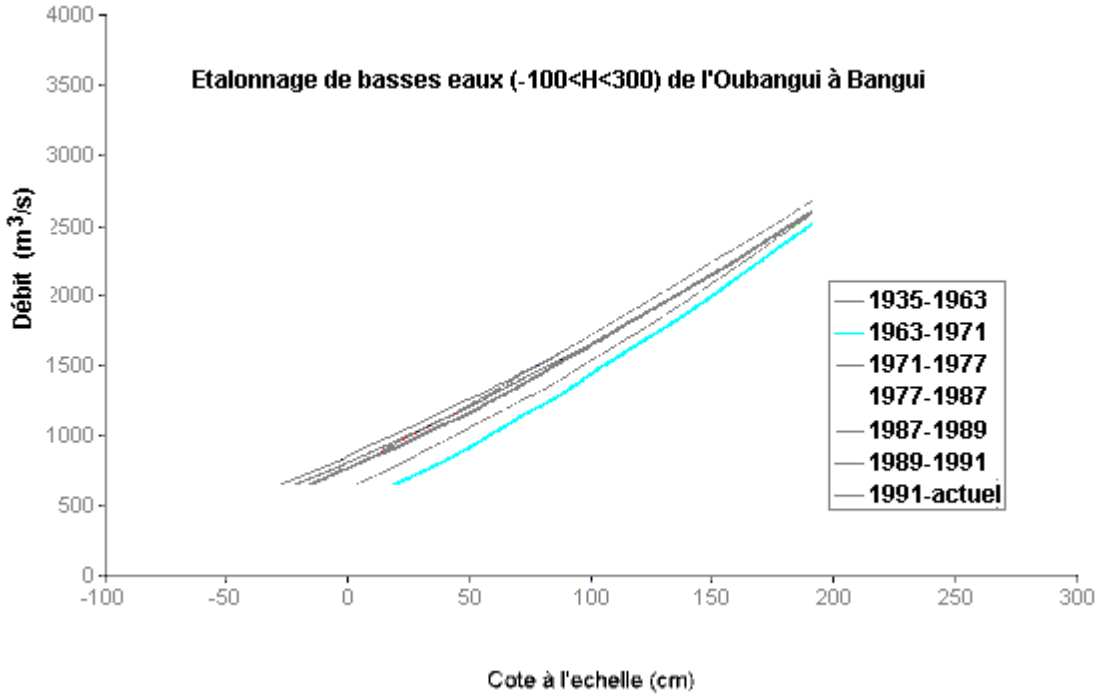
En moyennes eaux (300<H<630 cm), les sept jaugeages supplémentaires effectués en 1991 montrent une légère baisse de la courbe d'étalonnage entre 1969 et 1989, de l'ordre de 200 m^3/s pour des débits supérieurs à 4000 m^3/s (Figure 2). Or l'incertitude sur la mesure communément acceptée est de 5 à 10%. La modification est inférieure à cet écart et ne peut donc être interprétée en tant que changement de configuration du lit fluvial. Par ailleurs, le nombre de jaugeages est insuffisant pour confirmer une descente progressive de la courbe pendant la période mentionnée ci-dessus. Nous devons donc nous contenter de dates approximatives pour les limites de validité des deux barèmes retenus. Bien que trois jaugeages de 1978 semblent déjà annoncer un détarage de la station dans le haut de la courbe, il est choisi de conserver la courbe d'étalonnage de Callède et *al*. (1992) de l'origine à juin 1989, considérant que le détarage en moyennes eaux est effectif à partir de juillet 1989. Des jaugeages effectués en 1993 confirment l'actualité du nouveau barème.

Figure 2 : Courbes d'étalonnage des moyennes eaux de l'Oubangui à Bangui (300<H<630 cm)



La courbe d'étalonnage des basses eaux (-100<H<300 cm) est évidemment beaucoup plus sensible aux variations du lit fluvial. L'étude des 17 jaugeages supplémentaires effectués depuis février 1991 confirment des variations annuelles importantes de la partie la plus basse de la courbe d'étalonnage (Wesselink et *al.*, 1994). En reprenant tous les jaugeages effectués en basses eaux depuis l'origine, il apparaît que les courbes d'étalonnage s'éclatent en éventail vers les très basses eaux (Figure 3). L'écart est maximal entre la courbe 1964-1971 et la courbe 1988-1989, donnant un écart maximum de 360 m^3/s pour respectivement des débits de 660 et 1020 m^3/s, soit une différence de 65% ! Ces modifications sont largement supérieures à l'incertitude de mesures et sont donc suffisamment importantes pour pouvoir être décrites comme la conséquence de changements du lit fluvial. Globalement, il faut retenir que le lit du fleuve se comble après 1961 puis se creuse à partir de novembre 1971 pour rejoindre en 1977 le niveau de 1953 et atteindre son maximum de creusement en juin 1989. Ensuite la tendance se renverse et la courbe d'étalonnage se développe légèrement vers le bas, d'où nous supposons un léger comblement récent du lit mineur de l'Oubangui au niveau de la station hydrométrique de Bangui. En 1993, il a rejoint son niveau de 1987.

Figure 3 : Courbes d'étalonnage des basses eaux de l'Oubangui à Bangui (-100<H<300 cm)



Il faut relativiser l'impact sur le bilan annuel des débits du fleuve de ces modifications de la courbe d'étalonnage dans les très basses eaux. En effet, cet écart maximum enregistré entre les deux courbes d'étalonnage extrêmes de basses eaux ne représentent qu'une erreur de 10% sur le calcul du débit annuel. Ces modifications sont donc négligeables pour l'établissement de la chronique interannuelle des débits annuels du fleuve.

Evolution des débits annuels de l'Oubangui au cours du XXe siècle

Le calage du zéro de l'échelle limnimétrique

Depuis mars 1935, les lectures limnimétriques sont ininterrompues. Les débits moyens mensuels et annuels sont calculés à partir de cette date à l'aide des barèmes décrits ci-dessus. Entre 1911 et 1920, des lectures ont été faites mais l'altitude du zéro de l'échelle limnimétrique est incertaine (Wesselink et *al*., 1994). En effet, l'historique permet d'envisager deux hypothèses :

- *première hypothèse* : le zéro de l'échelle est resté inchangé depuis l'origine des observations (hypothèse retenue par Callède et *al*., 1992) ;
- *deuxième hypothèse* : le zéro de l'échelle en 1912 était un mètre plus haut que le zéro actuel (hypothèse possible au vue de l'historique). Les hauteurs lues doivent donc dans ce cas, être réactualisées en ajoutant 100 cm à chaque observation.

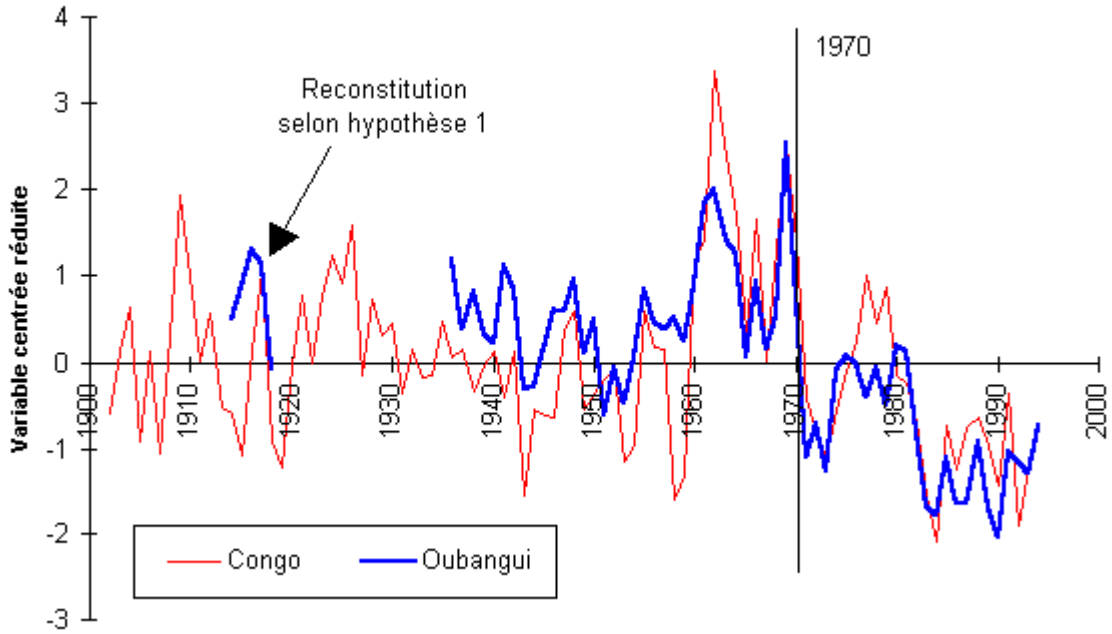
Selon la deuxième hypothèse, les 2 seules années complètes (1916 et 1917) seraient les 2 années les plus humides de toute la série des observations de l'Oubangui à Bangui. Par contre, selon la première hypothèse, les modules annuels de 1916 et 1917 seraient respectivement au rang 5 et 8 de la chronique complète observée. D'autre part, si on s'intéresse au minimum mensuel, les minimums mensuels calculés à partir de la deuxième hypothèse semblent excessifs.

Seul le fleuve Congo à Brazzaville possède des observations suffisamment anciennes pour permettre la comparaison avec les observations faites sur l'Oubangui à Bangui en début de ce siècle (Bricquet, 1995 ; Laraque et Olivry, 1995). Les rangs des maximums mensuels des années 1911-1920 de la série de Brazzaville correspondent à la série de Bangui reconstituée selon l'hypothèse 1. En effet, selon l'hypothèse 1, seules les

années 1914, 1916, et 1917 se trouvent parmi les 16 premières années à plus forte hydraulicité dans la série complète d'observation, tout comme le Congo à Brazzaville. Par contre, 5 sur les 6 années concernées se situent parmi les 16 premières années à forte hydraulicité selon l'hypothèse 2, ce qui semble excessif.

Enfin, la comparaison de l'évolution des hydraulicités de l'Oubangui à Bangui avec celles du Congo à Brazzaville en utilisant comme variable d'hydraulicité une variable centrée réduite, montre que sur la période observée 1935-1994 les fluctuations interannuelles de l'Oubangui suivent celles du Congo (Figure 4). Cette figure montre que le tracé des débits annuels de 1914 à 1918 reconstitués selon l'hypothèse 1 confirme la validité de cette hypothèse.

Figure 4 : Chroniques des débits annuels observés
de l'Oubangui à Bangui et du Congo à Brazzaville



Aussi, devant ce faisceau de présomptions favorables à l'hypothèse 1, nous retiendrons que le zéro de l'échelle limnimétrique de l'Oubangui à Bangui est resté inchangé depuis 1911, hypothèse retenue par Callède et *al*. (1992). Comme pour les années 1930, nous étendons la validité du barème des années 1950 aux années 1910, ce qui permet d'utiliser les lectures des années 1912, 1914 et de 1916 à 1920.

Chronique centennale des débits annuels de l'Oubangui

Finalement, nous possédons les débits annuels de l'Oubangui sur les périodes 1914-1918 et 1936-1994 (Tableau 2). La concordance de l'évolution interannuelle des hydraulicités du Congo et de l'Oubangui déjà noté ci-dessus permet de proposer une reconstitution des débits annuels de l'Oubangui de 1902 à 1913 et de 1919 à 1935. Cependant, il faut noter que la régression linéaire utilisée n'est pas aussi satisfaisante (R^2=0,55 / n=63) que pouvait le laisser penser la figure 4. En fait, avant 1959, la courbe d'évolution de la variable centrée réduite de l'Oubangui à Bangui est légèrement supérieure à celle du Congo, alors que les deux courbes se superposent relativement bien depuis cette date. Ainsi, le tracé de la population totale des couples de débits Congo/Oubangui met en évidence deux nuages de points distincts (Figure 5). Une première sous-population correspond aux années 1914-59 avec un coefficient de corrélation linéaire non significatif ; la seconde sous-population correspond aux années 1960-95 avec un coefficient de corrélation linéaire très satisfaisante. Les tests effectués ont montré que le choix de l'une ou l'autre régression linéaire avait peu d'effet sur le calcul final des débits

interannuels. Nous avons donc préféré utiliser la régression linéaire concernant l'ensemble du nuage de points. Cependant, aucune explication n'a pu être trouvée à cette discordance du comportement relatif des débits des fleuves Oubangui et Congo notée autour de 1960.

Tableau 2 : Chronique des débits mensuels et annuels de l'Oubangui à Bangui
de l'origine des observations à l'actuel

Origine		Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Octo.	Nov.	Déc.	Annuel
(1)	1911				1170	2560	3940	5410	6920	8860	8990	8700	5620	
(1)	1912	2850	1710	1110	1070	1220								
(1)	1913													
(1)	1914	1200	738	550	883	1040	2410	3420	5510	8020	11300	11300	*5600*	4330
(1)	1915										8500	8610	5050	
(1)	1916	2380	1400	986	1190	1990	2770	4370	6260	9290	14000	10400	5610	5050
(1)	1917	2740	1640	1240	1610	2160	3470	4440	5310	7980	12000	11200	5060	4900
(1)	1918	2780	*1600*	1130	1560	2210	2900	3790	6020	6990	6650	5910	4490	3840
(1)	1919							4610	6440	8290		8380	5370	
(1)	1920	2880	1640	1030	1110	1940	3600	5000	8020	9060				
(1)	1930													
(1)	1931													
(1)	1932													
(1)	1933													
(1)	1934													
(2)	1935	*2600*	*1900*	1460	2310	2370	3620	5560	6690	8070	9850	7650	4170	4690
(2)	1936	2270	1420	1340	1330	2450	3840	5320	7630	9330	10700	9030	4770	4950
(2)	1937	2590	1920	1430	1510	2250	3130	4100	6260	6610	8490	7990	4450	4230
(2)	1938	2460	1400	1090	1000	1830	3080	4520	7220	8310	11100	9300	4230	4630
(2)	1939	2470	1570	1250	1960	2260	2930	3820	5150	6780	7490	10000	4760	4200
(2)	1940	2400	1700	1290	1220	1920	2560	3610	6130	8120	8700	7540	3930	4090
(2)	1941	2230	1270	1020	1140	1950	4360	5590	6520	9640	9250	9720	5860	4880
(2)	1942	2750	1830	1600	1350	2140	3810	5120	7850	10200	9310	6080	3760	4650
(2)	1943	2120	1240	823	1020	1120	2210	3560	5920	7110	8370	6670	3520	3640
(2)	1944	2070	1200	1150	1600	2510	3010	3310	5180	7020	7260	6730	3050	3670
(2)	1945	1720	951	523	402	1000	2590	4070	5700	8350	10400	8300	4650	4060
(2)	1946	2230	1280	828	658	1110	2590	3640	6190	9370	10700	9710	4850	4430
(2)	1947	2440	1510	1180	1430	2740	3770	4720	7130	9190	9330	5890	3580	4410
(2)	1948	1920	1240	1210	1000	1440	2950	4700	7340	11700	11000	8540	4010	4750
(2)	1949	2160	1330	842	1100	1060	2570	3240	5880	7410	10300	8170	3890	4000

(2)	1950	1940	1130	868	1000	1920	3260	4190	6640	9200	10800	7680	3490	4360
(2)	1951	1970	1220	894	879	879	1780	2390	3930	5280	7640	9000	4710	3390
(2)	1952	2110	1230	848	1070	1660	2770	3570	5560	8300	8660	6800	3630	3850
(2)	1953	2080	1210	1050	832	1730	2580	3590	4810	7160	6990	6760	3080	3490
(2)	1954	1580	1020	1020	1010	1420	2770	4300	5450	7890	9460	7820	3820	3960
(2)	1955	2010	1390	1080	1890	2230	2590	4510	6050	8540	10800	10000	4580	4640
(2)	1956	2540	1500	1450	1590	2510	3640	4270	5230	8030	9110	7710	4110	4310
(2)	1957	2260	1280	1230	2120	2150	2970	4070	5980	6810	7720	8430	5810	4250
(2)	1958	2980	1560	1090	1170	2540	2720	4160	6050	8200	9420	7900	4370	4350
(2)	1959	2670	1400	833	964	2050	2930	3360	5660	7890	8830	8270	4620	4120
(2)	1960	2260	1380	1190	1480	2250	2850	4590	6830	8290	10600	9810	4730	4690
(2)	1961	2960	1850	1020	1040	1740	2180	4060	6920	11400	13100	12200	7470	5500
(2)	1962	3580	2090	1520	2200	2830	3910	5200	7400	9550	11700	11300	6490	5650
(2)	1963	3560	2500	2100	2340	4410	4420	5280	7600	8090	8620	7550	5370	5150
(2)	1964	3010	1570	947	1470	2220	3540	4220	5550	8970	11700	11600	5370	5010
(2)	1965	2830	1760	1340	1450	1640	2060	2950	5420	6980	8670	7950	4500	3960
(2)	1966	2260	1440	983	1580	3130	3980	4800	6800	9140	9190	8720	4580	4720
(2)	1967	2170	1270	836	660	912	2040	3890	5250	7890	10200	9060	4170	4030
(2)	1968	2080	1080	834	812	1440	2990	4890	7060	8040	8680	8440	6190	4380
(2)	1969	3270	1970	2290	3140	3710	5040	6700	9170	10200	11300	10600	5960	6110
(2)	1970	3220	2090	1480	1260	1820	2920	3710	6150	9710	9930	8600	3730	4550
(2)	1971	1880	1030	651	815	831	1280	2450	4540	6980	6970	5250	2820	2960
(2)	1972	1240	910	588	641	1140	2130	3370	4950	6310	7270	7540	3520	3300
(2)	1973	1570	881	581	573	1380	2190	2610	3940	5690	6290	5700	2420	2820
(2)	1974	1150	622	428	444	1330	2680	4560	6220	8450	9880	7120	3120	3830
(2)	1975	1500	834	657	679	1180	1760	2560	5200	9570	11500	8370	3960	3980
(2)	1976	1960	1100	838	1210	1340	3140	4000	5940	7110	7400	8130	4630	3900
(2)	1977	2630	1500	897	1010	1150	1920	3370	5470	7690	8450	5550	3100	3560
(2)	1978	1590	933	721	704	1840	2260	3970	5370	7910	8780	8400	3730	3850
(2)	1979	1990	1170	992	920	1570	2700	3710	5330	6660	6500	6760	3380	3470
(2)	1980	1710	1030	740	1150	1790	2620	4360	5910	7070	8760	8770	4950	4070
(2)	1981	2400	1350	875	1040	1700	2710	3540	6050	8930	9130	7310	3240	4020
(2)	1982	1880	1150	819	651	1030	2210	2820	4110	5220	7520	8070	3170	3220
(2)	1983	1520	756	429	394	553	1130	1980	3180	5110	6060	5310	3140	2460

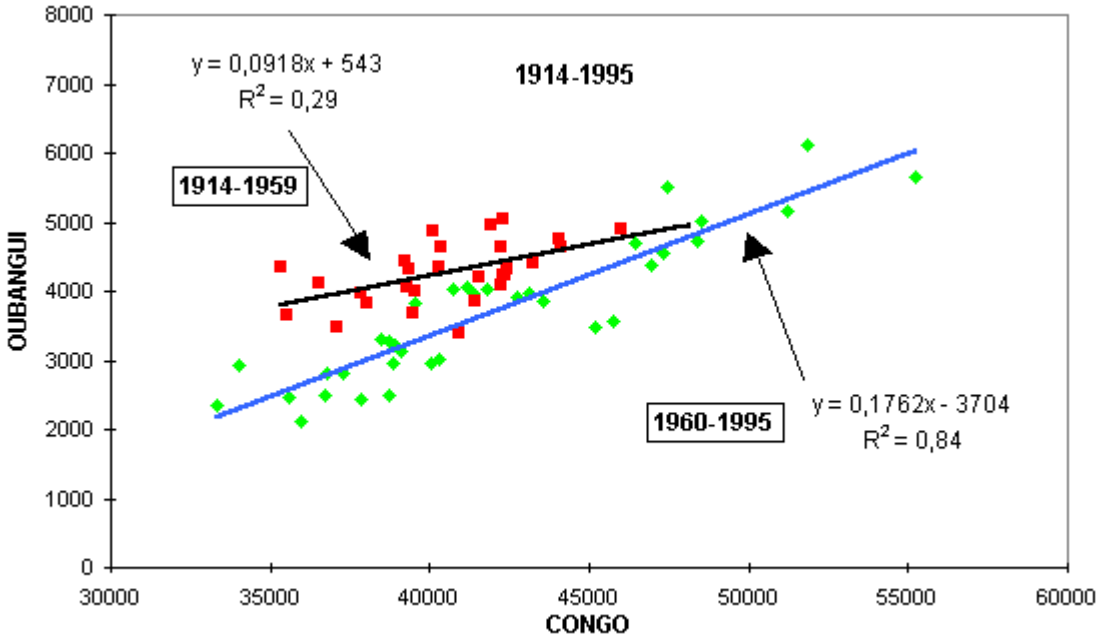
(2)	1984	1460	726	522	592	1030	1750	2500	3930	4920	5020	3750	1950	2350
(2)	1985	951	577	306	710	1620	2380	3230	4570	6200	6690	5770	2530	2960
(2)	1986	1200	678	512	625	885	1340	2460	3630	4500	6370	5060	2580	2490
(2)	1987	1120	577	395	529	744	1670	2680	2720	4630	6580	5140	3070	2490
(2)	1988	1300	717	501	487	1080	1770	2170	3980	6600	8960	6330	3530	3120
(2)	1989	1740	807	525	571	780	1520	1940	3270	4850	6200	4680	2370	2440
(2)	1990	1270	632	396	266	688	1010	1450	2820	4350	4550	4690	3280	2120
(2)	1991	1890	832	514	608	1160	2680	3290	4600	6000	5950	5770	2920	3020
(2)	1992	1220	675	423	381	655	1310	2500	4280	6530	7480	6740	2790	2920
(2)	1993	1350	719	448	492	892	2100	3440	4530	5600	5620	5150	3270	2800
	1994	1430	775	381	314	750	1640	2720	4110	6980	7580	8220	4080	3240

Périodes		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Annuel
1935 -	Moy.	2100	1240	935	1080	1670	2650	3750	5580	7610	8680	7690	4030	3920
1994	Max	3580	2500	2290	3140	4410	5040	6700	9170	11700	13100	12200	7470	
	min	951	577	306	266	553	1010	1450	2720	4350	4550	3750	1950	
1911 - 1954	Moy.	2270	1400	1070	1200	1810	3050	4220	6210	8280	9510	8290	4410	4310
1955 - 1970	Moy.	2730	1630	1260	1570	2350	3170	4420	6450	8610	9970	9260	5130	4710
1971 - 1994	Moy.	1580	874	589	659	1130	2000	2990	4530	6410	7310	6400	3230	3140

(1) Répertoire hydrologique de RCA, 1994 / (2) Orange, Le Troquer, Wesselink, 1994

italique : estimation

Figure 5 : Régressions linéaires entre les débits observés
de l'Oubangui à Bangui et ceux du Congo à Brazzaville



Les nouvelles statistiques hydrologiques pour l'aménagement du fleuve

Le tableau 2 donne la chronique de débits mensuels établie à partir des lectures limnimétriques journalières effectuées. Le débit annuel moyen de l'Oubangui à Bangui pour la période observée 1935-1994 est de 3920 m^3/s, avec des débits mensuels extrêmes moyens de 880 m^3/s en mars et 8820 m^3/s en octobre. En considérant les années observées de 1911 à 1920, le débit annuel moyen observé est alors de 3990 m^3/s. L'hydraulicité annuelle maximale est de 6110 m^3/s en 1969 et la minimale de 2120 m^3/s en 1990. La crue maximale a été observée en octobre 1916 avec un débit de 15800 m^3/s et l'étiage maximal a eu lieu en avril 1990 avec 227 m^3/s, soit 4 fois moins que la moyenne interannuelle des débits d'étiage calculée sur la période observée de 1911 à 1994.

La loi de probabilité utilisée pour la détermination des crues caractéristiques de l'Oubangui à Bangui est une loi de Jenkinson. La crue décennale est de 12450 m^3/s et la centennale de 14200 m^3/s. Aussi, la crue enregistrée en octobre 1916 est bien la crue du siècle !

La loi de probabilité utilisée pour la détermination des étiages caractéristiques de l'Oubangui à Bangui, est une loi racine carrée normale. L'étiage décennal est de 380 m^3/s et l'étiage centennal de 180 m^3/s. Il faut noter que d'une part, l'étiage de 1990 n'est pas loin de cette valeur limite centennale et que d'autre part, la plupart des étiages depuis 1983 est inférieure à la valeur limite décennale (7 sur 12).

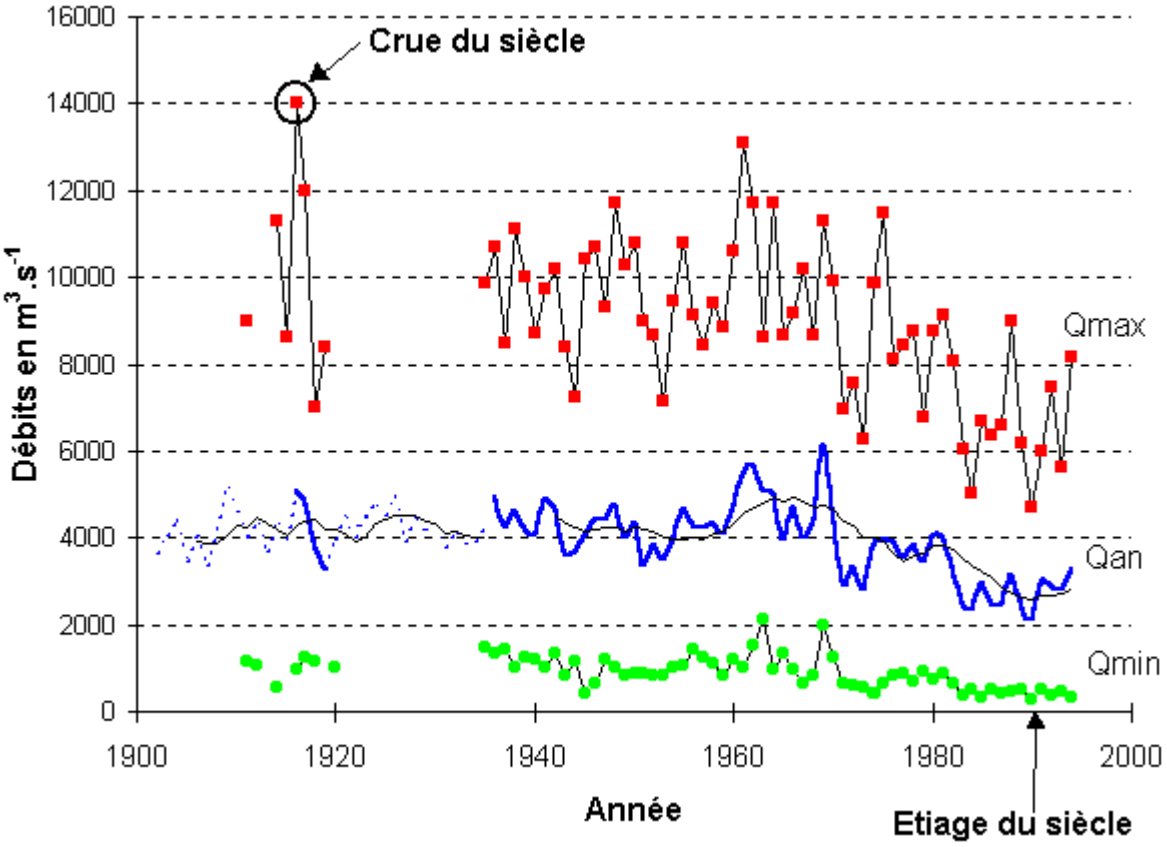
Enfin, en ajoutant les débits annuels reconstitués depuis 1902 à la chronique observée, le débit moyen annuel de l'Oubangui à Bangui est très légèrement augmenté. Il s'établit alors à 4000 $m^3/s \pm 800$.

Variabilité interannuelle des débits de l'Oubangui et phases climatiques en Afrique Centrale

Depuis 1935, la chronique des débits moyens annuels de l'Oubangui à Bangui montre une tendance à la baisse (Figure 6). En fait, une cassure apparaît au début des années 70 séparant nettement la chronique complète en deux sous-populations. En effet, depuis 1970, à l'exception de trois années (1975, 1980 et 1981), toutes les années sont en dessous de la moyenne. Le minimum annuel est atteint en 1990. Par contre, avant 1970, il n'y a que cinq années inférieures à la moyenne : 1943, 1944, 1951, 1952 et 1953. En dressant la liste des dix

modules annuels les plus faibles, il apparaît que deux ont été observés au début des années 1970 et huit après 1983.

Figure 6 : Chroniques interannuelles des débits mensuels maximums (Qmax), des débits annuels (Qa) et des débits mensuels minimums (Qmin) de l'Oubangui à Bangui



On obtient les mêmes résultats pour les débits mensuels extrêmes. Pour les débits mensuels minimums, sur les dix plus petites valeurs, une est observée en 1974 et neuf après 1985. Pour les débits mensuels maximums, seules deux des dix valeurs les plus petites sont observées avant 1983.

Les tendances linéaires calculées entre 1936 et 1994, donnent une diminution de -37% pour les débits annuels, de -36% pour les débits mensuels de crue et de -60% pour les débits mensuels d'étiage. Le coefficient de variation des débits annuels est de 9% seulement autour de la tendance linéaire, au lieu de 22% autour de la moyenne. La forte variation du débit moyen annuel annoncée sur l'ensemble de la chronique observée est donc, pour une part importante, liée à un changement abrupt de la moyenne au sein de la série du fait de la forte sécheresse entamée dès le début des années 1970 (Demarée et Nicolis, 1990).

Pour l'ensemble de la région Afrique Centrale, on retrouve les mêmes fluctuations de l'hydraulicité depuis les années 1950, même si dans le détail, il peut exister quelques différences sous-régionales (Wesselink et *al*., 1995). Par exemple, avant 1950, l'Oubangui montre des hydraulicités excédentaires que l'on ne retrouve pas sur le Congo à Brazzaville (Figure 4). Cependant, il n'est plus à douter du caractère global de la sécheresse des années 1970, démontrée par de nombreux auteurs sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest et Centrale (Faure & Gac, 1981 ; Lamb, 1982 ; Sircoulon, 1985 ; Carbonnel et *al*., 1987 ; Nicholson, 1989 ; Mahé & Olivry, 1991; Hulme, 1992 ; Janicot, 1992 ; Mahé et *al*., 1995). Ce changement climatique majeur a induit une rupture nette dans la chronique des débits annuels de ce siècle de l'Oubangui à Bangui (fig. 6). L'intensité de cette sécheresse s'est accentuée dans l'ensemble de la région Afrique Centrale depuis 1983 (Olivry et *al*., 1993 ;

Laraque et Olivry, 1995). Cela est plus marqué dans le bassin de l'Oubangui que par ailleurs, du fait de l'influence prédominante des masses d'air sèches liées à l'anticyclone continental de Libye dans la partie nord du bassin du Congo (Mahé, 1993).

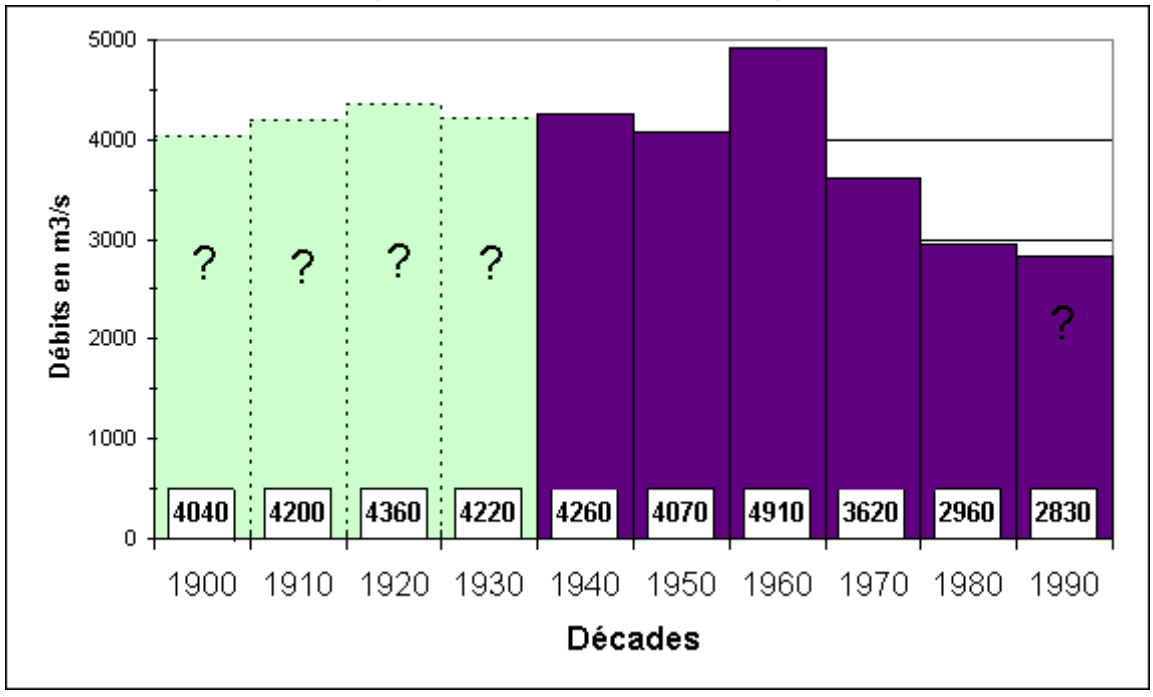
L'analyse graphique de l'évolution de la chronique des débits annuels de l'Oubangui à Bangui (Figure 6) montre une série de phases sèches et humides de faible amplitude jusqu'en 1954. Les débits annuels ont pour cette première moitié du siècle une évolution cyclique de faible amplitude autour d'une moyenne interannuelle de 4180 m^3/s avec une période de retour de l'ordre de 25 ans. On retiendra l'existence d'une petite phase sèche au début du siècle en 1902-1907, 1918-1919 puis en 1927-1934 et en 1950-1954. A l'opposé, quatre petites phases humides existent en 1911-1917, 1920-1926, 1935-1942 et 1946-1948.

Ensuite, la phase la plus humide du siècle dure 15 ans, de 1955 à 1970 ; la moyenne interannuelle est alors de 4710 m^3/s.

Elle est suivie de la phase climatique actuelle, la plus sèche du siècle. Comme cela a déjà été dit ci-dessus, le passage entre la phase humide des années 1960 et la phase sèche actuelle est marquée par une rupture nette. En deux ans, on passe de l'année la plus humide du siècle (1969 avec 6110 m^3/s) à une des années les plus sèches du siècle (1971 avec 2960 m^3/s). Le paroxysme de cette phase sèche est observé en 1990 avec 2120 m^3/s. Il faut noter à l'intérieur de cette phase sèche d'ensemble, une petite phase de sécheresse moins prononcée entre 1974 et 1981. Depuis 1971, le débit moyen interannuel est 3140 m^3/s.

La figure 7 propose le découpage de la chronique des débits de l'Oubangui à Bangui en débits décennaux. Cela met en évidence l'opposition nette entre une phase moyenne stable avant 1959 se finissant par une phase très humide dans les années 1960, et une phase sèche en décroissance continue depuis les années 1970. En effet, il est remarquable de constater la stabilité des débits décennaux de 1900 à 1959, autour de 4000 m^3/s. La décennie 1960 est largement excédentaire, et depuis cette date les débits ne cessent de diminuer. La demi-décennie actuelle, 1990-1995, est la décennie la plus déficitaire du siècle avec un débit moyen annuel de seulement 2830 m^3/s!

Figure 7 : Evolution au cours du siècle des débits décennaux de l'Oubangui à Bangui
(? : débits décennaux estimés)



Evolution en fonction de la pluviosité

On ne pourrait être complet dans cette étude sans évoquer rapidement le rôle de la pluviosité sur la variabilité des débits de l'Oubangui. En moyenne interannuelle, le bassin versant de l'Oubangui ne restitue que 17% de la pluviométrie moyenne reçue (Franquin et *al*., 1988 ; Mahé, 1993 ; Feizouré, 1994 ; Mettin, 1995).

Depuis 1951, la lame d'eau précipitée moyenne annuelle est de 1450 mm/an (Orange et *al*., 1995). L'analyse statistique de cette chronique (Wesselink et *al*., 1995) montre l'existence d'une rupture nette en 1967 entre une phase humide et une phase sèche, soit trois années avant celle enregistrée sur la chronique des débits. Il semble logique que la diminution de la pluviosité ait mis quelques années avant de se traduire dans l'évolution des débits. Par ailleurs, l'irrégularité interannuelle des pluies est plus importante que celle des débits. On voit là l'intervention de l'effet mémoire du bassin, qui se traduit pour les débits annuels par une irrégularité interannuelle moindre et par des cycles de période plus longue.

Enfin, les débits de l'Oubangui à Bangui semblent beaucoup plus influencés par le régime pluviométrique de la zone climatique soudano-guinéenne que par celui de la zone guinéenne forestière. On enregistre un décalage de deux mois entre le pic de la lame d'eau précipitée et celui de la lame d'eau écoulée (Feizouré, 1994 ; Mettin, 1995).

Fonctionnement hydrologique actuel du fleuve

Evolution de la forme de l'hydrogramme annuel de l'Oubangui

Afin de voir les conséquences éventuelles de cette baisse d'hydraulicité sur la forme de l'hydrogramme annuel, le comportement des cinq variables suivantes a été étudié :

1) la date du début de la montée de la crue, fixée à la date où les débits recommencent à augmenter ;

2) la durée de la crue, pendant laquelle le débit journalier a été au-dessus de la moyenne annuelle (exprimée en mois décimale) ;

3) l'amplitude relative de la crue, qui représente la différence entre le débit maximum journalier et le débit minimum journalier, divisée par le débit minimum journalier ;

4) le débit d'étiage, qui est le débit minimum journalier de l'année.

5) le débit de crue, qui est le débit maximum journalier de l'année.

La chute d'hydraulicité de l'Oubangui depuis 1971 n'a pas modifié la date d'arrivée de la crue ni la durée moyenne de la crue (Tableau 3). Elle arrive toujours fin avril et dure presque cinq mois. Il y a donc écrêtement de la crue annuelle et non raccourcissement de sa durée comme cela a été observé sur d'autres fleuves tropicaux (Olivry, 1993).

Tableau 3 : Evolution décennale des variables de forme de l'hydrogramme annuel de l'Oubangui à Bangui

période	début	longueur	amplitude	débit journ.	débit journ.
	(semaine)	(mois)	relative	minimum	max.

				(m^3/s)	(m^3/s)
1940-49	1ère de mai	4,9	15	965	9 700
1950-59	3ème d'avril	4,9	11	1 010	9 070
1960-69	2ème d'avril	4,9	12	1 255	10 340
1970-79	4ème d'avril	4,7	15	750	8 690
1980-89	2ème d'avril	4,8	20	540	7 680
1990-94	4ème d'avril	5,1	22	320	6 720

Par contre, l'amplitude relative de la crue a augmenté depuis les années 1950. Remarquons que le maximum annuel de la crue a diminué pendant cette même période, passant de 9700 m^3/s (moyenne sur 1940-49) à 7680 m^3/s (moyenne sur 1980-89). En fait, l'analyse des corrélations sur la période 1936-1994 montre que l'amplitude relative est corrélée négativement avec le débit d'étiage (*r* = 0,77), et que le débit maximum journalier est corrélé positivement avec le module moyen annuel (r=0,76).

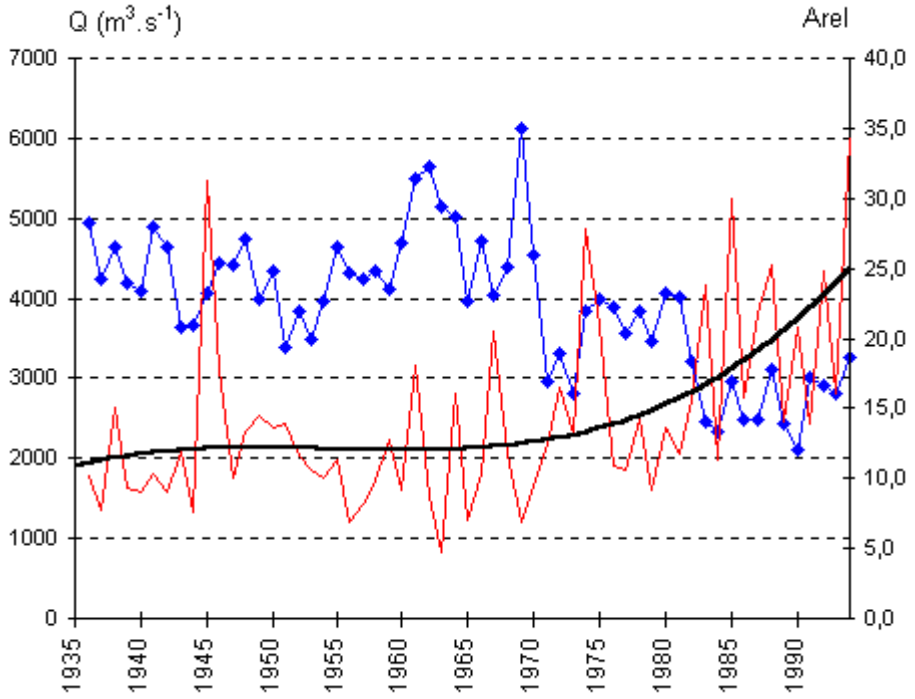
Ces observations montrent que l'amplitude relative n'augmente que parce que les débits d'étiage ont davantage baissé que les maximums. La diminution des modules moyens annuels traduit donc une diminution relativement plus importante des basses eaux que des hautes eaux. En fait, les réserves d'eau souterraine ne sont plus assez importantes pour soutenir les régimes hydrologiques en saison sèche, d'où cette faiblesse accentuée des débits d'étiage (Olivry, 1993 ; Wesselink et *al*., 1995).

Finalement, il faut retenir que l'hydrogramme annuel de crue de l'Oubangui a été considérablement réduit en volume mais pas en durée, suite à la baisse d'hydraulicité enregistrée en continu depuis 1971. Ceci s'est traduit par un hydrogramme écrêté (débit de crue moindre) et un niveau de base plus bas (débit d'étiage plus faible).

Mise en évidence d'un changement majeur du fonctionnement hydrologique de l'Oubangui

L'amplitude relative de la crue représente en fait une mesure de l'évolution interannuelle du débit d'étiage relativement à celle du débit de crue. De 1935 à 1994, la courbe d'évolution interannuelle de l'amplitude relative a une forme de type exponentiel (Figure 8). En effet, d'une tendance stable de 1935 à 1970, l'amplitude relative augmente à partir de cette date et cela s'accélère à partir des années 1980. On retrouve ici une évolution identique à celle du coefficient de tarissement de l'Oubangui à Bangui donnée par Olivry et *al*. (1993).

Figure 8 : Evolution interannuelle de l'amplitude relative (Arel)
et des débits annuels (Q)de l'Oubangui à Bangui



Cette augmentation exponentielle à partir des années 1970 souligne en fait l'importance de l'effet mémoire sur l'ensemble du bassin de l'Oubangui. Tout se passe comme si le bassin de l'Oubangui enregistrait en cumul les déficits hydrologiques successifs des années antérieures et des apports réduits aux nappes phréatiques qui s'ensuivent. Ainsi, on peut dire que cette courbe matérialise un changement majeur du fonctionnement hydrologique global du bassin versant de l'Oubangui, lié à une période trop longue de déficits annuels successifs des écoulements, ayant entraînée une réduction des réserves d'eau souterraine qui ne sont plus assez importantes pour soutenir le régime hydrologique en saison sèche. Dans l'éventualité d'un retour à une séquence climatique humide, on peut craindre la persistance de ce nouveau fonctionnement hydrologique du fleuve.

Conclusion

Toutes les informations hydrométriques disponibles (résultats de dépouillements de jaugeages, historique de la station hydrologique, lectures des cotes limnimétriques) ont été présentées pour établir un barème d'étalonnage de la station hydrométrique de l'Oubangui à Bangui couvrant tout le XXième siècle. Il a été démontré que la courbe d'étalonnage n'est pas stable en période de basses eaux. Pour cette phase du cycle hydrologique, elle doit être redéfinie chaque année.

La reconstitution des débits est relativement fiable à partir de 1935. Avant cette date, de fortes présomptions permettent de considérer que le zéro de l'échelle de l'Oubangui à Bangui est inchangé depuis son installation en 1911. En appliquant les barèmes hydrologiques des années 1950 aux quelques observations limnimétriques de ce début de siècle, on obtient alors une idée de l'intensité des écoulements mensuels de l'Oubangui à Bangui de 1911 à 1920. Enfin, une bonne corrélation avec les débits du Congo à Brazzaville a permis de proposer une reconstitution des débits annuels de l'Oubangui à Bangui pour les périodes 1902-1910 et 1920-1934.

A l'échelle du siècle, le débit moyen annuel est de 3920 m^3/s avec une variation extrême des débits mensuels au cours d'une année moyenne de 880 m^3/s en mars à 8820 m^3/s en octobre. L'année 1916 a le débit mensuel le plus élevé enregistré avec 14000 m^3/s en octobre 1916, et le module annuel le plus élevé est de 6110 m^3/s en 1969.

Le fait le plus marquant de l'évolution des débits annuels de l'Oubangui depuis le début du XXième siècle est l'importance de la rupture apparue à partir de 1971 dans l'intensité des débits annuels. En effet, de l'origine du siècle à 1954, l'hydraulicité de l'Oubangui montre une évolution interannuelle cyclique de faible amplitude autour d'une moyenne de 4180 m^3/s. La période 1955-1970 est la phase humide marquée du siècle. La moyenne annuelle est alors légèrement supérieure (4710 m^3/s). De 1971 à nos jours, l'hydraulicité diminue de plus en plus. Le paroxysme de la sécheresse semble atteint en 1990 avec un débit annuel de 2120 m^3/s seulement. Pour cette dernière période, la moyenne annuelle est de 3140 m^3/s, soit un déficit de 67% par rapport à la période précédente !

Malgré ces vingt dernières années de sécheresse, il n'y a pas eu de modification de la forme de l'hydrogramme annuel de l'Oubangui à Bangui. Par contre, ce sont les débits d'étiage qui sont les plus affectés par cette crise climatique. Sur l'ensemble de la chronique, la baisse enregistrée sur les débits d'étiage est de 60%, alors qu'elle est de 39% sur les modules annuels. Cela souligne l'état critique des aquifères dans cette zone géographique.

Par ailleurs, il apparaît que la forte baisse actuelle des débits annuels est directement liée à la baisse des précipitations avec un effet retard de l'ordre de trois années. De plus, la baisse d'hydraulicité est accentuée par un effet mémoire important de l'ensemble du bassin versant lié à l'incidence du cumul de déficits pluviométriques répétés.

L'Oubangui à Bangui est un fleuve dont la morphologie du lit change chaque année. Creusement et comblement alternent sans règle bien précise. Par ailleurs, dans ce nouvel environnement hydrologique difficile, surtout depuis les dix dernières années, la variation maximale due à la traduction en débits des cotes limnimétriques observées est de 65% entre les deux courbes d'étalonnage de basses eaux les plus disjointes. Aussi, quand on sait que c'est le débit du fleuve à Bangui qui détermine le départ des convois fluviaux entre Brazzaville et Bangui, ces chiffres nous montrent toute l'importance du suivi hydrologique en continu de ce fleuve à Bangui en saison des basses eaux.

Enfin, même si devant l'ampleur et la persistance du déficit hydrologique du fleuve, le retour à la normale semble fortement compromis, il ne faut pas oublier pour les aménagements en cours et futurs que la crue centennale est de 14 200 m^3/s !.

Remerciements Les auteurs voudraient remercier le *Service Commun de l'Entretien des Voies Navigables*, brigade Dongou à Bangui, et plus particulièrement Monsieur L. Jouny, pour l'appui apporté à cette publication, qui s'est concrétisé en trois notes de services internes aux Voies Navigables. Nous remercions également J.-C. Olivry, A. Laraque et B. Marieu pour leurs commentaires. Ce travail est le résultat d'une collaboration entre la Direction de la Météorologie centrafricaine soutenue par le projet PNUD/OMM n°CAF/91/021 et le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à Bangui engagé dans le programme PEGI-GBF (*Programme d'étude de l'Environnement de la Géosphère Intertropicale* - volet *Grands Bassins Fluviaux*) financé par l'INSU, l'ORSTOM et le CNRS. Ce programme a commencé en 1986 sur l'ensemble du bassin Congo-Zaïre et les principaux résultats sont publiés dans Olivry et Boulègue (1995).

Références bibliographiques

Anonyme (1994) Répertoire des stations hydrométriques de la République Centrafricaine. Projet PNUD/OMM CAF/91/021 "Assistance Agrohydrométéorologique et Surveillance de

l'Environnement", Rapport de la Direction de la Météorologie en RCA, 175 p.

Bricquet, J-P. (1995) Les écoulements du bassin du Congo et la spatialisation des apports. In : Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques : Congo, Niger, Amazone, *Colloque et Séminaire*, Ed. Orstom, Paris, 27-38.

Callède, J., Boulvert, Y., Thiébaux, J.P. (1992) Le bassin de l'Oubangui*. Coll. Monographies hydrologiques*, Ed. ORSTOM, Paris, 400 p.

Carbonnel, J.P., Hubert, P., Chaouche, A. (1987) Sur l'évolution de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest depuis le début du siècle. *C.R. Acad. Sc., Paris*, sér. II, 305, 625-628.

Demarée, G., Nicolis, C. (1990) Onset of sahelian drought viewed as a fluctuation induced transition. *Quart. J. Roy. Met. Soc. Paris*, 116, 221-238.

Faure, H., Gac, J.Y. (1981) Will the Sahelian drought end in 1985 ? *Nature*, 291, 475-478.

Feizouré, C.T. (1994) Conséquences de la variabilité hydroclimatique sur l'érosion dans le bassin de l'Oubangui (République Centrafricaine). Mém. DEA, Université de Bourgogne, Dijon, 85 p.

Franquin, P., Diziain, R., Cointepas, J.-P., Boulvert, Y. (1988) Agroclimatologie du Centrafrique. *Coll. Initiations - Documentations Techniques*, no. 71, Ed. Orstom, Paris.

Hulme, M. (1992) Rainfall changes in Africa : 1931-1960 to 1961-1990. *Int. J. Climatology*, 12, 685-699.

Janicot, S. (1992) Spatio-temporal variability of West African rainfall. *J. Climate*, 5, 489-511.

Lamb, P.J. (1982) Persistence of subsaharan drought. *Nature*, 299, 46-48.

Laraque, A., Olivry, J.C. (1995, *in press*) Evolution de l'hydrologie du Congo-Zaïre et de ses affluents rive droite et dynamique de ses transports solides et dissous. *Publ. AISH*, Journées Rodier, 3-4 mai 1995, Ministère de l'Environnement, Paris, 20 p.

Mahé, G. (1993) Les écoulements fluviaux sur la façade Atlantique de l'Afrique, Etude des éléments du bilan hydrique et variabilité interannuelle, Analyse de situations hydroclimatiques moyennes et extrêmes. *Etudes et Thèses*, Ed. Orstom, Paris.

Mahé, G., L'Hôte, Y., Olivry, J.C. (1995, in press) Regional rainfall variations in West and Central Africa, 1951-1989. *Global & Planetary Change*.

Mahé, G., Olivry, J.C. (1991) Changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale, du mensuel à l'interannuel. In : *Hydrology for the Water Management of Large River Basins* (Proc. Vienna Symp., August 1991), IAHS Publ., no. 201, 163-171.

Mettin, H. (1995) Variations temporelles et spatiales des lames d'eau précipitées sur l'ensemble du bassin versant supérieur de l'Oubangui (1972-1992)*. Mémoire de Maîtrise,* Université de Bangui, 94 p.

Nicholson, S.E (1989) Long-term changes in African rainfall. *Weather*, 44, 47-56.

Olivry, J.C., Boulègue, J. (1995) Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques : Congo, Niger,

Amazone. *Colloques et Séminaires*, Ed. ORSTOM, Paris, 505 p.

Olivry, J-C. (1993) De l'évolution de la puissance des crues des grands cours d'eau intertropicaux d'Afrique depuis deux décennies. *Journées Hydrologiques "Centenaire Maurice Pardé"*, Grenoble.

Olivry, J-C., Bricquet, J.P., Mahé, G. (1993) Vers un appauvrissement durable des ressources en eau de l'Afrique humide. In : Hydrology of warm humid regions (J.S. Gladwell Ed. Sci.), Proc. Yokohama Symp. Juillet 1993, IAHS Publ. n°216, 67-78.

Orange, D., Le Troquer, Y., Wesselink, A. (1994) Débits journaliers de l'Oubangui à Bangui de 1935 à 1994. Rapport du Laboratoire d'Hydrologie, ORSTOM, Bangui, 63 p.

Orange, D., Olivry, J-C., Censier, C. (1995) Variations et bilans des flux de matières particulaires et dissoutes de l'Oubangui à Bangui (de 1987 à 1992). In : Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques : Congo, Niger, Amazone, *Colloque et Séminaire*, Ed. Orstom, Paris, 147-158.

Sircoulon, J. (1985) La sécheresse en Afrique de l'Ouest, comparaison des années 1982-1984 avec les années 1972-1973. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol*., edn Orstom, Paris, XXIII, 75-86.

Wesselink, A., Orange D., Randriamiarisoa, Feizouré, C. (1994) Hydrométrie de l'Oubangui à Bangui de l'origine des observations à 1993 : mise en évidence d'un détarage. Projet PNUD/OMM CAF/91/021 "Assistance Agrohydrométéorologique et Surveillance de l'Environnement", Rapport de la Direction de la Météorologie en RCA ; Laboratoire d'Hydrologie, ORSTOM, Bangui, 34 p.

Wesselink, A., Orange, D., Feizouré, C.T., Randriamiarisoa (1995, in press) Les régimes hydroclimatiques et hydrologiques d'un bassin versant de type tropical humide : l'Oubangui (République Centrafricaine). *Publ. AISH*, Journées Rodier, 3-4 mai 1995, Ministère de l'Environnement, Paris, 20 p.

Retour en haut du document

Liste des Compléments

Complément n° 4

Les régimes hydroclimatiques et hydrologiques d'un bassin versant de type tropical humide : l'Oubangui (République Centrafricaine)

Hydroclimatology and hydrology of a wet tropical watershed : the Oubangui catchment (Centrafrican Republic)

A. J. Wesselink
Projet PNUD/OMM CAF/91/021 "Assistance en agrohydrométéorologie et surveillance de l'environnement", PNUD, BP 872, Bangui, République Centrafricaine.
adresse actuelle : FAO, BP 3971, Antananarivo, Madagascar.

D. Orange *
Laboratoire d'Hydrologie, Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France.
* : correspondant

C. T. Feizouré, Randriamiarisoa
Direction de la Météorologie, BP 224, Bangui, République Centrafricaine.

Résumé : Une étude interannuelle du régime hydrologique de l'Oubangui depuis le début du siècle permet de préciser la succession des périodes climatiques homogènes en Afrique Centrale. L'ampleur de la sécheresse enregistrée depuis 1971 marque nettement un nouvel état moyen des conditions hydroclimatiques de la région. L'influence de ces vingt dernières années de sécheresse sur la dynamique du fonctionnement hydroclimatique du fleuve et de certains affluents est analysée en utilisant l'équation du bilan hydrique. La décroissance des débits annuels est simultanée avec la baisse de la pluviométrie mais les tendances interannuelles des évolutions de la pluviométrie, de l'écoulement et du déficit d'écoulement n'ont pas subi les mêmes intensités relatives entre les zones humides et sèches du bassin. Ce schéma de fonctionnement hydroclimatique permet une vision régionale de l'état des nappes du bassin versant de l'Oubangui, montrant la précarité des ressources en eau de la zone nord.

Abstract : The study of the runoff variability from the Oubangui river, in the centre of the African continent, gives some indications on the homogeneous climatic periods of this century. A distinct break in time series of runoff was detected in 1971, showing a new average statement for Central African hydroclimatology. Then, rainfall and runoff data from several sub-catchments of the Oubangui river, are analysed using water balance for indications of changing hydroclimatological behaviour from these landscapes. The decrease in runoff is simultaneous than in rainfall. The trends for rainfall and runoff are discussed with respect to runoff deficit and groundwater reserves. The results opposed a wet part to a dry part of the Oubangui watershed. This hydroclimatological process gives a groundwater reserve pattern from the Oubangui catchment, indicating great stress for recharging groundwater reserves in the northern part of the basin.

Introduction

Les changements éventuels dans le cycle hydrologique des fleuves apparaissent graduellement au bout d'une longue période et sous des conditions hydroclimatiques variées. Leur détection est pour cela très complexe et

forcément basée sur l'analyse de séries chronologiques climatiques et hydrologiques longues. Depuis une dizaine d'années, de nombreuses études ont montré l'effet du déficit pluviométrique sur les ressources en eau de surface, surtout sur le continent africain (Mahé et Olivry ; 1995, Mahé, 1993 ; Orange et *al*., 1995), mais très peu ont discuté des conséquences pour les ressources en eau de nappe (Wilkinson et Cooper, 1993). Par ailleurs, la sensibilité des variations hydrologiques au changement climatique est encore peu documentée (Arnell, 1994), la notion de changement climatique étant encore fort discutée et discutable.

Cet article propose une analyse des variations temporelles et spatiales des régimes hydrologiques et hydroclimatiques du bassin versant de l'Oubangui, un des principaux affluents du Congo. Avec un module annuel de l'ordre de 5000 m^3/s à sa confluence, l'Oubangui est, après le Kasaï (environ 8000 m^3/s), le second tributaire du fleuve Congo dont le module à Brazzaville, près de son embouchure, est de 41 000 m^3/s (Laraque, 1993 ; Bricquet, 1995). Le Congo est le deuxième fleuve mondial par l'importance de ses débits, après l'Amazone.

Une étude interannuelle du régime hydrologique de l'Oubangui depuis le début du siècle permet de préciser la succession des périodes climatiques homogènes en Afrique Centrale. Ensuite, est analysée l'influence de ces vingt dernières années de sécheresse sur le fonctionnement hydrologique du fleuve et de quelques-uns de ces affluents en utilisant l'équation du bilan hydrique (Thornthwaite et Mather, 1955 ; Olivry, 1986 ; Schaake et Chunzhen, 1989). En effet, un bassin versant peut être décrit comme un système dynamique avec 2 compartiments, un compartiment de surface et un compartiment profond, l'aquifère (Ozga-Zielinska, 1989). L'équation du bilan hydrique, du type $P=E_T+Q+dS$ (avec P la pluviométrie, E_T l'évapotranspiration, Q le débit du fleuve, dS la variation du stock d'eau pouvant être accumulée dans le bassin), est une équation linéaire permettant de comprendre d'une part, la relation entre les variations climatiques et hydrologiques d'un bassin versant et d'autre part, d'en déduire les relations entre les deux compartiments hydrologiques du paysage. Ainsi, l'hydroclimatologie sous-régionale du bassin de l'Oubangui est étudiée à partir de l'évolution interannuelle, depuis 1953, des lames d'eau précipitées et écoulées sur différentes sous-entités hydrologiques. Enfin, une vision globale de l'état des nappes dans cette zone géographique est proposée.

Hydrologie de l'Oubangui

Le bassin de l'Oubangui se situe dans l'hémisphère nord, au cœur du continent africain ; il représente le quart septentrionale du bassin du Congo avec une superficie de 643 900 km^2 (Figure 1). Son relief est une vaste pénéplaine, alternant entre collines boisées et plateaux cuirassés. Les hauts reliefs qui dépassent rarement 1100 m, ne représentent que 5% de la superficie et sont situés sur les pourtours est, nord et nord-ouest du bassin. Le couvert végétal est relativement uniforme. La forêt dense humide semi-décidue occupe les parties méridionales du bassin sur la frontière RCA-Zaïre. Le reste du bassin est couvert par la savane arbustive ou arborée, l'extrémité nord en bordure de la zone soudano-sahélienne étant le domaine de la steppe (Boulvert, 1986 ; Boulvert, 1992).

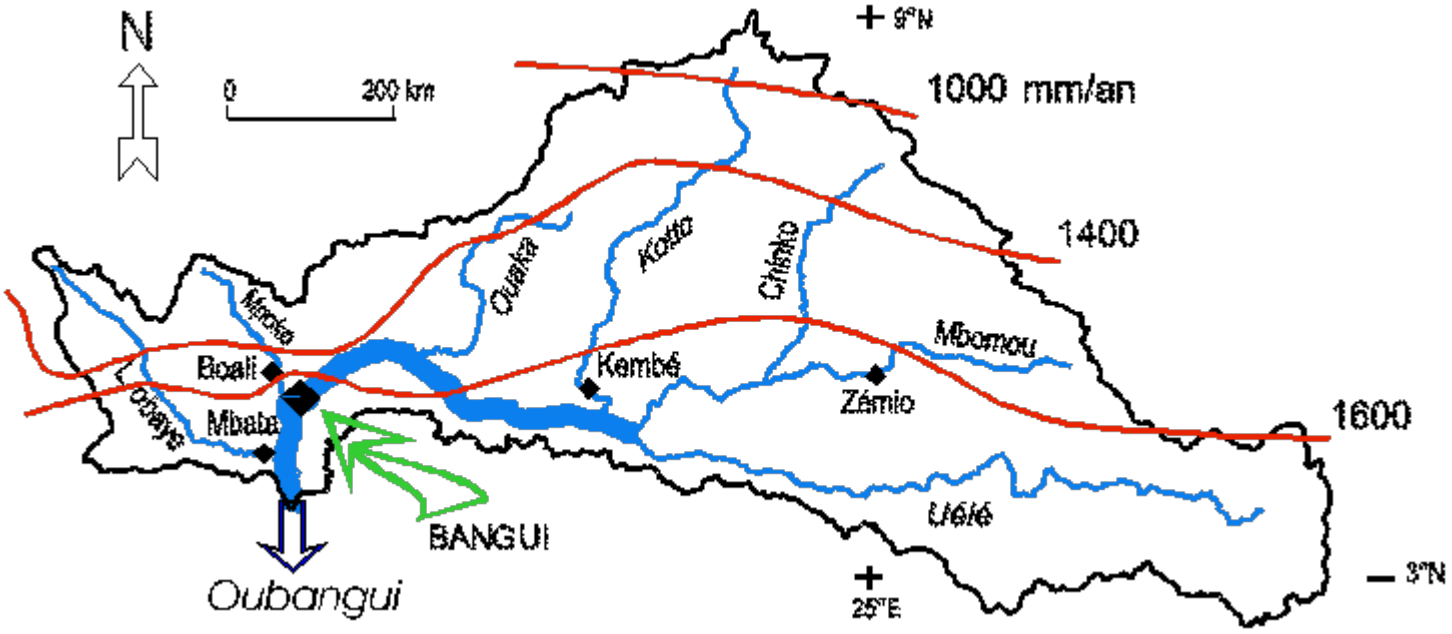


Figure 1 : Carte de situation géographique du bassin moyen de l'Oubangui
avec isohyètes interannuelles (1951-1989) et représentation schématique du mouvement des masses d'air sur le continent africain avec la position moyenne du FIT (ITCZ) en janvier.

Le climat est de type tropical humide, avec une saison sèche annuelle contrastée, sous influence continentale nord-africaine. Elle commence en octobre au Nord-Est et se généralise à l'ensemble du bassin dès janvier. La saison pluvieuse dure de 4 à 9 mois du Nord au Sud, et affecte l'ensemble du bassin de juin à septembre. La pluviosité varie de 1000 mm/an au Nord à 1700 mm/an au Sud (Figure 1), les isohyètes ont une orientation sensiblement est-ouest (Franquin et *al*., 1988 ; Mahé et *al*., 1993).

La principale station hydrométrique du bassin versant de l'Oubangui est située à Bangui, en République Centrafricaine. Cette station contrôle un bassin versant de 488 500 km^2. A ce point, l'Oubangui est encore à 600 km de sa confluence avec le Congo. Sur sa partie la plus longue (l'axe Uélé-Oubangui), il a parcouru 1900 km. Cette station est l'une des stations hydrométriques de référence internationale pour l'hydrologie africaine (Orange et *al*., 1995). Les relevés limnimétriques journaliers y sont effectués sans lacune depuis mars 1935.

D'après la classification des régimes hydrologiques de Rodier (1964), l'Oubangui à Bangui montre un régime tropical de transition. L'hydrogramme annuel typique d'un tel régime est toujours monomodal avec, en général, le maximum de crue en octobre et le minimum en mars.

Depuis 1911, les débits annuels ont varié de 6110 m^3/s (en 1969) à 2120 m^3/s (en 1990), soit dans un rapport de 3 à 1, ce qui est relativement important pour une moyenne annuelle. Le plus important débit mensuel a été observé en octobre 1916 (14 000 m^3/s), le plus faible débit mensuel maximum en novembre 1990 (4690 m^3/s), soit encore dans un rapport de 3 à 1. Les débits mensuels d'étiage ont connu une variation beaucoup plus grande : la valeur maximale observée est 2100 m^3/s (mars 1963) et la valeur minimale 266 m^3/s (avril 1990) (Tableau 1).

Tableau 1

Débits caractéristiques de l'Oubangui à Bangui
(moyenne sur les années 1916, 1917 et 1936-1994).

	moyenne	minimum	maximum	coeff. de	tendance

		(date)	(date)	variation	linéaire
annuel	3940	2120	6110	22 %	-35 %
		(1990)	(1969)		
Maximum mensuel	8960	4670 (11/1990)	14000 (10/1916)	22 %	-36 %
Minimum mensuel	891	266 (04/1990)	2100 (03/1963)	43 %	-60 %

Débits en $m^3.s^{-1}$ et date correspondante entre parenthèse

Changements climatiques en Afrique Centrale

Variation des débits annuels de l'Oubangui au cours du XXème siècle

L'analyse détaillée de la série chronologique des débits de l'Oubangui depuis 1935 et sa reconstitution depuis le début de notre siècle a déjà été présentée par Orange et *al*. (1995). Sur la base des variations de débits annuels de l'Oubangui à Bangui, il a été mis en évidence la succession au cours du siècle, de trois périodes climatiques bien différenciées (Figure 2). De l'origine en 1902 à 1954, les débits annuels ont pour cette première moitié du siècle une évolution cyclique de faible amplitude autour d'une moyenne interannuelle de 4180 m^3/s avec une période de retour de l'ordre de 25 ans. Ensuite, la phase la plus humide du siècle dure 15 ans, de 1955 à 1970 ; la moyenne interannuelle est alors de 4710 m^3/s. Elle est suivie de la phase climatique actuelle, la plus sèche du siècle avec un débit interannuel de 3140 m^3/s.

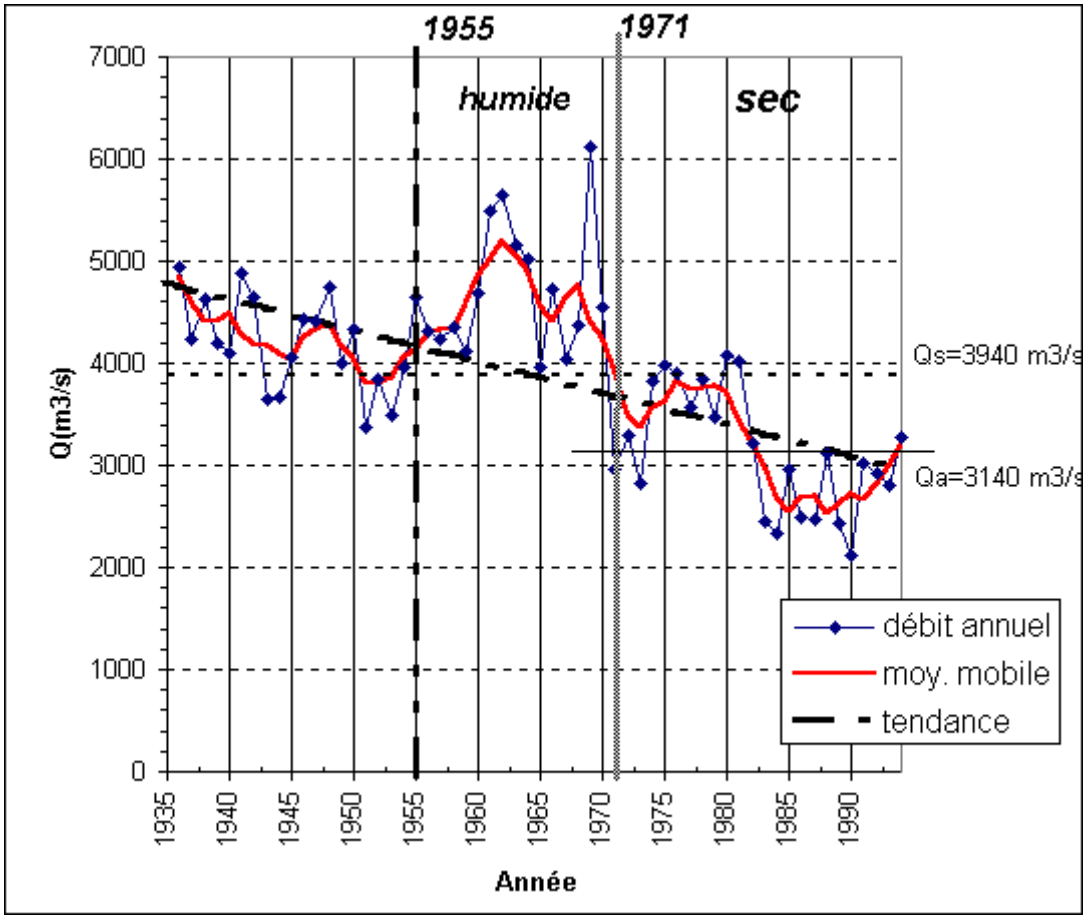


Figure 2 : Chronique des débits annuels observés de l'Oubangui à Bangui de 1936 à 1994
(moyennes mobiles sur 5 ans et tendance linéaire,
Qs est la moyenne des débits annuels sur le siècle,
Qa est la moyenne des débits annuels pour la période sèche).

Le passage entre la phase humide des années 1960 et la phase sèche actuelle est marquée par une rupture nette dans la série chronologique. On passe en deux ans, de l'année la plus humide (1969 avec 6110 m^3/s) à une des années les plus sèches du siècle (1971 avec 2960 m^3/s). De même, le découpage en débits décennaux caractérise bien cette opposition franche entre une période moyenne stable terminée par une décennie humide et une période sèche en décroissance continue depuis les années 1970 (Orange et *al*., 1995).

D'autres auteurs ont retrouvé ce brusque changement dans les années 1970 pour d'autres séries chronologiques fluviales d'Afrique de l'Ouest, ils parlent de cassure climatique (Demarée et Nicolis, 1990 ; Lubès et *al*., 1995). Il est certain que cette forte sécheresse entamée dès le début des années 1970 a entraîné au sein de la chronique des débits annuels un changement brutal de la moyenne représentative de l'hydraulicité de l'Oubangui (Figure 2). Après 25 ans, on peut se demander si cela n'a pas conduit à une modification du fonctionnement hydrologique des paysages de cette zone géographique.

Caractère régional de la sécheresse depuis 1971

Le Congo à Brazzaville, la Sangha à Ouesso (affluent du Congo drainant le Sud-Est du Cameroun) et quatre affluents centrafricains de l'Oubangui, qui sont : la Lobaye à Mbata et la Mbali à Boali pour la partie ouest du bassin de l'Oubangui, la Kotto à Kembé et le Mbomou à Zémio pour l'Est du bassin (Figure 1) ont des données de débits disponibles à partir de 1902 pour le Congo à Brazzaville (Laraque, 1993) et 1953 pour les autres.

Il est remarquable que l'année 1970 est partout humide alors que l'année 1971 est partout sèche ou moyenne

(Figure 3). Cela conforte l'idée d'une rupture nette entre une période humide de 1955 à 1970 et une période sèche depuis. En effet, on retrouve quelques années en dessous de la moyenne dans les années 1950, mais les années 1960 sont en général toutes au-dessus de la moyenne. Les années 1969 et 1970 ont une hydraulicité excédentaire dans tous les bassins. Pendant les années 1970, l'hydraulicité est de l'ordre de la moyenne ou inférieure, selon les années ou les cours d'eau, avec très rarement possibilité d'une hydraulicité excédentaire (1974 sur la Sangha, la Kotto et le Mbomou, 1980 sur le Mbomou). Par contre dans les années 1980 et surtout à partir de 1983, l'hydraulicité est en général déficitaire ; seuls les bassins du Congo et de la Sangha montrent alors des années à hydraulicité moyenne. Cette légère différence de comportement entre ces deux bassins et le bassin de l'Oubangui s'explique par une reprise de la pluviométrie vers 1985 sur plusieurs régions du bassin du Congo, dont fait partie notamment le bassin de la Sangha (Mahé, 1993). Par ailleurs, l'observation de la répartition des *maximums maximorum* et des *minimums minimorum* confirme l'analyse faite à partir des débits annuels.

Figure 3 :

Hydraulicités comparées de l'Oubangui à Bangui (1936-1993),de quatre de ces affluents (1953-1993), du Congo à Brazzaville (1936-1993) et de la Sangha à Ouesso (1953-1993)
(les valeurs moyennes sont représentées en jaune, les valeurs inférieures de 10% à la moyenne en bleu et les valeurs supérieures de 10% à la moyenne sont en vert, les cases blanches représentent les manquants).

	CONGO	**SANGHA**	**LOBAYE**	**MBALI**	**OUBANGUI**	**KOTTO**	**MBOMOU**
	Brazzaville	Ouesso	Mbata	Boali	Bangui	Kembé	Zémio
1936							
1937							
1938							
1939							
1940							
1941							
1942							
1943							
1944							
1945							
1946							
1947							
1948							
1949							
1950							
1951							
1952							
1953							
1954							
1955							
1956							

1957							
1958							
1959							
1960							
1961							
1962							
1963							
1964							
1965							
1966							
1967							
1968							
1969							
1970							
1971							
1972							
1973							
1974							
1975							
1976							
1977							
1978							
1979							
1980							
1981							
1982							
1983							
1984							
1985							
1986							
1987							
1988							
1989							
1990							
1991							
1992							
1993							

Pour l'ensemble de l'Afrique Centrale, on retrouve bien les mêmes fluctuations de l'hydraulicité depuis les années 1950, même si dans le détail, il peut exister quelques différences sous-régionales. Par contre, avant 1950, l'Oubangui montre des hydraulicités excédentaires que l'on ne retrouve pas sur le Congo. Cette dernière remarque confirme le caractère régional très marqué de la sécheresse des années 1970, qui n'est plus à démontrer (Lamb, 1982 ; Sircoulon, 1985 ; Carbonnel et *al*., 1987 ; Nicholson, 1989 ; Hulme, 1992 ; Janicot, 1992 ; Mahé et Olivry, 1995). Comme Olivry (1993), il est intéressant de noter que cette sécheresse s'est accentuée depuis 1983, sur l'ensemble de l'Afrique Centrale. Cela est plus marqué dans le bassin Oubangui que par ailleurs, du fait de l'influence prédominante des masses d'air sèches liées à l'anticyclone continental de Libye dans la partie nord du bassin du Congo (Mahé, 1993).

Analyse du fonctionnement hydrologique du fleuve

Notion de tendance linéaire

Afin de caractériser l'impact de cette sécheresse sur l'évolution du fonctionnement hydrologique du bassin versant de l'Oubangui, la notion statistique de tendance linéaire est utilisée dans toute la suite de cette étude. La tendance linéaire a l'avantage de proposer une représentation synthétique dynamique de l'évolution des paramètres hydroclimatiques considérés. Cependant, il faut préciser qu'elle donne une importance toute particulière au choix des intervalles de temps étudiés. Il est donc nécessaire d'utiliser des séries chronologiques de longueur identique et débutant la même année afin de pouvoir comparer la dynamique d'évolution des paramètres hydroclimatiques (débit et pluie) des différentes stations géographiques choisies. Tous les résultats présentés concernent donc la période commune d'observation : 1953-1988. Les tendances linéaires sont toujours calculées sur les valeurs annuelles du paramètre considéré.

La tendance linéaire des débits annuels de l'Oubangui indique une diminution de l'hydraulicité du fleuve de -35% entre 1953 et 1988.

Pluviométrie et déficit d'écoulement dans le bassin versant de l'Oubangui à Bangui

La lame d'eau précipitée annuelle a été calculée de 1953 à 1988 par la méthode du vecteur régional (Mahé, 1993 ; Mahé et *al*., 1995) sur 12 sous-bassins versants de l'Oubangui moyen, c'est-à-dire en aval de la confluence avec la Lobaye (Figure 1). Ainsi calculée, la lame d'eau précipitée moyenne sur le bassin de l'Oubangui à Bangui est de 1452 mm/an. Le minimum annuel de 1203 mm/an est observé en 1984 et le maximum annuel de 1709 mm/an en 1962. Le coefficient de variation est de 6%, nettement moins important que celui des débits moyens annuels (22%). La corrélation entre la pluviométrie annuelle et le débit moyen annuel est faible (r=0,44), ce qui constitue un fait général d'observation sur les grands bassins fluviaux.

Depuis le début de la série, c'est-à-dire en 1953, l'évolution de la pluviométrie ne montre pas de cycle apparent (Figure 4). L'analyse statistique de cette chronique à l'aide d'une moyenne mobile de 5 ans fait apparaître des cycles de courte période de l'ordre de 5 années, en accord avec ce que note Riou (1980). D'autre part, la tendance linéaire indique une baisse de -7%, soit une diminution de la lame d'eau précipitée de 108 mm sur les 35 ans observés.

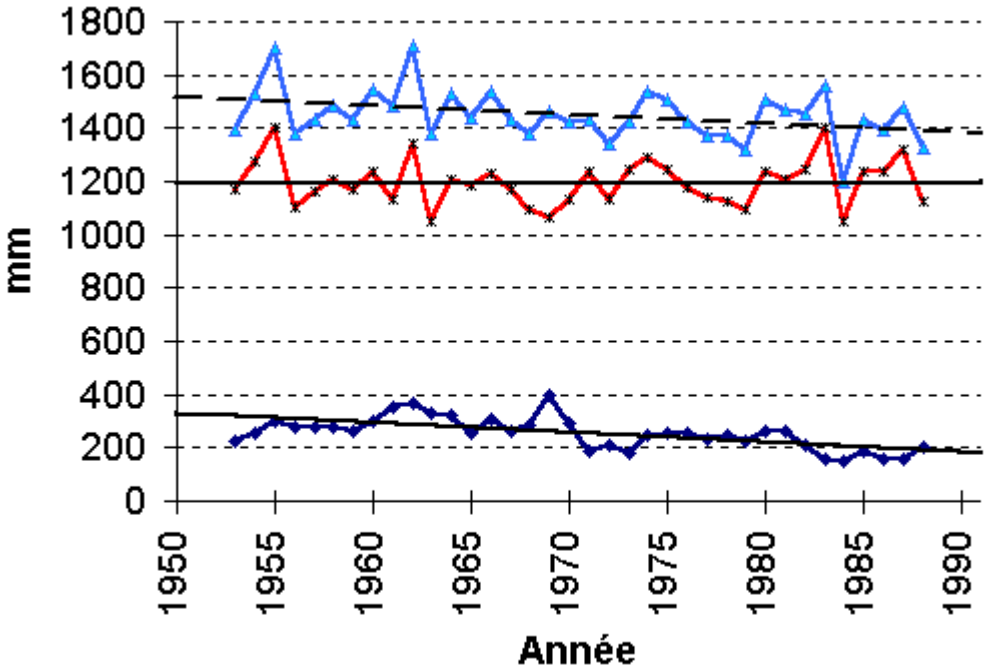


Figure 4 : Séries chronologiques de l'Oubangui à Bangui de 1953 à 1988
avec les tendances linéaires de la pluviométrie annuelle (Lp), du déficit d'écoulement annuel (DE)
et de l'écoulement annuel (Le).

Si on recherche une rupture dans cette série chronologique, elle apparaît en 1967, nettement moins marquée que pour les débits. Elle est donc enregistrée quatre années avant celle notée sur la chronique des débits. En fait, il est logique que la diminution de la pluviométrie ait mis quelques années avant de se répercuter dans l'évolution des débits. Par ailleurs, il faut noter que l'irrégularité interannuelle des pluies est plus importante que celle des débits. On voit là l'intervention de l'effet mémoire du bassin, qui se traduit pour les débits annuels par une irrégularité interannuelle moindre et par des cycles de période plus longue.

L'équation du bilan hydrique peut être formulée à des degrés divers de complexité. L'expression la plus simple est donnée par Thornthwaite et Mather (1955) :

$Lp = E_T + Le + dS$

avec Lp la lame d'eau précipitée sur le bassin, E_T la lame d'eau évapotranspirée, Le la lame d'eau écoulée et dS le volant d'eau pouvant être accumulé ou non sur le bassin, le tout étant exprimé en mm pour un laps de temps donné. Cette équation traduit simplement la loi physique de conservation de masse. La variable de stock dS correspond en fait à la potentialité du bassin à recharger la nappe.

Par ailleurs, on définit le déficit d'écoulement (DE) comme étant la différence entre la lame d'eau précipitée (Lp) et la lame d'eau écoulée (Le) :

$DE = Lp - Le$

Le déficit d'écoulement représente donc la somme de la recharge des nappes et de l'évapotranspiration réelle (dont la limite supérieure est l'évapotranspiration potentielle). A l'échelle annuelle, cette variable permet d'établir un bilan rapide de la disponibilité en eau sur le bassin. Ensuite, l'analyse de la tendance linéaire de son évolution interannuelle donne un aperçu dynamique des volumes en eau disponibles sur le bassin, d'une part pour l'évapotranspiration réelle, d'autre part pour la recharge des nappes.

Tableau 2

Caractéristiques hydrologiques des sous-bassins étudiés
(Lp : lame d'eau précipitée ; Le : lame d'eau écoulée ; Ce : coefficient d'écoulement ; Qs : débit spécifique)

	superficie	Lp	Le	CE	Qs
	km^2	$mm.an^{-1}$	$mm.an^{-1}$	%	$l.s^{-1}.km^{-2}$
Mbomou à Zémio	29 300	1400	193	14	6
Kotto à Kembé	78 400	1340	141	10	5
Mbali à Boali	4 560	1460	364	25	12
Lobaye à Mbata	31 300	1480	303	20	10

Pour le bassin de l'Oubangui à Bangui, la variation interannuelle du déficit d'écoulement est semblable à celle de la pluviométrie, à la différence importante que la tendance linéaire du déficit d'écoulement est nulle (Figure 4). En effet, la tendance linéaire de la lame d'eau écoulée correspond à une baisse d'écoulement de 106 mm pour la période 1953-1988 (Tableau 3) ; or cette valeur est égale à la décroissance absolue donnée par la tendance linéaire de la lame d'eau précipitée sur la même période. Par voie de conséquence, la tendance linéaire du déficit d'écoulement est nulle. Remarquons que ces 106 mm représentent une baisse de -35% pour l'écoulement fluvial et de seulement -7% pour la pluviométrie !

Tableau 3

Evolution de la pluviométrie, de l'écoulement et du déficit d'écoulement
dans le bassin de l'Oubangui, de 1953 à 1988

bassin versant	Mbomou à	Kotto à	Mbali à	Lobaye à	Oubangui
	Zémio	Kembé	Boali	Mbata	à Bangui
lame d'eau précipitée					
bornes (mm)	1468-1355	1437-1240	1525-1401	1460-1497	1505-1398
différence (mm)	-113	-197	-124	+37	-107
tendance linéaire	-8 %	-14 %	-8 %	+2 %	-7 %
lame d'eau écoulée					
bornes (mm)	227-158	182-88	523-207	373-204	306-200
différence (mm)	-69	-94	-316	-169	-106
tendance linéaire	-30 %	-53 %	-60 %	-45 %	-35 %

déficit d'écoulement					
bornes (mm)	1255-1132	1265-1127	1010-1151	1103-1223	1199-1198
différence (mm)	-123	-138	+141	+120	-1
tendance linéaire	-10 %	-11 %	+14 %	+11 %	0 %

Les bornes indiquées correspondent aux valeurs du paramètre considéré entre 1953 et 1988.

Ces observations mènent au raisonnement suivant. Nous avons vu que la diminution absolue de la lame d'eau précipitée (d'environ 100 mm sur les 35 dernières années) s'est traduite par une diminution absolue identique de la lame d'eau écoulée, ce qui conduit à une tendance linéaire stable du déficit d'écoulement. Ceci signifie qu'en moyenne sur les 35 dernières années, la dynamique des volumes d'eau disponibles sur l'ensemble du bassin versant de l'Oubangui est nulle, c'est-à-dire que la part totale d'eau servant à la recharge des nappes et à l'évapotranspiration réelle est restée constante.

Or d'après Boulvert (1992), la végétation dans cette région n'a pas été modifiée. Il est donc raisonnable de penser qu'il n'y a pas eu de changement dans son prélèvement absolu par transpiration ; il en est de même pour l'évaporation (Riou, 1980). On formule là l'hypothèse que la sécheresse ne s'est pas accompagnée d'une modification de la répartition mensuelle des pluies ayant pu jouer un rôle sur l'évapotranspiration (Feizouré, 1994 ; Mettin, 1995). D'autre part, il faut noter que Shaake et Chunzhen (1989) ont montré que les ressources en eau étaient nettement plus sensibles aux variations de pluviosité qu'aux variations d'évapotranspiration. On peut donc considérer, sans grande conséquence pour notre étude, que sur ces 35 dernières années l'évapotranspiration réelle est inchangée (tendance linéaire nulle).

Ainsi, la tendance linéaire nulle du déficit d'écoulement indique que le prélèvement des nappes est globalement resté le même en valeur absolue, malgré l'abaissement du niveau des nappes noté par la diminution des débits d'étiage du fleuve (Orange et *al*., 1995).

En conclusion, en moyenne depuis 35 ans et globalement sur l'ensemble du bassin versant moyen de l'Oubangui, la part absolue du prélèvement de la lame d'eau précipitée par les aquifères n'a ni diminué ni augmenté. Comment cela se traduit-il régionalement sur le bassin versant de l'Oubangui ?

Hydroclimatologie sous-régionale du bassin de l'Oubangui

Présentation de quelques affluents de l'Oubangui

Afin de comprendre la réponse hydrologique du bassin de l'Oubangui à cette nouvelle situation hydroclimatique, nous avons recherché des chroniques d'observations hydrométriques et pluviométriques suffisamment longues, sur des affluents caractéristiques. Les quatre stations, déjà citées plus haut, ont été retenues, soit d'Est en Ouest : le Mbomou à Zémio, la Kotto à Kembé, la Mbali à Boali et la Lobaye à Mbata (Figure 1). Une lacune importante dans les débits existe pour toutes les stations entre 1977 et 1987. Les lames d'eaux précipitées annuelles ont été calculées pour chaque bassin de la manière décrite ci-dessus.

Le Mbomou forme l'Oubangui, après la confluence avec l'Uélé. Son bassin versant à la station hydrométrique de

Zémio est de 29 300 km^2. Il est le sous-bassin le plus à l'Est.

La Kotto est l'affluent le plus important de l'Oubangui. A Kembé, son bassin versant est de 78 400 km^2. Il draine la partie la plus au Nord du bassin de l'Oubangui.

La Mbali est un affluent de la Mpoko. La Mpoko se jette dans l'Oubangui juste après la station hydrométrique de Bangui. Malheureusement, la station hydrométrique de la Mpoko à Bangui connaît des problèmes d'étalonnage et de disponibilité de données, aussi au lieu d'étudier son bassin de 23 900 km^2 pour représenter la partie sud-ouest du bassin de l'Oubangui, nous avons été obligés de limiter les analyses au sous-bassin de la Mbali à Boali (4 560 km^2).

La Lobaye est le dernier affluent de l'Oubangui avant son entrée dans la plaine marécageuse de son cours inférieur. A Mbata, le bassin couvre une superficie de 31 300 km^2. Il draine la partie la plus à l'Ouest du bassin de l'Oubangui.

Ces quatre affluents ont un régime tropical de transition, comme l'Oubangui à Bangui. L'écoulement moyen annuel dans les deux bassins versants de l'Est du pays est de l'ordre de 150 mm, tandis qu'il est supérieur à 300 mm dans l'Ouest (Tableau 2). La lame d'eau précipitée augmente du Nord-Est au Sud-Ouest ; les extrêmes sont représentés par le bassin de la Kotto avec 1340 mm/an et le bassin de la Lobaye avec 1480 mm/an. Ces chiffres se traduisent par un coefficient d'écoulement de l'ordre de 12% pour les sous-bassins de l'Est et de 22% pour ceux de l'Ouest.

Bien sûr, la valeur importante du coefficient d'écoulement de la Mbali est accentuée par la petite taille de son bassin, comparativement à celle des autres bassins étudiés. Ceci étant, il faut noter que l'influence de la superficie sur la valeur du débit spécifique est faible en région tropicale humide, la hauteur pluviométrique jouant le rôle explicatif principal (Callède et *al*., 1992).

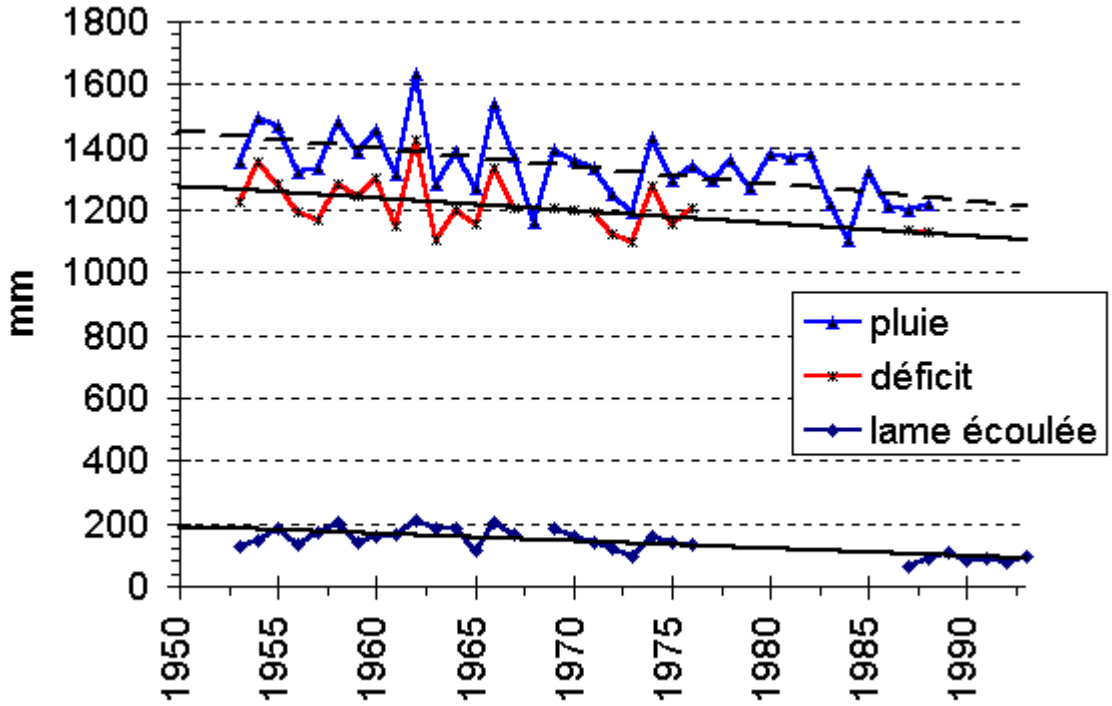
Fonctionnement hydroclimatique sous-régional du bassin de l'Oubangui

Dans les quatre sous-bassins étudiés, la chronique des débits moyens annuels montre une tendance linéaire à la baisse depuis le début des années 1950. La décroissance est maximale sur le bassin de la Mbali (-60%), minimale sur le bassin du Mbomou (-30%) (Tableau 3).

La tendance linéaire des lames d'eau précipitées annuelles indique une tendance à la baisse uniquement pour trois bassins sur quatre : de -14% sur la Kotto, -8% sur la Mbali et le Mbomou. En effet, la tendance linéaire est très légèrement positive sur la Lobaye (+2%). Pour les quatre sous-bassins, la chronique des lames d'eau précipitées évolue en dents-de-scie, caractérisant une irrégularité interannuelle classique de la variable pluie.

De ces deux paramètres, nous en avons déduit les chroniques d'évolution du déficit d'écoulement annuel (DE = Lp - Le) pour chacun des sous-bassins étudiés. Rappelons que le déficit d'écoulement avait une tendance linéaire nulle sur l'Oubangui à Bangui. Par contre, son évolution de 1953 à 1988 oppose nettement les quatre sous-bassins en deux groupes (Figure 5) : les sous-bassins de l'Est (et également les moins arrosés) avec une tendance linéaire à la baisse de leur déficit d'écoulement (de l'ordre de -10%) et les sous-bassins de l'Ouest (les bassins les plus arrosés) avec une tendance linéaire à la hausse de leur déficit d'écoulement supérieure à +10% (Tableau 3).

a) Kotto à Kembé



b) Lobaye à Mbata

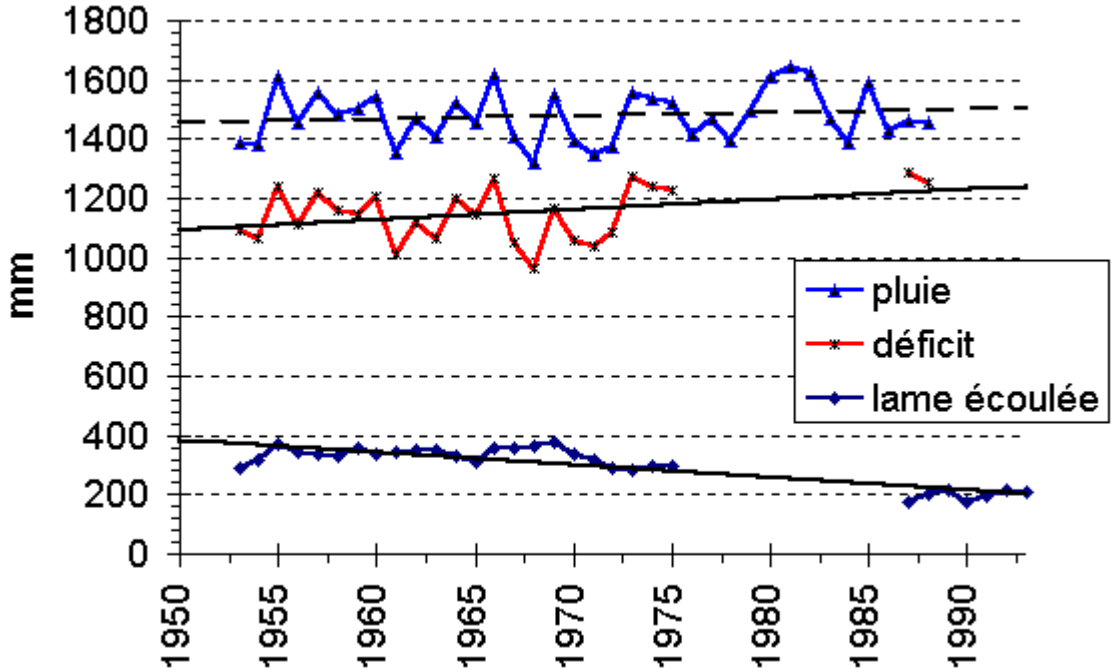


Figure 5 : Séries chronologiques de 1953 à 1988 avec les tendances linéaires de la pluviométrie annuelle (Lp), du déficit d'écoulement annuel (DE) et de l'écoulement annuel (Le)
a) de la Kotto à Kembé, b) de Lobaye à Mbata.

Cette différence de comportement du déficit d'écoulement traduit le fait que la diminution relative de la lame d'eau écoulée par rapport à la lame d'eau précipitée n'est pas identique, bien que tous les bassins montrent une tendance à la baisse de leur lame d'eau écoulée. En effet, exprimée en valeur absolue (Tableau 3), la tendance à la diminution de la lame d'eau écoulée est moins importante que celle de la pluviométrie dans les bassins les plus secs ; l'écoulement diminue de 69 mm sur le Mbomou et de 94 mm sur la Kotto, bien que la baisse de la pluviométrie soit supérieure (respectivement de 113 mm et 197 mm). Au contraire, dans les bassins les plus

humides (la Mbali et la Lobaye), la valeur absolue de la tendance à la décroissance de l'écoulement est plus importante que celle de la pluviométrie ; l'écoulement diminue de 316 mm et de 169 mm pour, respectivement, une baisse de la pluviométrie de seulement 124 mm et voir même une légère augmentation de la pluviométrie de +37 mm. Rappelons que pour l'Oubangui à Bangui, la diminution de la pluviométrie est la même que celle de l'écoulement.

Ces observations conduisent à la compréhension suivante de la dynamique du fonctionnement hydroclimatique des sous-bassins versants de cette zone d'Afrique Centrale.

Le fait que le déficit d'écoulement augmente alors que par ailleurs la pluie et l'écoulement diminuent, traduit que l'écoulement diminue plus vite que la pluie. En terme de fonctionnement hydrologique du bassin, cela signifie que la lame d'eau écoulée diminue par rapport à la lame d'eau précipitée : le bassin prélève relativement plus qu'il ne reçoit. En d'autres termes, la part du bilan hydrique qui n'est pas évacuée en écoulement de surface augmente. On rappelle que cette part représente la somme de l'évapotranspiration réelle et de la recharge des nappes. Aussi, à caractéristiques physiographiques égales (en suivant le même raisonnement que pour l'Oubangui ci-dessus), on peut penser que les nappes se rechargent. Cependant, l'examen de la chronique des débits d'étiage, que ce soit pour la Lobaye ou la Mbali, ne montre pas d'évolution significative pouvant confirmer cette hypothèse. Les niveaux de base sont toujours à la même cote depuis 1988.

A l'inverse, et plus dramatique pour la région, la diminution du déficit d'écoulement signifie que la part du bilan hydrique qui n'est pas évacuée en écoulement de surface diminue : le bassin prélève relativement moins qu'il ne reçoit. On peut alors affirmer que les nappes, déjà très fortement ponctionnées (Callède et *al*., 1992 ; Olivry, 1993 ; Orange et *al*., 1995), ont une très forte probabilité de ne pouvoir se recharger, la part du bilan de l'eau destinée à l'alimentation des nappes ayant tendance à diminuer. Dans ce cas, l'observation des chroniques de débits d'étiage montre également une tendance à la baisse du niveau des nappes.

Dynamique actuelle de la recharge des nappes sur le bassin de l'Oubangui

Callède et *al*. (1992) ont montré que sur le bassin de l'Oubangui la hauteur pluviométrique joue le rôle principal dans le classement des bassins versants en fonction de leur débit spécifique, l'influence de la superficie étant très faible. Le débit spécifique traduit donc pour le bassin de l'Oubangui une classification dépendant en premier lieu des caractéristiques physiographiques des bassins considérés. La Lobaye, la Mpoko dont la Mbali est un affluent, et l'Uélé sont les seuls bassins à avoir un débit spécifique supérieur à 10 l/s/km^2. Tous les autres bassins ont un débit spécifique inférieur à cette limite. A partir de cette répartition des entités hydrologiques constitutives du bassin versant moyen de l'Oubangui, on propose une photographie des potentialités du fonctionnement hydroclimatique de l'ensemble du bassin sur la base des conclusions précédentes.

En effet, afin de régionaliser nos résultats, on suppose que la Lobaye et la Mpoko ont un fonctionnement hydrologique caractéristique des bassins versants ayant un débit spécifique supérieur à 10 l/s/km^2, et que la Kotto et le Mbomou ont un fonctionnement hydrologique caractéristique des bassins versants ayant un débit spécifique inférieur à 10 l/s/km^2. En extrapolant cela à l'ensemble du bassin de l'Oubangui, on obtient deux parties bien groupées et de superficie sensiblement égale à dynamiques hydroclimatiques opposées (Figure 6).

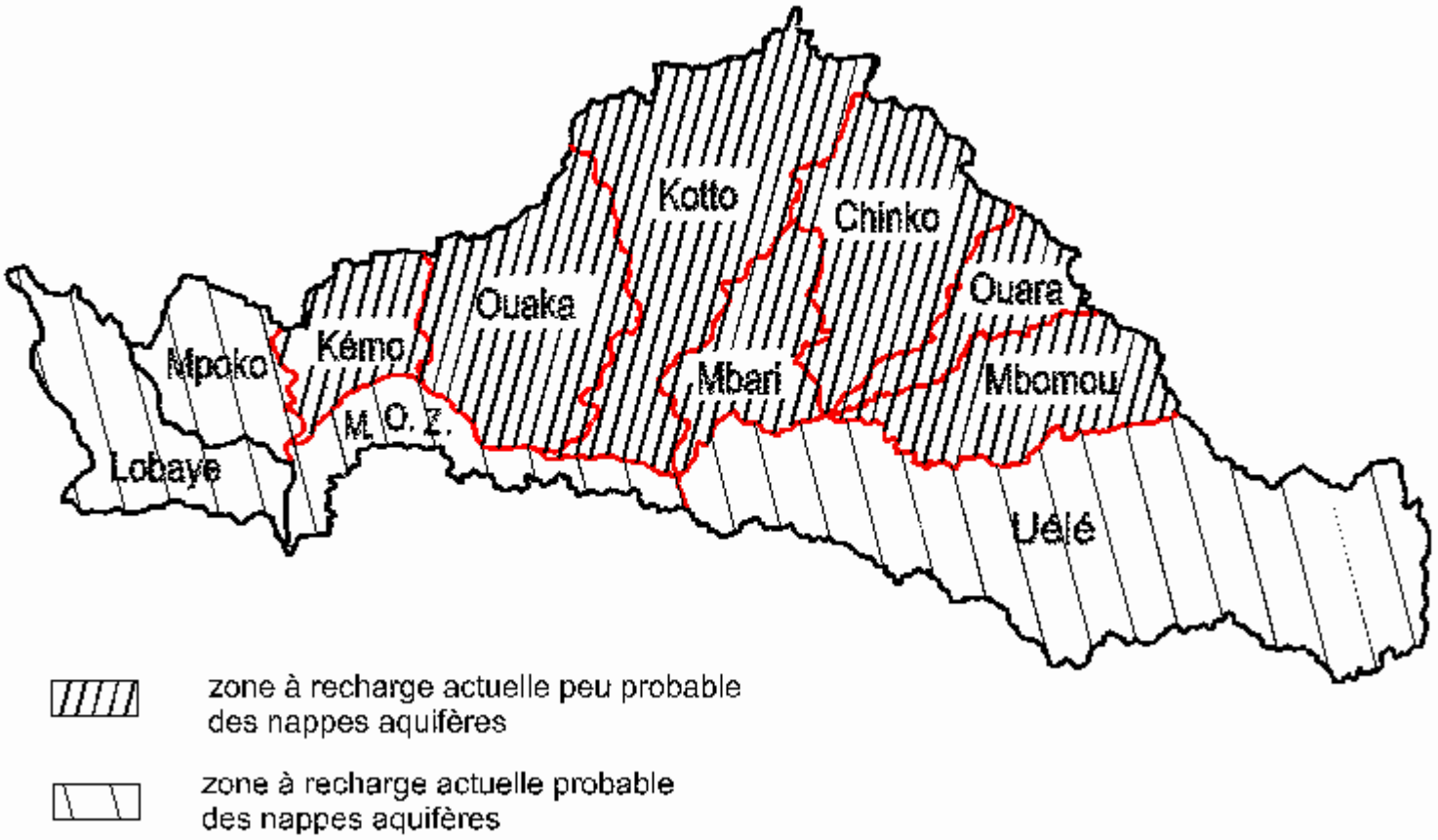


Figure 6 : Potentialités du fonctionnement hydroclimatique sous-régional du bassin moyen de l'Oubangui (M.O.Z. : Moyen Oubangui Zaïre).

On distingue une zone nord sèche montrant des difficultés en réapprovisionnement de ses nappes et une zone sud humide dont les caractéristiques hydrologiques peuvent laisser croire à une recharge actuelle des nappes. La répartition en surface de ces deux zones est respectivement de 56% et 44%.

Conclusion

En Afrique Centrale, les premiers déficits pluviométriques ont été observés en 1967 et se sont traduits par la baisse des régimes hydrologiques de l'ensemble des cours d'eau de la région à partir de 1971. Par rapport aux sécheresses précédentes connues, celle-ci est exceptionnelle par son ampleur tant spatiale que temporelle. En effet, le déficit hydrologique s'est encore accentué à partir de 1983. En 1994, le niveau des fleuves est toujours au plus bas. Après 25 années de sécheresse, on est en droit de parler de rupture dans les séries chronologiques hydrologiques en deux sous-populations, marquant nettement un nouvel état moyen des conditions hydroclimatiques de la région depuis 1971. La notion de moyenne du siècle est donc inadaptée à la description hydroclimatique de la zone.

Par sa position continentale, le bassin de l'Oubangui est particulièrement intéressant pour noter si ce changement hydroclimatique majeur a modifié le fonctionnement hydrologique des paysages dans cette zone géographique.

A l'échelle globale du bassin versant moyen de l'Oubangui, la baisse de l'écoulement enregistrée par rapport au début des années 1950 correspond à la baisse de la pluviométrie. Par contre, régionalement, deux ensembles de superficie équivalente s'opposent du point de vue du fonctionnement hydroclimatique. En effet, à partir de l'étude des déficits d'écoulement, la recharge actuelle des nappes aquifères semble probable au Sud, même si

ceci ne s'est pas encore traduit par une hausse des débits d'étiage des cours d'eau de cette zone. Par contre, la situation est beaucoup plus critique au Nord, où il semble que la recharge actuelle des nappes aquifères est peu probable. Ce schéma de fonctionnement hydroclimatique sous-régional du bassin versant de l'Oubangui met l'accent sur la précarité des ressources en eau de la zone nord, qui correspond tout de même à près de 50% de la superficie totale du bassin. Une étude spécifique devrait donc être menée pour confirmer et préciser les modalités de réapprovisionnement des nappes dans cette région.

De toute façon, le retour à la normale semble fortement compromis même dans l'hypothèse de plusieurs années consécutives de régimes pluviométriques excédentaires. L'amplitude et la durée de la période déficitaire récente et actuelle sont très marquées et viennent conforter l'hypothèse d'un possible changement du climat, sinon à l'échelle planétaire, du moins à l'échelle de l'Afrique Centrale.

Remerciements. Cette étude a été réalisée dans le cadre de l'opération Grands Bassins Fluviaux (GBF) du *Programme Environnement de la Géosphère Intertropicale* (PEGI), financé par l'association INSU-ORSTOM-CNRS et dont l'objectif est de caractériser la dynamique actuelle des grands écosystèmes intertropicaux par un suivi à long terme des fluctuations hydroclimatiques et des flux fluviaux de matières. Ce travail est le résultat d'une collaboration suivie entre le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à Bangui et la Direction de la Météorologie Centrafricaine. Gil MAHE est vivement remercié pour avoir permis l'utilisation d'une part, de la banque de données pluviométriques d'Afrique Centrale qu'il a réactualisée dans ses travaux de thèse, et d'autre part, de sa chaîne de traitement pluviométrique pour le calcul des lames d'eau précipitées. Nous remercions également Jean-Claude OLIVRY pour son aide et ses remarques avisées, de même que les relecteurs pour leurs nombreux commentaires.

Références

Arnell, N.W. (1994) Hydrology and climate change. In : *The Rivers Handbook*, Ed. P. Calow & G.E. Petts, Blackwell, Oxford, UK, vol. 2, 173-185.

Boulvert, Y. (1986) Carte phytogéographique au 1/1 000 000, République Centrafricaine. *Notice explicative*, no. 104, Ed. Orstom, Paris.

Boulvert, Y. (1992) Documents phytogéographiques sur les savanes centrafricaines. *Note du Laboratoire des Formations Superficielles*, Orstom, Bondy.

Bricquet, J-P. (1995) Les écoulements du Congo à Brazzaville et la spatialisation des apports. In : Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques : Congo, Niger, Amazone, *Colloque et Séminaire*, Ed. Orstom, Paris, 27-38.

Callède, J., Boulvert, Y., Thiébaux, J.P. (1992, *à paraître*) Le bassin de l'Oubangui. *Coll. Monographies Hydrologiques*, Ed. Orstom, Paris.

Carbonnel, J.P., Hubert, P., Chaouche, A. (1987) Sur l'évolution de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest depuis le début du siècle. *C.R. Acad. Sc., Paris*, sér. II, 305, 625-628.

Demarée, G., Nicolis, C. (1990) Onset of sahelian drought viewed as a fluctuation induced transition. *Quart. J. Roy. Met. Soc. Paris*, 116, 221-238.

Feizouré, C. (1994) Conséquences de la variabilité hydroclimatique sur l'érosion dans le bassin de l'Oubangui (République Centrafricaine). *Mém. DEA*, Univ. Bourgogne, Dijon ; Laboratoire d'Hydrologie, ORSTOM, Bangui.

Franquin, P., Diziain, R., Cointepas, J.-P., Boulvert, Y. (1988) Agroclimatologie du Centrafrique. *Coll. Initiations - Documentations Techniques*, no. 71, Ed. Orstom, Paris.

Hulme, M. (1992) Rainfall changes in Africa : 1931-1960 to 1961-1990. *Int. J. Climatology*, 12, 685-699.

Janicot, S. (1992) Spatio-temporal variability of West African rainfall. *J. Climate*, 5, 489-511.

Lamb, P.J. (1982) Persistence of subsaharan drought. *Nature*, 299, 46-48.

Laraque, A. (1993) Matter exportation of Congo river. In : *Proc. Int. Perspect. Environ. Geochem. Trop. Countries (Niteroi, Brazil, novembre 1993)* (ed. by J.J. Abrao, J.C. Wassermann & E.V. Silva-Filho), Univ. Federal Fluminense/department Geochemistry, Brésil, 327-331.

Lubès, H., Aka, A., Masson, J.M., Servat, E., Paturel, J.E., Kouame, B. (1995) Essais de mise en évidence d'une variation climatique par application de tests statistiques à des séries chronologiques de débit, Application aux grands fleuves de Côtes d'Ivoire. In : *Méthodes statistiques et bayesiennes en hydrologie* (Proceedings of International Conference in honour of J. Bernier, Paris, September 1995), UNESCO Publ.

Mahé, G. (1993) Les écoulements fluviaux sur la façade Atlantique de l'Afrique, Etude des éléments du bilan hydrique et variabilité interannuelle, Analyse de situations hydroclimatiques moyennes et extrêmes. *Etudes et Thèses*, Ed. Orstom, Paris.

Mahé, G., Olivry, J.C. (1991) Changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale, du mensuel à l'interannuel. In : *Hydrology for the Water Management of Large River Basins* (Proc. Vienna Symp., August 1991), IAHS Publ., no. 201, 163-171.

Mahé, G., L'Hôte, Y., Olivry, J.C. (1993, *à paraître*) Regional rainfall variations in West and Central Africa, 1951-1989. *Global & Planetary Change*.

Mahé, G., Delclaux, F., Crespy, A. (1995, à paraître) Elaboration d'une chaîne de traitement pluviométrique et application au calcul automatique de lames précipitées (bassin-versant de l'Ogooué au Gabon). *Hydrol. Continent*., Ed. Orstom, Paris.

Mahé, G., Olivry, J.C. (1995) Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. *Sécheresse*, no. 6(1), 109-117.

Mettin, H. (1995) Variations temporelles et spatiales des lames d'eau précipitées sur l'ensemble du bassin versant supérieur de l'Oubangui (1972-1992). *Mémoire de Maîtrise*, Université de Bangui, Rapport ORSTOM du Laboratoire d'Hydrologie, Centre ORSTOM de Bangui, 94 p.

Nicholson, S.E (1989) Long-term changes in African rainfall. *Weather*, 44, 47-56.

Olivry, J-C. (1986) Fleuves et rivières du Cameroun. Thèse d'Etat, Orstom.

Olivry, J-C. (1993) De l'évolution de la puissance des crues des grands cours d'eau intertropicaux d'Afrique depuis deux décennies. *Journées Hydrologiques "Centenaire Maurice Pardé"*, Grenoble.

Orange, D., Feizouré, C., Wesselink, A. (1995, à paraître) Variabilités hydrologiques de l'Oubangui à Bangui au cours du XXème siècle. In : Proceedings des *Journées Scientifiques de FRIEND-AOC* , Cotonou, décembre 1995, Ed. UNESCO, 20 p.

Ozga-Zielinska, M. (1989) Droughts and floods - their definition and modeling. In : *New Directions for Surface Water Modeling* (Proceedings of the Baltimore Symposium, May 1989), IAHS Publ., 181, 313-325.

Riou, C. (1980) Aspects climatiques de la sécheresse de part et d'autre du Sahara (de l'Afrique Centrale sèche à la Tunisie). *Cah. ORSTOM, sér. Biol*., Ed. Orstom, Paris, 42, 43-51.

Rodier, J. (1964) Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'Ouest du Congo. *Mémoires Orstom*, no.6, Ed. Orstom, Paris.

Schaake, J.C. Jr., Chunzhen, L. (1989) Development and application of simple water balance models to understand the relationship between climate and water resources. In : *New Directions for Surface Water Modeling* (Proceedings of the Baltimore Symposium, May 1989), IAHS Publ., 181, 343-352.

Sircoulon, J. (1985) La sécheresse en Afrique de l'Ouest, comparaison des années 1982-1984 avec les années 1972-1973. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol*., edn Orstom, Paris, XXIII, 75-86.

Thornthwaite, C., Mather, J. (1955) The water balance. *Publ. in Climatology*, 8, C.W. Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, Centerton, NJ.

Wilkinson, W.B., Cooper, D.M. (1993) The response of idealized aquifer/river systems to climate change. *Hydrological Sci. J.,* 38, 5, 379-390.

Retour en haut du document

Liste des Compléments

Complément n° 5

Temporal variations of Sr isotopic ratios, major and trace elements composition of the Oubangui river basin : Implications for the source of material.

P. NEGREL
B.R.G.M., Direction de la Recherche, Département Géochimie et Physico-chimie, Avenue de Concyr, BP 6009, 45060 Orléans

B. DUPRE.
UMR 39 (CNES / CNRS), 18, avenue Edouard BELIN 31 055 Toulouse Cedex

Abstract

Strontium isotopic ratios have been measured for dissolved and suspended loads firstly on samples taken monthly from the Oubangui River in Central African Republic. Secondly, on samples taken on time of high discharge from all of the rivers of this drainage basin.

For the dissolved load of the Oubangui river, the 87Sr/86Sr ratios range from 0.7185 to 0.7205 between times of low and high discharge. We observe also a general decrease of major and trace element concentrations (Cl, Ca, Na, Mg, Sr) associated with the increasing discharge. These variations cannot be explained simply by dilution of the basic flow by an input of rain water, because the mean strontium isotopic composition of rain water in CentralAfrica (0.7104) is not consistent with the increase of the 87Sr/86Sr ratio on the Oubangui River.

For all the samples, the 87Sr/86Sr ratios measurement is associated with major and trace cation ratios (Na/Sr, Ca/Na) determination. The coupled variation of isotopic ratios and major element contents clearly implies that on the small watershed, a part of the variation in cation ratios results from the mixing of at least two different water pools. The 87Sr/86Sr ratios of springs and on the soluble fraction of soil samples implies that the first pool is located in calcareous rocks (which are not exposed) and the second in the soil zone. A two component mixing model shows a predominance of the soil reservoir during the rainy season. On the Oubangui River, the existence of a third pole is clearly shown on low water period. This third component is linked with the hydrological functioning of this basin. On low water period, the Uele River is the principal tributary of the Oubangui River. The Uele River drains an 2000 M. a. granite-gneiss basement and exhibits isotopic and cation characteristics different from those of the other reservoirs.

For the suspended load, the isotopic data range from 0.741 to 0.723 between times of high and low discharge. Associated with these variations, the strontium concentrations exhibit great variations (45 to 160 ppm). These results show that the suspended load carried by the Oubangui River during the year have not a single origin. We proposed that the clay minerals came either from different levels of the weathering profile or from different areas (as dissolved load), and contribution differently as a time function. The isotopic heterogeneity originates in the existence of waters in the soils zone of different isotopic composition.

1. Introduction

The chemical and isotopic surface water characteristics result from chemical weathering of different rock types. Investigation of the variations in major and trace elements chemistry of a river reveal informations about hydrological functioning and weathering processes (Gibbs, 1972; Miller and Drever, 1977; Stallard and Edmond, 1981; Sarin et al., 1989). Investigation of variations in isotopic compositions of a river help us understand the cycle of elements (Wadleigh and Veizer, 1985; Stettler and Allegre, 1977; Goldstein and Jacobsen, 1987, 1988; Sarin et al., 1990). The large basin (like Amazon, Congo...) study require the knowledge of the different element sources (Carbonnel and Meybeck, 1975; Stallard, 1980; Sarin et al., 1989).

The purpose of this study is to examine the strontium isotopic variations of dissolved and suspended loads of a tropical drainage basin in complement of major and trace elements investigation in order to improve the knowledge of these sources. Rocks of different characteristics release strontium into surface waters by chemical weathering. The strontium isotope ratio is quite different as a rock type function provides different 87Sr/86Sr ratios. Waters which drains old rubidium rich silicates rocks exhibit high 87Sr/86Sr and low Sr content (Steele and Pushkar, 1973; Wadleigh and Veizer, 1985). On the contrary, water draining rubidium poor rocks such as carbonates have low 87Sr/86Sr ratios (Albarède and Michard, 1987) because these ratios are related with the strontium isotopic composition of sea-water at time of deposition (Veizer and Compston, 1974).

2. The Oubangui basin

The Oubangui drainage basin is located in the centre of the African continent (Figure 1). This basin extends on the Central African Republic from 25°E (Sudan - Uganda) to 15°E (Congo) and from 10°N to 4°N (Congo - Zaire).

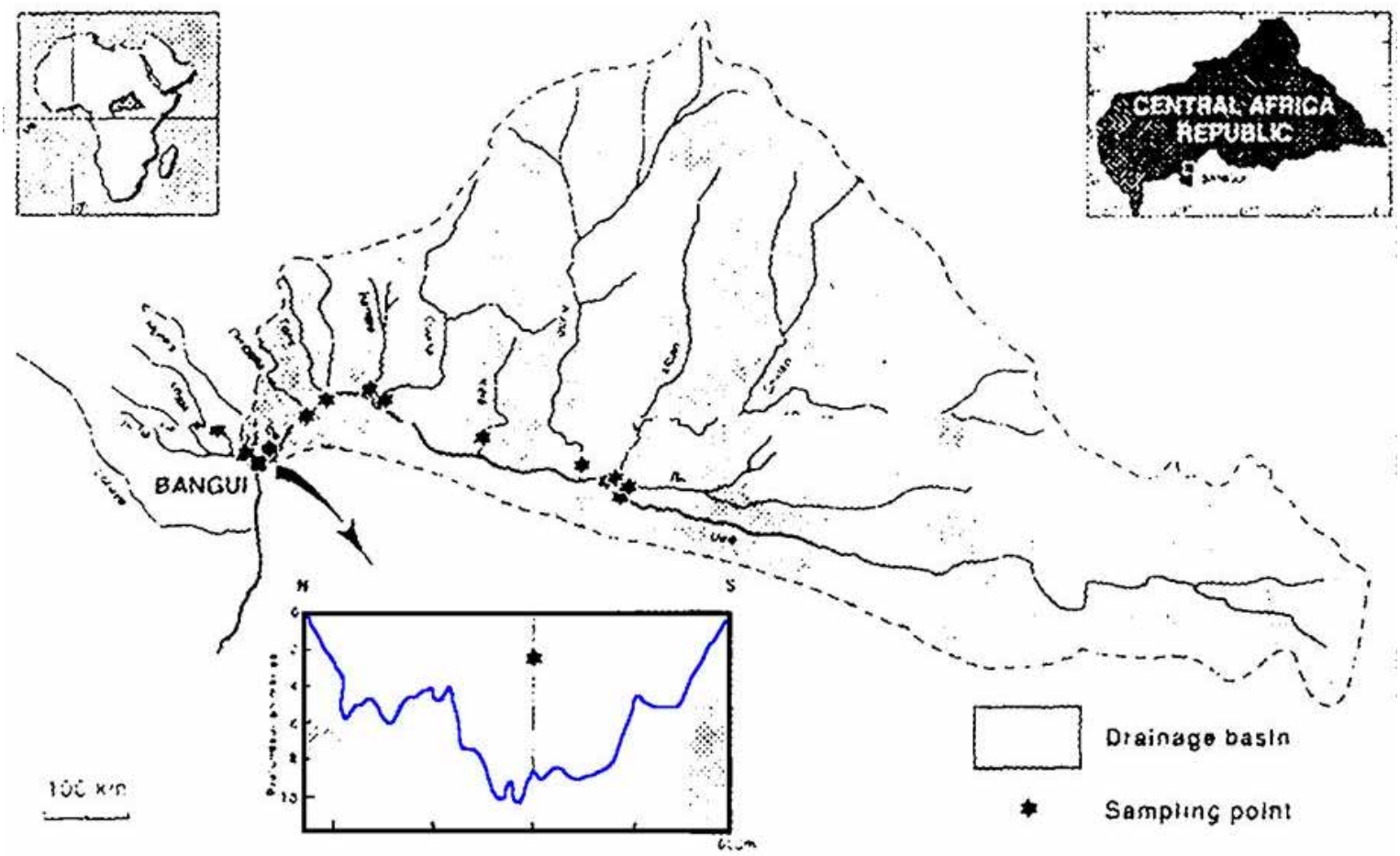


Figure 1 : Oubangui river and its tributaries drainage basin. Sample location map.

The Oubangui river drainage basin occupies an area of about 619,000 km^2 at the Oubangui - Congo - Zaire confluence (Olivry et al., 1988). At the Bangui station, this drainage basin is about 480,000 km^2 (Boulvert, 1987). The Oubangui tributaries came as a whole from the right bank and implies a dissymmetrical form for the drainage basin (Figure 1).

The main stream of the Oubangui is formed after the confluence of the Uele and Mbomou rivers. The Uele river comes from the Zaïre equatorial forest, the Mbomou river is more tropical. From its origin to Bangui, the Oubangui river shows great variations in its flow trend: E-W up to the confluence Oubangui-Tomi and then N-S. The river gauge range from 100 m to 1500 m. The mean grade is weak, around 0.09m. km^{-1} (Boulvert, 1987). This implies a weak erosion power and a younger origin from the actual course of the river (Boulvert, 1987).

The geological structure of the Oubangui basin is mainly represented by a vast peneplanation surface. This surface is strongly eroded and is only perceptible as residual hill (Cornacchia and Giorgi, 1976). Several types of geological features have been recognised in this basin. The simplified geological map (Figure 2) shows that the Oubangui basin is occupied mainly by 2 geological units (Cornacchia and Giorgi, 1976; Poidevin, 1985).

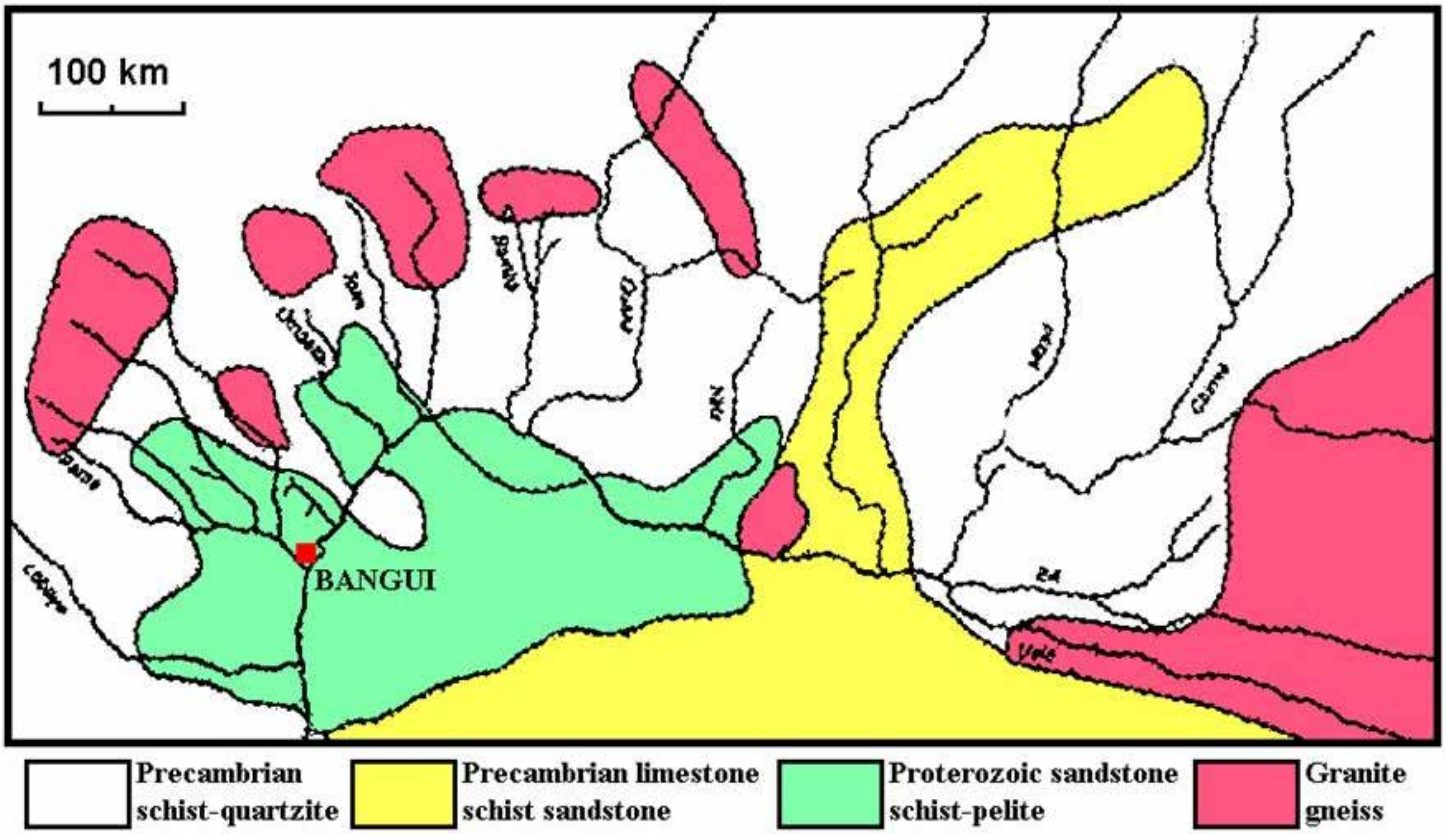


Figure 2 : Geologic and lithologic map of the Oubangui river drainage basin.

(1) The basal complex with crystalline (granite-gneiss) and metamorphic rocks (schists, quartzite, micaschists)

(2) The sedimentary cover with sandstones, limestones, pelites.

These differents rock types are Proterozoïc (Cornacchia and Giorgi, 1976; Poidevin, 1985). The results of U-Pb Zircon, Rb-Sr and Sm-Nd whole rocks analyses from the Central African basement in Cameroon and Central African Republic (Pin and Poidevin, 1987; Lasserre et al., 1976) clearly show two mains generations of rocks. U-Pb, Rb-Sr and Sm-Nd give an Paleoproterozoic age (800 M.a. - 2200 M.a.). Rb-Sr on granitic whole rocks give a Neoproterozoic age (500-700 M.a.)

The soils present in this area are greatly developed, largely ferralitic and ferruginous (Kinga-Mouezo, 1986, Boulvert and Salomon, 1988), more or less coloured. Previous studies (Kinga-Mouezo, 1986, Boulvert and Salomon, 1988) indicate that kaolinite is the principal clay mineral. For the most part, the soils are indurated by a lateritic or ferruginous cuirass. This induration is more important on acid than on basic rocks (Boulvert and Salomon, 1988).

The geographic situation of this basin in the Northern hemisphere (~ 4°N) awards a contrasted climate (tropical-boreal climate). Rainy and dry seasons characterise this climatic rhythms. The mean annual rainfall for the drainage basin vary between 1540 mm. y^{-1} at the Bangui station and more than 1600 mm. y^{-1} in area which are not preserved by hills (Callède and Arquisou, 1972). Estimates of potential evaporation (ETP) for tropical Central Africa (Riou, 1972) show good agreement with the real evaporation (ETR). The mean monthly rainfall can be used in conjunction with the mean potential evaporation, to evaluate the term D involving the water shortage (D <o) or the water excess (D >o). The calculation shows that between May and November, this parameter is positive and negative between December and April.

The annual discharge fluctuations of the basin rivers regime are mainly determined by the climatic conditions (rainfall, evaporation) and the proper characteristics of the drainage basin (hydrogeology, topography). These fluctuations are typical for the tropical zone (Rodier, 1983; Nkounkou, 1989). The mean water discharge data for the Oubangui river (Figure 3) shows that the moderate peak discharge occurs between January and March while the peak load occurs in October-November (Olivry et al., 1987; 1989).

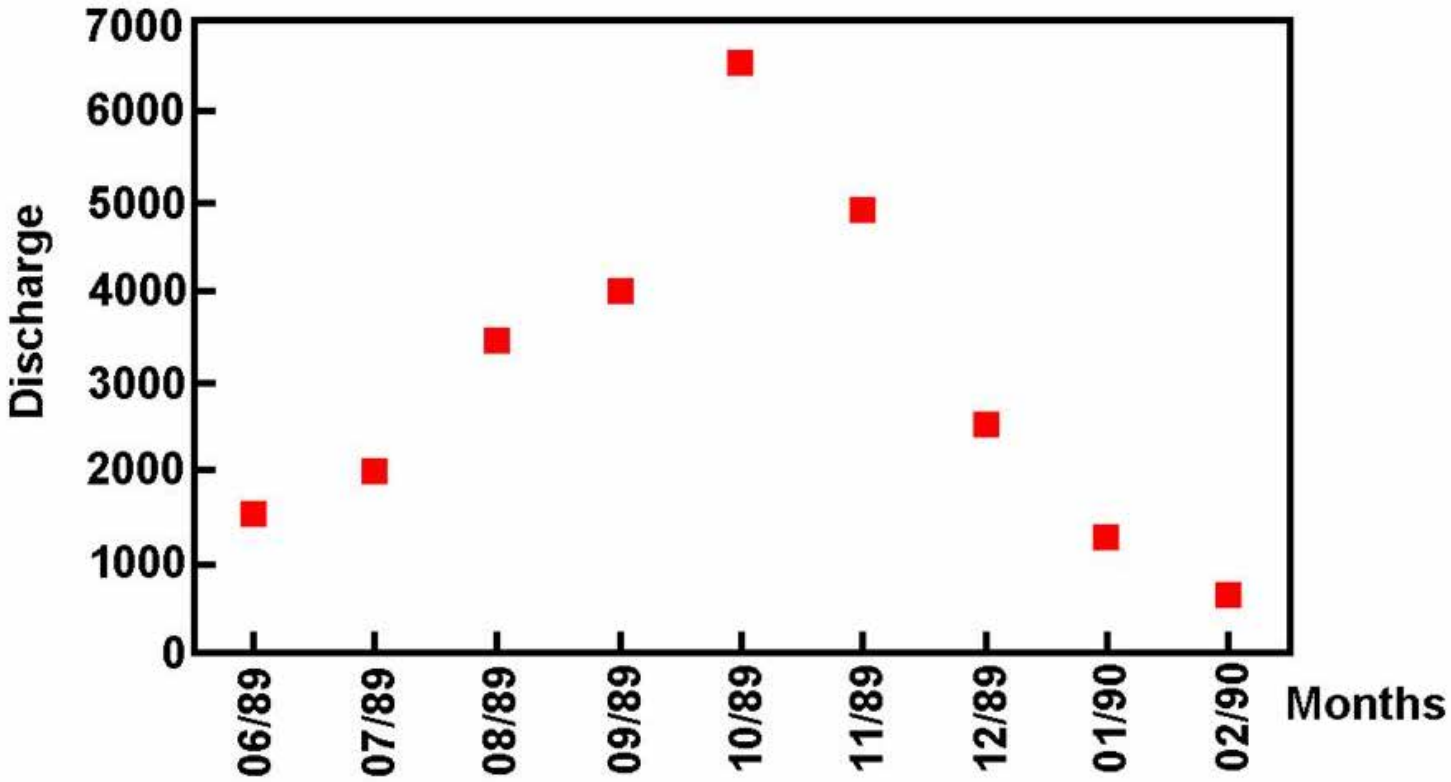


Figure 3 : Monthly mean discharge for the Oubangui river (in m^3/s). Data from Olivry et al. 1987.

3. Sampling methodology; sampling collection; analytical methods

The river samples were collected from several locations (Figure 1) along the Oubangui main stream and its tributaries. 3 types of sampling have been made with the O.R.S.T.O.M hydrologists co-operation. Firstly, on the Oubangui river, samples were taken monthly during one year. Surface water was sampled at the Bangui St Paul station (Olivry et al., 1987). This station is the outlet of the basin before the important shift of outflow direction (E-W to N-S). The sampling site location depth situation is detailed in figure 1, the sampling was made by an automatic PVC collector (Sigha and Bricquet, 1987). The river gauge is around 600 m, the depth is around 10 m (Dugas and Thiébaux, 1989). Associated with the water sampling, the monthly discharge has been determined (Olivry et al., 1987). Secondly, 3 rivers near Bangui: Mbali, Mpoko, Mondjo have been sampled during different seasons (February and November) representing peak and moderate flow conditions. Finally, the Oubangui tributaries were collected during November 1989 on high water period.

Two samples of shallow groundwaters were collected on the Mbali-Mpoko basin. These two springs represented the overland flow and were collected during the wet (November) and dry (February) season. Samples of deep groundwater were also collected during different seasons (February, June, and November). These samples originated in the O.R.S.T.O.M drill. This drill is located in the granite gneiss basement at more than 60 m depth.

Because the drill water is used as soft water, the samples were collected before the chloration to prevent eventual contamination. Four soil samples were collected throughout the Mpoko basin and also near the O.R.S.T.O.M centre.

Water samples were collected in acid washed polypropylene bottles on small rivers and springs and with a PVC water sample on the Oubangui river. After collection, samples were filtered through 0.2 µm acetate cellulose filters with a pressurised 47 mm diameter Sartorius® polycarbonate filtration unit. After, samples were stored in 125, 250 or 500 cc polypropylene acid washed containers for cations and isotopes determination. The filtrates were acidified with 2 drops of ultra pure HNO3 15N. An aliquot (60 cc) was collected before acidification for anions determination. Suspended samples were isolated from water by filtration of 1l through 0.2 µm acetate cellulose filters.

Analytical procedure for water studies in laboratory including : acid titration for HCO3, ionic chromatography for Cl and SO4. Molybdenum blue colorimetry for Si. Conventional flame atomic absorption spectrophotometry procedures for Ca, Na, Mg, K, Rb and Sr concentrations were determined by mass spectrometry using the isotopic dilution technique with a mixed 41K; 87Rb; 84Sr spike solution after chemical separation. The analytical precision for the measurement of major ions (Ca, Na, Mg, Cl, SO4) by atomic absorption and ionic chromatography is less than 15%. Using the mass spectrometry techniques, the analytical precision is around 3%.

The strontium isotopic compositions were determined on a solid source mass spectrometer. The separation of dissolved Ca, Rb, Sr from the water samples was carried out by cation-exchange chromatography (Birck, 1986; Négrel, 1988). The strontium contamination during

sampling and chemical processing was estimated through a blank determination. The result is around 100 pg of Sr and is negligible in terms of the total quantity of strontium processed in water analysis. Mass fractionation corrections were applied by normalising the average 87Sr/86Sr ratios to a 86Sr/88Sr ratio of 0.1194. The accuracy of the 87Sr/86Sr analyses was evaluated by analysing the NBS 987 standard. Our mean value is 0.710254 ± 6 (2s; 40 measurements).

Suspended load was separated from the filter by ultrasonning procedure. The particles were transferred into a Teflon container and subjected to standard dissolution procedures in hot HCl, HNO3, HF and HClO4. An aliquot of these samples were then spiked with a 41K, 87Rb, 84Sr tracers. After chemical separation, concentrations and strontium isotopic ratios were determined by mass spectrometer. Total blanks were less than 1ng for Sr.

Exchangeable fraction is determined by cold extraction with bidistilled water. After 1 hour of interaction, the water is separated from the particles by filtration.

4. Results

4.1. Results on Dissolved load

The data on dissolved load are given in Table 1. Element contents are given in 10-6 moles.l^{-1}. The major cations and trace elements in surface waters show large content variations. These variations are higher than analytical errors. The 87Sr/86Sr ratios also show variations clearly higher than analytical errors (mean: 3.10^{-5}). The HCO3 content was determined on the samples collected monthly on the Oubangui, and on the Mpoko and Mbali Rivers in November 1989. On these samples, the observed charge balance (Table 1) between cations (S +) and anions (S -) shows a shortage of the negative charge (excepted for the 09/89, 12/89 and 01/90 Oubangui samples). This shortage range between 2 and 16% and can be explain by the existence of high organic acids content in the rivers water. This weak shortage is an added proof of the validity of our data.

Table 1

87Sr/86Sr ratios, major and trace ion compositions (in 10-6 moles/l for Ca, Na, K, Mg Si, Cl, SO4, Sr and HCO3) of dissolved solids for samples from the Oubangui watersheds. Monthly mean discharge for the Oubangui river in m3/s; S + and S - in 10-6 eq/l.

Sample	87Sr/86Sr	2 S ±	Cl	SO4	Ca	Na	Mg	K	Si	Rb	Sr	Q m3/s	HCO3	S +	S -
OUBANGUI															
06/89	0.719315	3.2E-05	18	19	115	66	104	49	197	0.04	0.343	1520	460	553	516
07/89	0.719274	4.9E-05	18	11	87	70	60	35	220	0.03	0.272	2020	350	399	390
08/89	0.719889	3.0E-05	15	18	72	34	54	76	227	0.07	0.220	3470	250	362	301
09/89	0.720849	4.9E-05	11	11	65	36	40	22	227	0.02	0.191	4000	250	268	283
10/89	0.720325	2.7E-05	10	15	66	31	39	34	205	0.03	0.179	6530	210	265	250
02/11/89	0.719682	2.9E-05	22	13	65	50	41	28	222	0.03	0.169	4920	238	290	286
18/11/89	0.719128	5.5E-05	24	13	77	51	-	26	-	0.03	0.188	-	-	-	-
12/89	0.718993	3.6E-05	22	11	76	56	52	20	217	0.02	0.224	2500	300	332	344
01/90	0.718927	3.0E-05	22	22	87	66	68	25	215	0.03	0.233	1300	400	401	444
02/90	0.718656	3.0E-05	24	7	109	87	113	22	217	0.03	0.272	630	460	553	498
SPRINGS															
Mpoko 02/89	0.728293	3.0E-05	-	-	25	16	14	-	-	-	0.061	-	-	-	-
Mpoko 1 11/89	0.728657	6.0E-05	-	-	52	67	62	-	-	-	0.194	-	-	-	-
Mpoko 2 11/89	0.719676	3.1E-05	-	-	115	74	82	-	-	-	0.221	-	-	-	-
ORSTOM 11/89	0.719199	2.8E-05	-	-	262	55	21	-	-	-	0.410	-	-	-	-
DRILL															
02/89	0.740882	4.7E-05	61	3	780	856	270	-	-	-	2.195	-	-	-	-
07/89	0.740996	3.5E-05	35	2	775	819	268	-	-	-	2.160	-	-	-	-
02/90	-	-	-	-	771	810	265	-	-	-	-	-	-	-	-
TRIBUTARIES															
Mpoko 11/88	0.726345	2.6E-05	23	12	134	82	104	-	-	-	0.215		-	-	-

Mpoko 02/89	0.721992	3.1E-05	23	13	367	65	255	-	-	-	0.313		-	-	-
Mpoko 11/89	0.724202	2.4E-05	8	7	157	87	107	80	-	0.05	0.249		545	595	567
Mbali 11/88	0.716879	2.9E-05	23	7	86	24	65	-	-	-	0.190				
Mbali 02/89	0.714546	3.0E-05	22	14	290	34	206	-	-	-	0.288				
Mbali 11/89	0.716332	2.1E-05	12	5	130	42	78	138	-	0.07	0.239		479	596	501
Mandjo 02/89	0.711884	3.8E-05		-	579	25	353	-	-	-	0.820		-	-	-
Mandjo 11/89	0.713782	3.1E-05	9	7	284	25	131	-	-	-	0.399		-	-	-
Bili 11/89	0.725484	3.1E-05	21	21	48	66	49	-	-	-	0.169		-	-	-
Tomi 11/89	0.726559	2.7E-05	8	19	175	110	124	-	-	-	0.248		-	-	-
Uele 11/89	0.717353	5.4E-05	21	20	55	105	53	-	-	-	0.187		-	-	-
Kotto 11/89	0.720056	4.6E-05	8	11	67	39	53	-	-	-			-	-	-
Bamba 11/89	0.728124	2.5E-05	16	22	120	100	112	-	-	-	0.199		-	-	-
Oumba 11/89	0.723665	2.6E-05	8	5	257	56	210	-	-	-	0.207		-	-	-
Ombella 11/89	0.722831	2.6E-05	9	21	450	78	278	-	-	-	0.372		-	-	-
Oubangui 11/89	0.721671	2.8E-05	12	17	70	49	68	-	-	-	0.170		-	-	-
Mbomou 11/89	0.721261	1.9E-05	12	11	71	46	68	-	-	-	0.154		-	-	-
Ouaka 11/89	0.725455	3..3E-05	6	14	30	44	39	-	-	-	0.118		-	-	-

On the Oubangui samples, a general decrease of the major and trace element concentrations (Cl, Ca, Na, Mg, Sr) associated with the increasing discharge is observed (Figure 4); on the contrary, K, Si and Rb do not vary with the increasing discharge. It is important to point out that the major element concentrations decrease is also observed on the other rivers of this drainage basin (Mbali, Mpoko, Mondjo) between time of low and high discharges. Correlations are observed between the elements taken two by two. Taking in account the analytical errors, only the correlations between Na-Cl; Ca-Sr; Na-Sr have an intersect close to the origin. On the Oubangui samples, the strontium isotopic data show variations around 2.10-3 between the lower value (0.7185) observed in February and the higher value (0.7208) observed in October. On the other rivers (Mbali, Mpoko, Mondjo), the isotopic data fluctuate with a 2-4.10-3 variation between low and high water discharges. Good correlations are observed between 87Sr/86Sr ratios and the Oubangui river discharge (Figure 5). On the Mbali, Mpoko Mondjo and Oubangui monthly samples, good correlations exist between 87Sr/86Sr Ca/Na and Na/Sr ratios (Figure 6).

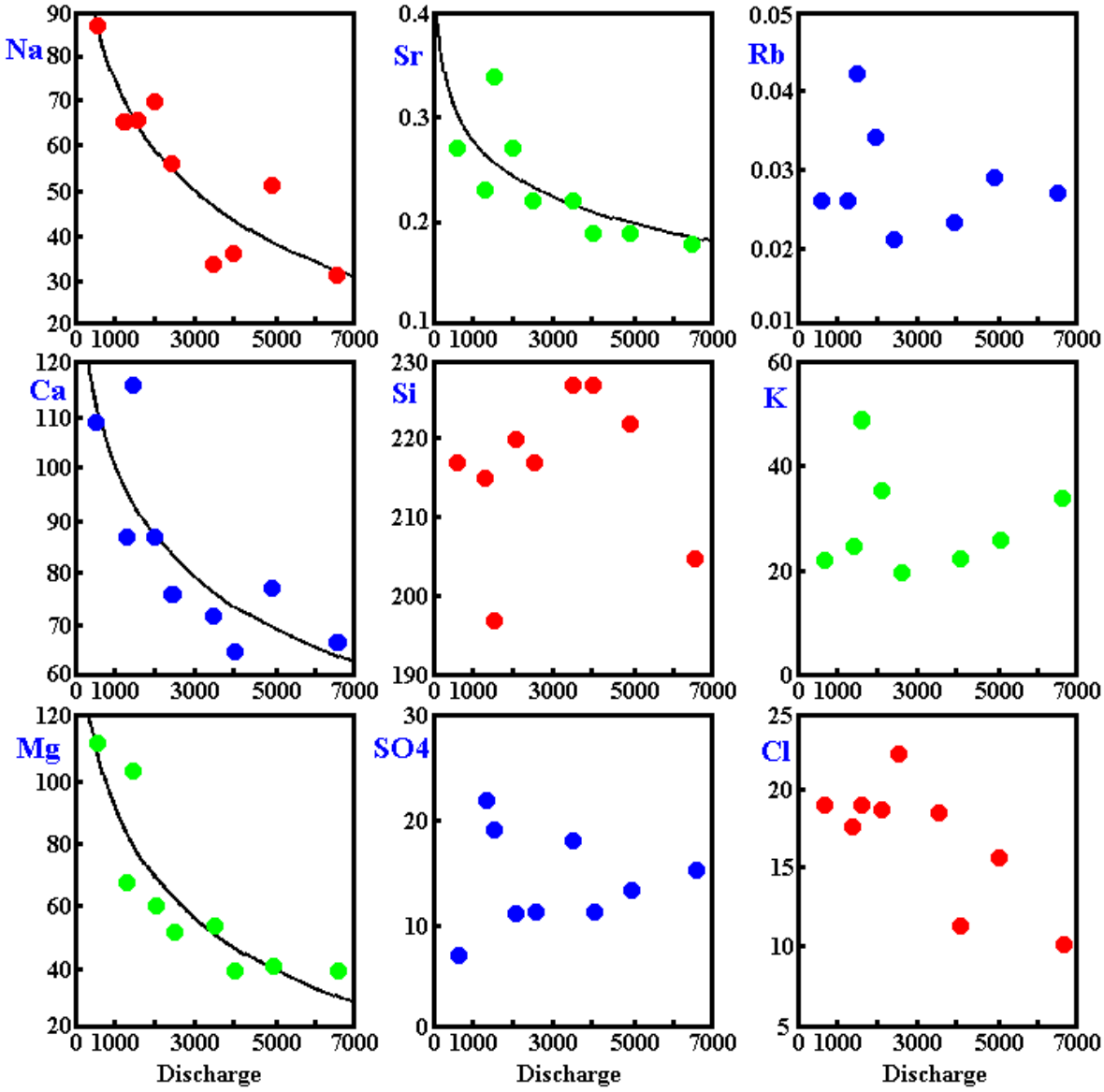


Figure 4 : Relationship between dissolved major and trace element concentrations and discharge of the Oubangui river water samples.

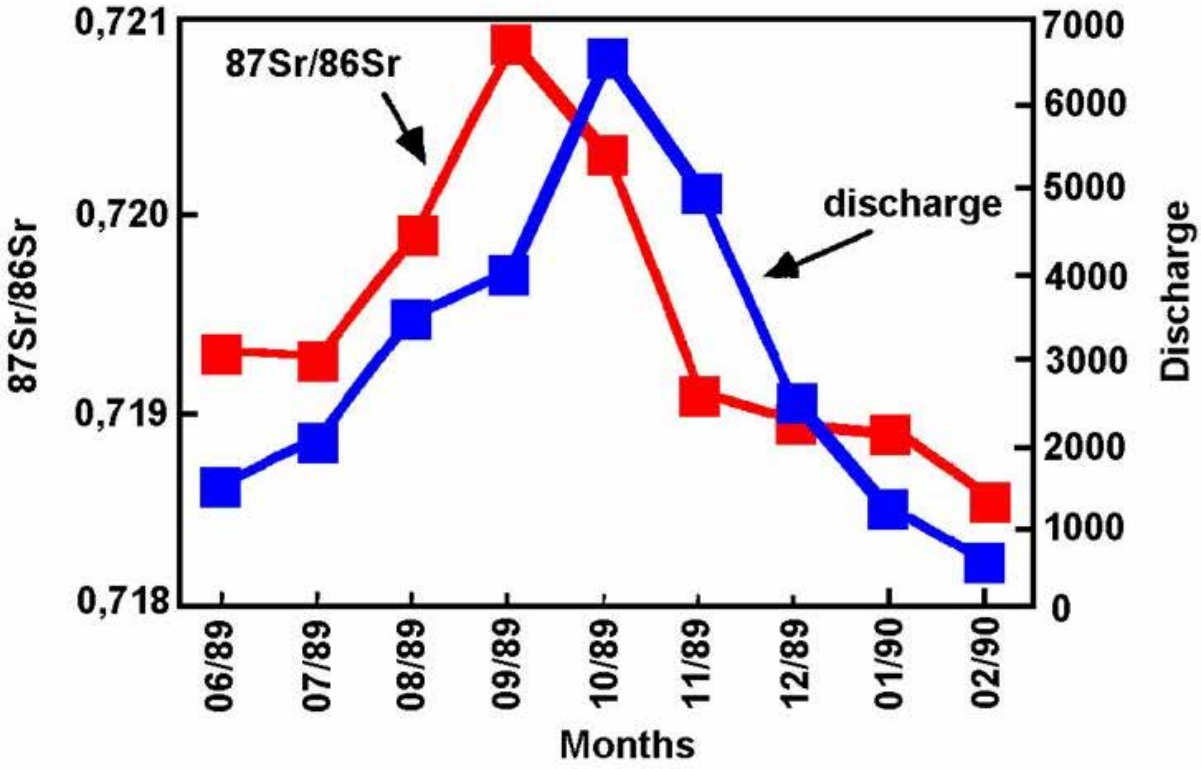


Figure 5 : Correlation between 87Sr/86Sr ratios of dissolved solids and discharge of the Oubangui river water samples.

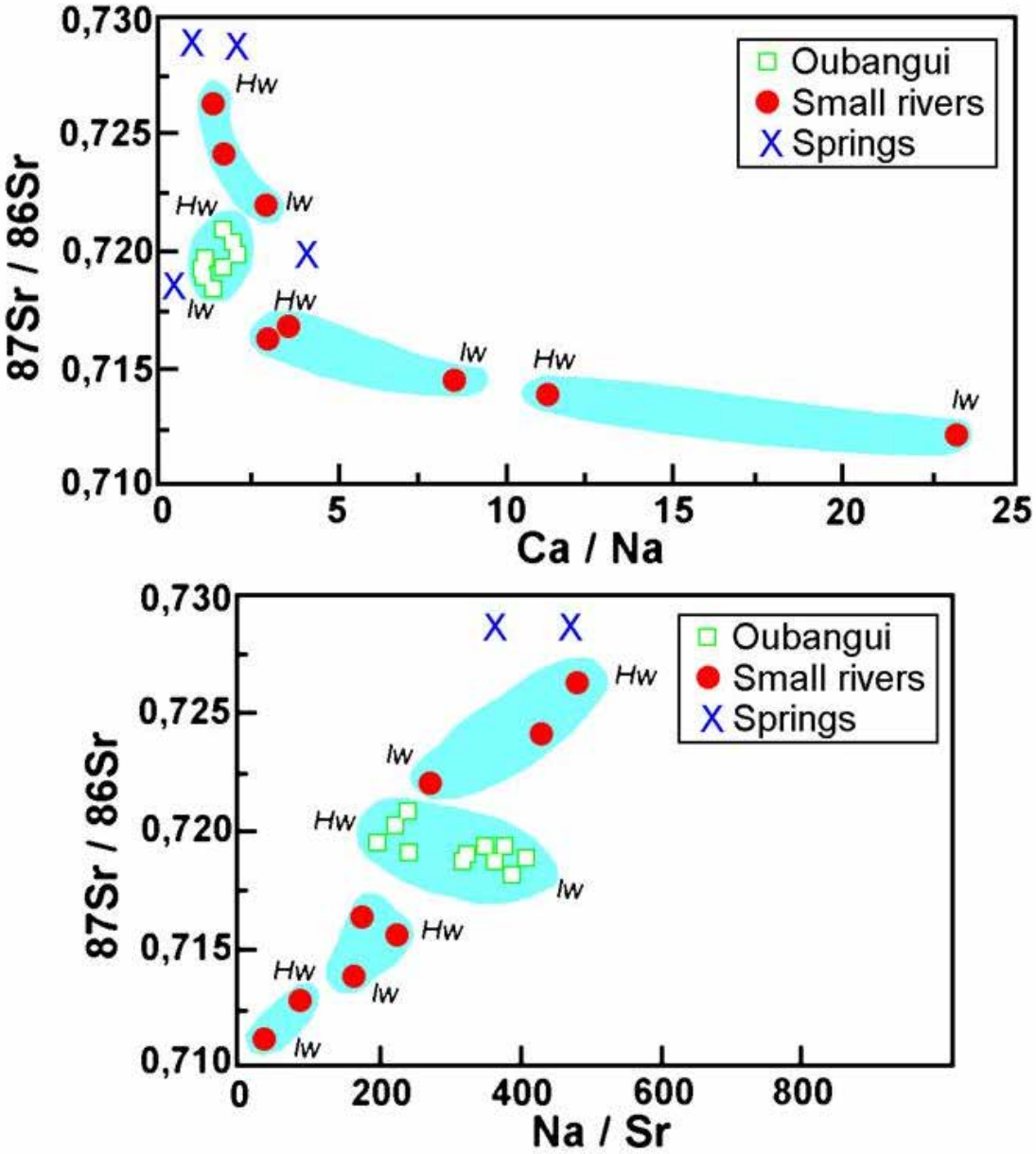


Figure 6 : Correlation between dissolved solids 87Sr/86Sr ratios and dissolved solids cation ratios (Ca/Na and Na/Sr) of the Oubangui, Mbali, Mpoko and Mondjo river water samples.
Hw and lw represented respectively high water period and low water period.

The different tributaries of the Oubangui Basin collected during peak discharge exhibit variable cation and isotopic ratios. These variations are related to the lithology of the catchment basin. The strontium isotopic ratios are correlated with the Ca/Na (Figure 7) and Na/Sr ratios. Two river samples (Oumba, Ombella) are remote from the correlation, these two rivers drain shales.

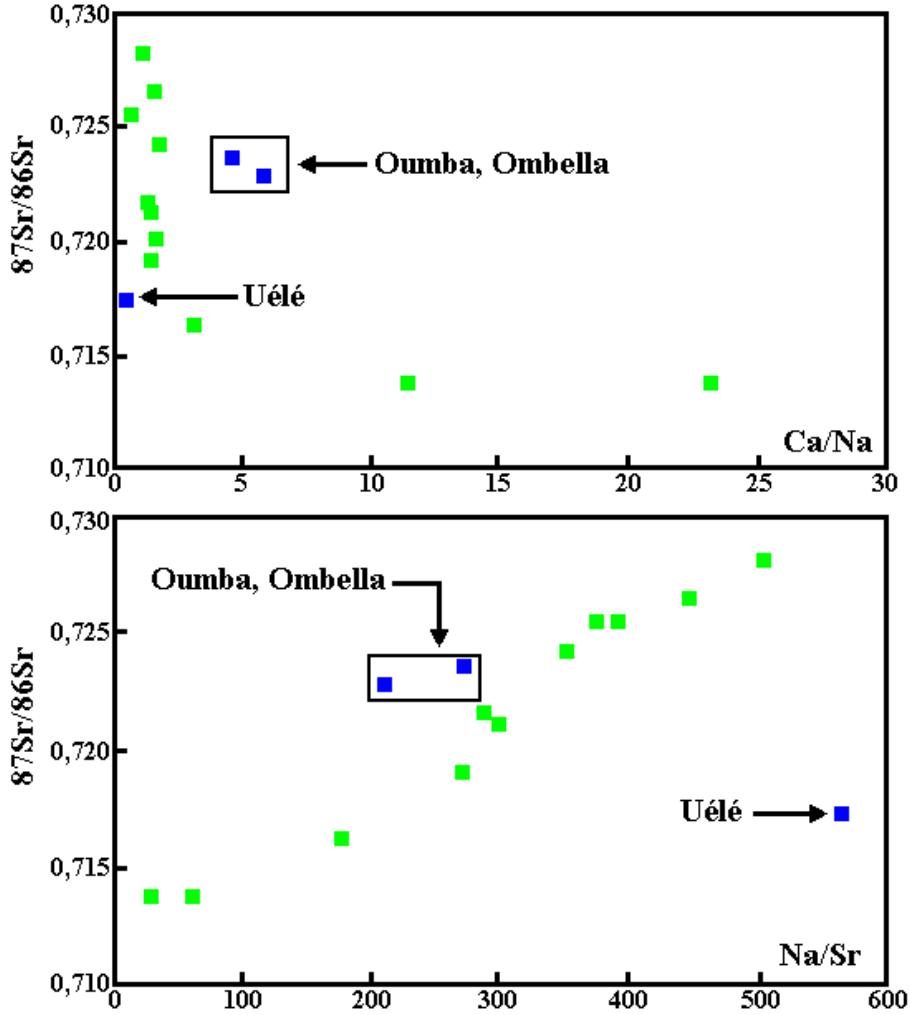


Figure 7 : Correlation between dissolved solids 87Sr/86Sr ratios and dissolved solids cation ratios (Ca/Na; Na/Sr) of the Oubangui tributaries samples on peak discharge.

Deep groundwater samples originate from the O.R.S.T.O.M drill, and the element concentrations in groundwater samples are consistently higher than those of rivers (Table 1). These concentrations are constant as a time function. The range of variations for Ca and Na is less than 5%, less than 2% for Mg and Sr. The isotopic ratio is 0.740, also constant as a time function.

Shallow groundwaters located in the soil zone exhibit concentration that fluctuate widely. Sometimes, these concentrations are lower or identical than those of rivers. The isotopic composition of these samples are higher than rivers and less than deep groundwaters.

4.2.Results on suspended matter and soils samples.

The suspended matter content (in $mg.l^{-1}$) of the Oubangui river at Bangui station ranges between 2 $mg.l^{-1}$ on moderate peak discharge from 50 $mg.l^{-1}$ on high water period (Olivry et al. 1987). The mineralogical study of the suspended load (Barusseau et al., 1989) indicates that kaolinite is dominating (60-80%), illite content is constant (10-15%), the smectite existence is short-lived on low water discharges with negligible content. The 20% remaining are constituted by amorphous phases (oxi-hydroxides, organic matter). For the moment, no temporal variations of the argilaceous suite have been showed.

The data we obtain are reported in Table 2. The ten samples analysed comprehend high and low water periods. The K, Rb, Sr measured concentrations on the suspended load fluctuate correlatively with the water discharge. The very weak content of suspended matter analysed implies heavy error on the concentration determinations. We will not discuss concentration variations but the concentration ratios fluctuations (like Rb/Sr).

Large fluctuations were found for the 87Sr/86Sr ratios higher than analytical errors and are around 2.10^{-2} between the lower value (0.723) and the highest value (0.741) (Table 2). The strontium isotopic ratio is relatively constant (0.735-0.740) during the increase of water discharge and decrease rapidly during moderate peak flow. The lower 87Sr/86Sr value is observed in March on lower water discharge.

Table 2

87Sr/86Sr ratios, 87Rb/86Sr ratios, K, Rb, Sr concentrations (in 10-6 moles/l) of suspended solids for samples from the Oubangui river.

Sample	W m3/s	S. M mg/l	87Sr/86Sr	2 S ±	Sr ppm	Rb ppm	87Rb/86Sr
10/88	10000	33.5	0.738393	8E-05	42	66	4.436
11/88	6550	33.7	0.733930	7E-05	51	58	3.210
12/88	3700	23.7	0.741235	0.0003	37	63	4.806
01/89	2000	13.0	0.731945	4E-05	66	63	2.694
02/89	850	3.4	0.728920	0.003	44	54	3.464
03/89	500	2.4	0.723033	6E-05	45	56	3.513
06/89	1520	22.0	0.737880	0.0004	104	500	3.570
07/89	2020	36.0	0.740090	7E-05	150	255	4.798
08/89	3470	45.0	0.739096	4E-05	167	225	3.803
09/89	4000	50.0	0.743300	8E-05	110	184	4.721

The 87Sr/86Sr ratios are correlated with the suspended matter content. The more the suspended matter increases, the more the strontium isotopic ratio increases and reversely. Good correlation is also observed between 87Sr/86Sr and 87Rb/86Sr ratios.

On the two soil samples collected on the Oubangui basin, the exchangeable Sr exhibits a 87Sr/86Sr close to 0.7299. The insoluble fraction of the soils exhibits a strontium isotopic ratio close to 0.770.

5. Discussion

5.1. Discussion on the dissolved load

We first point out the existence of content and isotopic variations proportionally with the water discharge. These fluctuations are more perceptible on the Oubangui river because of the continuous monthly sampling (Figure 4) but an identical reasoning may be made on small watershed of this basin.

The dissolved elements content in riverwater consist of two principal sources: rock weathering and atmospheric inputs. Several studies (Meybeck, 1979, Stallard and Edmond, 1981) have shown that the atmospheric inputs of chemical constituents to river water can be substantial. These inputs consist of 3 components : marine, terrestrial and anthropogenic. On our studied basin, the anthropogenic source is negligible. Classically, for each element X, the atmospheric inputs have been estimated by reference to the chloride content. The approach to determine the input would be to use either X/Cl ratios in seawater for estimated marine component (Stallard and Edmond, 1981); or, X/Cl ratios in rainwater for estimated the total input (Meybeck, 1979). Recent studies on the Congo basin (Négrel, 1992) have shown the importance of the continental elements originating from the outside of the basin. This study has shown that the rain correction is the best quantification of the atmospheric inputs. So, we corrected the element content for rainfall input and the methodology for this correction is as following :

$$Xatm = Clr \times p$$

Where Xatm represent the element originate from the rain input; Clr represent the chloride content of the river water; X/Cl*p is the ratio observed in average rainwater (Négrel, 1992). Similar equation can be write for all the elements. The results we obtain for Na, Ca and Sr are presented in Table 3. For all the rivers from the Oubangui basin, the rainfall input range between 6 to 56% for Na; 1 to 27% for Ca; 0.4 to 6.1% for Mg and 2.1 to 11% for Sr.

Table 3

Results of the rainfall inputs for Na, Ca ,Mg and Sr on the Oubangui river samples (in %).

Sample	Na	Ca	Mg	Sr
Oubangui				
06/89	24	11	14	4.7

07/89	22	15	24	5.9
08/89	38	15	22	6.7
09/89	27	12	22	5.1
10/89	28	11	21	5.0
11/89	39	21	43	9.0
12/89	34	21	34	8.8
01/90	29	18	26	8.4
02/90	23	15	17	7.5
Tributaries				
Mpoko 11/89	23	10	18	8.2
Mpoko 02/90	20	7	7	6.5
Mbali 11/89	46	12	27	8.2
Mbali 02/89	56	5	9	6.8
Bili 11/89	28	31	35	11
Tomi 11/89	6	3	5	2.9
Uele 11/89	17	27	32	10
Kotto 11/89	18	9	12	4.7
Bamba 11/89	14	10	11	7.2
Oumba 11/89	12	2	3	3.4
Ombella 11/89	10	1	3	2.1
Mbomou 11/89	23	12	12	6.9
Ouaka 11/89	12	14	12	4.5

The correlation between element contents and water discharge cannot be explained simply by dilution of the basic flow by an input of rain water. If we consider a dilution of the base flow by rain water, only the concentrations should fluctuate and the dissolved solid exportation rate may be constant. After correction of the rainfall input, the dissolved solid exportation rate for each element (Ca, Na, Mg, Sr and Rb) can be calculated (Figure 8). This exportation rate increase with the increasing discharge. This increasing clearly show that on peak discharge, in spite of the concentration decrease, the chemical weathering is increasing. The variations of the 87Sr/86Sr ratios as a discharge function confirm this hypothesis. The increasing of the 87Sr/86Sr ratios during peak discharge is opposed with a dilution model by rain water because the strontium isotopic compositions of rain water on the Oubangui basin is around 0.7104 (Négrel, 1992) and are in all the case lower than the Oubangui river data. As a summary, the decreasing of the corrected concentrations cannot be explained by dilution but by mixing between two different components. One exhibit low element contents associated with high 87Sr/86Sr ratio, this component dominate on peak discharge. The second component exhibit high element contents associated with low 87Sr/86Sr ratio. This component dominate on moderate discharge.

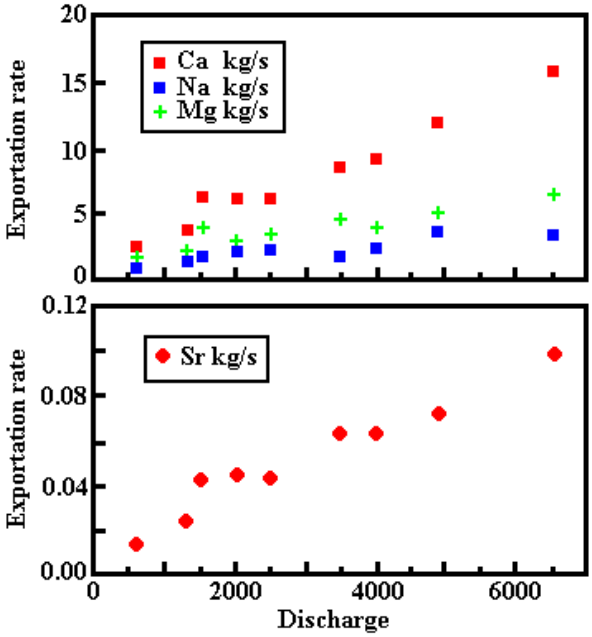


Figure 8 : Dissolved solids exportation rate versus discharge for the Oubangui monthly samples.

For K and Si contents, there is no seasonal variations because K is a very biogenic element and is used by growing vegetation (Berner and Berner, 1987) and Si is affected by the presence of diatoms in rivers (Berner and Berner, 1987).

5.1.1. Small watersheds: origin and contribution of the different components

After correction of the rainfall input, the major and trace element concentrations are representing the rocks weathering. The two main lithologies submitted to weathering are carbonate and silicate rocks. At the first order, the isotopic and cations variations may be linked with a two components mixing. On the small watersheds, the correlations isotopes-element ratios allow to characterise the two components. On the figure 9, the different curves represented the possible mixing. These curves are definable by the r parameter. This parameter is expressed by the ratio (Sr1/Sr2) / (Na1/Na2) and (Na1/Na2) / (Ca1/Ca2). The dispersion with regard to the ideal mixing curves is explained by either r variation or by end members variations.

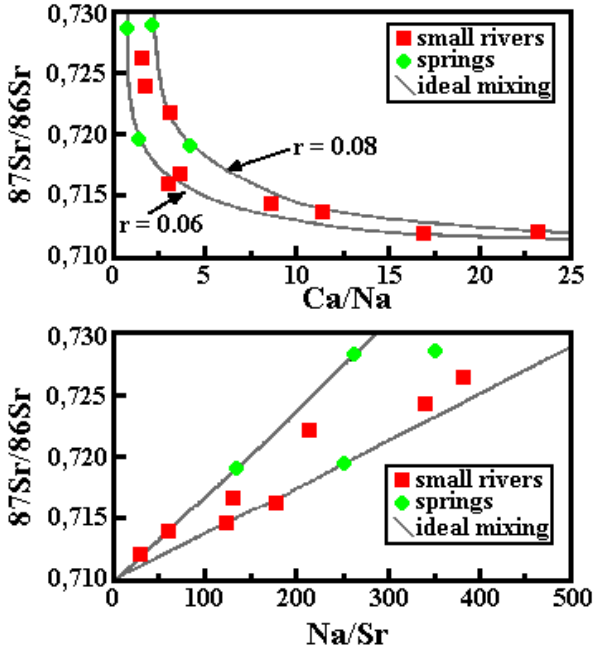


Figure 9 : Correlation between dissolved solids 87Sr/86Sr ratios and dissolved solids cation ratios (Ca/Na and Na/Sr) of the small watersheds between low water period and peak discharge.

The chemical and isotopic characteristics of the first component (87Sr/86Sr close to 0.711, high Ca/Na, low Na/Sr ratios) implies that this component is located in the carbonate rocks. The obviousness of a Precambrian carbonate sequence in Central Africa has been made at the end of the XIX century. This sequence has been recognised by structural test hole (Boulvert and Salomon, 1988; Poidevin, 1976)

because the carbonate are not exposed and are shielded by allogenic ferralitic soils as on the Mondjo basin (Boulvert and Salomon, 1988). Recent studies on the Oubangui basin (Boulvert and Salomon, 1988) overlay the carbonate extension. This sequence is thickly (close to 100 m) and highly karstified (Boulvert, personal communication). The characteristics of the second component (high 87Sr/86Sr, Na/Sr ratio and low Ca/Na ratio) may be linked with silicate weathering. Either the weathering of the basement (with granites, gneisses, sandstones and shales), or the weathering of sedimentary cover soils and decayed rocks.

The isotopic and chemical characteristics of the carbonate end-member are supposed to be constant because carbonate rocks are principally constituted by CaCO3 mineral where partitioning between cation and trace elements are known. For the silicate end-member, its characteristics are quite differents and are related with the mineralogical composition of the altered rocks. The use of temporal variations on small watersheds allows the determination of these characteristics because the mixing proportions between carbonate and silicate end-members fluctuate as a time function. At the second order, the correlation isotopic-cation ratios are not evident because some cations like Na are very dependent to the atmospheric correction. The use of Ca/Sr ratio is better because Ca and Sr are less dependent to the atmospheric correction. Correlation between 87Sr/86Sr ratios and Ca/Sr ratios on three rivers (Mbali, Mondjo and Mpoko river) for peak and moderate flow are represented in figure 10. In this figure, the carbonate end-member characteristics may be constrained easily. The Ca/Sr ratio of rivers which drains carbonate range between 1200 (Turekian and Wedepohl, 1961) to 2000 (Meybeck, 1988). We choose a Ca/Sr ratio of 1700 for the carbonate end-member. For the isotopic ratio, because carbonate rocks do not content Rb, their low Rb/Sr preserve the original 87Sr/86Sr value. In Central Africa, carbonate sequence are not exposed but in Congo Republic, a river (Nyari river) drains an identical Precambrian carbonate sequence and exhibit a 87Sr/86Sr ratio close to 0.708 (Négrel, 1992). The mixing line between this carbonate component and silicate component shows the existence of at least two silicate end-members with different 87Sr/86Sr ratios (the 87Sr/86Sr ratios for the silicate end-members are given by the intersect at Ca/Sr = 0). The first silicate end-member located on the Mpoko basin is radiogenic (87Sr/86Sr close to 0.736). The second located on the Mbali and Mondjo basin (these two rivers belonged the same watershed) is less radiogenic (87Sr/86Sr close to 0.720). the existence of these two silicate components is related to rocks heterogeneities between the two watersheds because the age of the bedrocks is equal (500-600 M.a.).

The surface water samples collected on peak discharge on all of the Oubangui tributaries are plotted with the temporal variations on the three rivers (Figure 10). Oubangui tributaries are represented in white square while temporal variations are represented in black square. The Oubangui tributaries water samples are in general agreement with a two component mixing model.

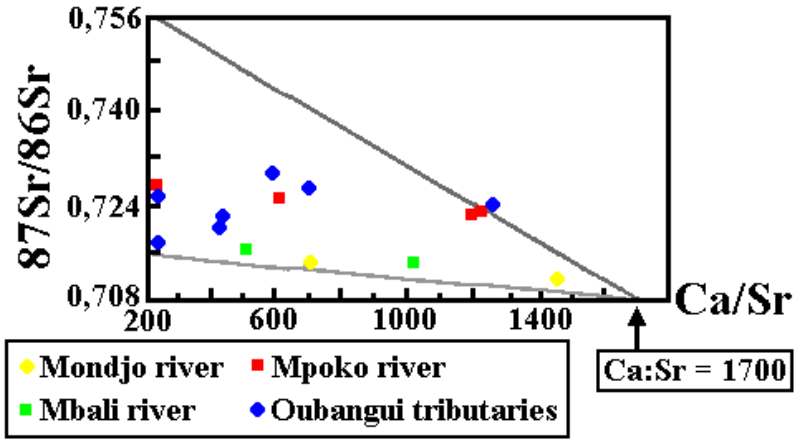


Figure 10 : Correlation between dissolved solids 87Sr/86Sr ratios and dissolved solids cation ratios (Ca/Sr) of the Oubangui tributaries samples on peak discharge and on the Mbali, Mpoko and Mondjo river water samples between peak and moderate discharge.

It is impossible to interpreted more the results because of the misreading of the silicate end-member isotopic characteristics.

5.1.2. Isotopes-elements correlations on the Oubangui river. Origin of the different sources

We saw above that on small watersheds, the correlation between 87Sr/86Sr ratios and major and trace element ratios can be interpreted as a mixing of at least two different water pools. Comparatively, the correlation between cation and 87Sr/86Sr ratios (Figure 6) on the Oubangui river and on rivers draining small watershed fluctuate inversely while the isotopic ratios increase with the increasing discharge. The Ca/Na ratio decrease and Na/Sr ratios increase on the Oubangui river, inversely on the small watershed (Mbali, Mpoko, Mondjo), the Ca/Na ratios increase and the Na/Sr ratios decrease.

The hypothesis which could be suggested to explain this inverse fluctuation concerns the hydrological functioning and the geological

story. The three small rivers represent only the North zone weathering while the Oubangui monthly sampling represents the chronological evolution of the mixing between water coming from the East part of the basin (Zaire Rep.) and the water coming from the North zone (Central African Rep.). The oriental part of the basin is constituted by the association Mbomou-Uele rivers and dominates during low water period. During this period, the Uele river is the main tributary of the Oubangui river (Boulvert, 1987; Dugas and Thiébaux, 1989). On the opposite, during the wet period because of the dyssimmetry of the basin, the main part of the Oubangui river alimentation is located in the North zone. The low 87Sr/86Sr ratio on moderate peak load can be related with the preponderance of the Uele river. The Uele river drains the upper-Zaire granite-gneiss basement which is 2200 to 3000 M.a. old (Cahen, 1984). On the opposite, the rivers of the north zone drain gneiss and granites which are 500 M.a. old. The age difference between the North zone and the East part of the basin, implies that the isotopic ratio of silicate component in the north zone will be more radiogenic than in the oriental part of the basin.

5.2. Discussion on suspended load

The results obtained on the suspended load show firstly that the 87Sr/86Sr ratio of suspended loads is always higher than those obtained for dissolved load. Secondly that the 87Sr/86Sr ratios of the suspended load fluctuate highly correlatively with the hydrological event.

The suspended load is mainly constituted by clay minerals. Numerous studies on clays (Clauer, 1976) have shown two origins for Sr. The first origin is adsorbed and is isotopically equilibrated with dissolved load, the second one is constitutive and the 87Sr/86Sr ratio is always higher than absorbed Sr.

Because the bulk load (dissolved + suspended) is not constant, the isotopic variations cannot be related with both phase fluctuations. While neither the petrologic characteristics, nor the clay family abundance fluctuates, the existence of at least two population is proposed. The first population have low 87Sr/86Sr ratio and is associated with low water period while the second population exhibits higher 87Sr/86Sr ratio and is associated with high water period and high suspended load content. The origin and history of these two population are related to the hydrological functioning of the river. Two hypotheses can be proposed.

The first hypothesis is related to the hydrological functioning of this basin (see § 5.1.2). During the dry period, the Uele river is the main tributary of the Oubangui river. We saw above that on the Uele basin the rock minerals can exhibit low 87Sr/86Sr ratios, and clay minerals resulting from these rocks weathering are in equilibrium with low radiogenic dissolved strontium (87Sr/86Sr on suspended matter : 0.72284, Négrel and Dupré, in prep.; 87Sr/86Sr on dissolved load : 0.71735). On high water period, the North zone of the Oubangui basin becomes dominant in the water alimentation. The clay minerals originating from this area result from the weathering of primary minerals with high Sr isotopic ratios. Also, the dissolved 87Sr/86Sr is higher than can the Uele basin.

The second hypothesis is superimposed to the first one and is linked with the weathering profile functioning. During moderate peak discharge, the water and clay minerals originate from the base of the profile. On high water period, the runoff predominates and clay minerals originate from the top of the weathering profile. Between the top and the base of the weathering profile, the coexistence of clay minerals resulting from the weathering of same rocks but genetically differents have been shown (Muller, 1990). At the base of the profile, the isotopic characteristics of clays are in relation with the dissolved Sr of the aquifer (neoformation, requilibration). This Sr results from the weathering of whole rocks. Inversely at the top of the profile, the isotopic characteristics may be higher because of the weathering of residual minerals.

The existence of two clay populations in a weathering profile is corroborated by the analysis of two clay samples from the Oubangui basin. The first sample originates from the top of the profile. The exchangeable Sr exhibits a 87Sr/86Sr ratio close to 0.729 (with a dissolved load close to 0.725) and a 87Sr/86Sr ratio close to 0.770 for the insoluble residue. The second sample originate at the base of the profile (the sampling was made by drilling). The exchangeable Sr exhibits a 87Sr/86Sr ratio close to 0.714 (with a dissolved load close to 0.715) and close to 0.719 for the insoluble residue. These ratio are in agreement with this hypothesis.

6. Summary

This study using strontium isotopic ratios on dissolved and suspended loads provides more informations about the functioning of a large tropical basin (Oubangui river in Central African Republic). The following conclusions result from this study :

1. The general decrease of major and trace element concentrations (Cl, Ca, Na, Mg, Sr) associated with the increasing discharge cannot be explained simply by dilution of the basic flow by an input of rain water.
2. On small watersheds, the coupled variations of isotopic ratios and major and trace cation ratios (Na/Sr, Ca/Na) results from the mixing of at least two different water pools. The first pool is located in calcareous rocks which are not exposed and the second one in silicate formations. A two component mixing model shows a predominance of the silicate formations during the rainy season.
3. On the Oubangui river, the existence of a third pole is clearly shown on low water period. This third pole originate in the hydrological functioning of this basin because on low water period, the Uele river is the principal tributary of the Oubangui river.

4. For summarising, on the Oubangui basin, the seasonal variations are the consequence of geological heterogeneities and hydrological functioning while on the small watersheds, the temporal variation are related to the weathering processes.
5. For the suspended load, the results show that the suspended load carried by the Oubangui river during the year have not a single origin. We proposed that the clay minerals came from different levels of the weathering profile or different areas, and contributed differently as a function of time. The isotopic heterogeneity originates in the existence of waters in the soils zone of different isotopic composition.

Acknowledgements :

The authors would like to thank the Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (O.R.S.T.O.M.) and are grateful to J.C Olivry, J.P. Bricquet and J.P Thiébaux for their help for sampling collections, J.P. Bricquet for helpful discussions. We acknowledge Professor G. Michard for his support in major elements analysis, A. Dia for improved the language and J. Dyon for drafting. This work was supported by CNRS/ INSU/ PIRAT program.

References

ALBAREDE, F. and A. MICHARD. Evidence for slowly changing 87Sr/86Sr in runoff from freshwater limestones of Southern France. Chem. Geol. 64: 55-65, 1987.

BARUSSEAU, J. P., P. GIRESSE and R. OUETININGUE. Premières observations et analyses des suspensions et alluvions du bassin Oubangui-Congo. Rapport P.I.R.A.T. : 64-78, 1989.

BESSOLES, B. and R. TROMPETTE. Géologie de l'Afrique. La chaîne Pan-Africaine "zone mobile d'Afrique Centrale (partie Sud) et zone mobile Soudanaise. Mem. B.R.G.M. 92: 397, 1980.

BIRCK, J. L. Precision K-Rb-Sr isotopic analysis: Application to Rb-Sr chronology. Chem. Geol. 56: 73-83, 1986.

BOULVERT, Y. République Centrafricaine, carte Orohydrographique au 1/1 000 000. O.R.S.T.O.M Paris. 1987.

BOULVERT, Y. and J. N. SALOMON. Sur l'existence de paléo crypto-karst dans le bassin de l'Oubangui (RCA). Karstologia. n° 11-12: 37-48, 1988.

CAHEN, L., N. J. SNELLING, J. DELHOL and J. R. VAIL. The geochronology and evolution of Africa. 1984. 580 p.

CALLEDE, J. and G. ARQUISOU. Données climatologiques recueillies à la station bioclimatologique de Bangui pendant la période 1963-1971. Cah. O.R.S.T.O.M; ser. Hydro. vol IX; n° 2: 3-26, 1972.

CARBONNEL, J. P. and M. MEYBECK. Quality variations of the Mekong river at Phnom Penh, Cambodia, and chemical transport in the Mekong basin. Jour. of Hydro. 27: 249-265, 1975.

CLAUER, N. Géochimie isotopique du Strontium des milieux sédimentaires. Mém. n° 45. Université de Strasbourg. 1976. 120 p.

CORNACCHIA, M. and L. GIORGI. Les séries précambriennes d'origine sédimentaires et volcano-sédimentaires de RCA. Mus. Roy. de L'Afr. Cent. Ann .série 8. Sci. géol. n° 93 : 1-73, 1986.

DUGAS, F. and J. P. THIEBAUX. Réflexion sur la mesure de la charge solide en suspension dans l'Oubangui à Bangui. Rapport P.I.R.A.T. n°3: 29-44, 1989.

FAURE, G. "Principles of Isotope Geology." 1988. John Wiley and Sons. 588 p.

GIBBS, R.J. Water chemistry of the Amazon River. Geoch. Cosmoch. Acta. 36 : 1061-1066. 1972.

GOLDSTEIN, S. J. and S. B. JACOBSEN. The Nd and Sr isotopic systematics of river-water dissolved material: Implications for the sources of Nd and Sr in seawater. Chem. Geol. 66: 245-272, 1987.

KINGA-MOUEZO. Transport particulaire actuel du fleuve Congo et de quelques affluents: enregistrement quaternaire dans l'éventail détritique profond. Thèse d'université, Strasbourg 1986.

LASSERRE, M., P. TEMPIER and D. SOBA. Pétrographie et géochronologie Rb/Sr des granites cambriens de Goutchoumi et d'Anloa (Cameroun). Bull. Soc. géol. France. (7), t XXIII, n°5: 511-514, 1981.

MEYBECK, M. Concentration des eaux fluviales en éléments majeurs et apports en solution aux océans. Rev. de Géol. Dyn. et de Géog. Phys. 21-3: 215-246, 1979.

MILLER, W. R. and J. I. DREVER. Chemical weathering and related controls on surface water chemistry in the Absaroka Mountains, Wyoming. Geoch. et Cosmoch. Acta. 41: 1693-1702, 1977.

MULLER, J. P. Analyse pétrologique d'une formation latéritique meuble du Cameroun. Thèse d'Université Paris .1987.

NEGREL, Ph. Géochimie isotopique du strontium dans les rivières. Application à l'étude de la Seine et de ses affluents. D.E.A Université de Paris 7, 1988.

NEGREL, Ph. Utilisation des isotopes du Strontium des alcalins et alcalino-terreux pour la détermination des bilans des éléments chimiques dans les rivières : Apports atmosphériques, altération des roches. Exemple du bassin du Congo. Thèse d'Université Paris 7. 1992.

NKOUNKOU, R. R. Hydrogéodynamique actuelle du Congo et de l'Amazone. Cycle global de l'eau et bilan d'érosion au cours des temps phanérozoïques. Thèse d'université, Strasbourg, 1989.

OLIVRY, J. C., J. P. BRICQUET, J. P. THIEBAUX and S. NKAMDJOU. Transport de matière sur les grands fleuves des régions intertropicales: les premiers résultats des mesures de flux particulaire sur le bassin du Congo. Sed. Bul. I.A.H.S. publ n°174 : 509-521, 1988.

OLIVRY, J. C., J. P. BRICQUET and J. P. THIEBAUX. Bilan annuel et variations saisonnières des flux particulaires du Congo à Brazzaville et de l'Oubangui à Bangui. Rapport interne P.I.R.A.T. 3: 124, 1989.

PIN, C. and J. L. POIDEVIN. U-Pb zircon evidence for a pan-african granulite facies metamorphism in the Central African Republic. A new interpretation of the high-grade series of the Northern border of the Congo craton. Précam. Resea. 36: 303-312, 1987.

POIDEVIN, J. L. Le protérozoïque supérieur de RCA. Mus. Roy. de L'Afr. Cent. Ann. série 8. Sci géol n° 91 : 1-77, 1985.

RIOU, C. Etude de l'évaporation en Afrique Centrale. Cah. O.R.S.T.O.M, ser. hydro. vol IX, n°2: 39-48, 1972.

RODIER, J. A. Aspects scientifiques et techniques de l'hydrologie des zones humides de l'Afrique centrale. Proceedings of the Hamburg syposium. I.A.H.S Publ n° 140: 105-126, 1983.

SARIN, M. M., S. KRISHNASWAMI, K. DILLI, B. L. K. SOMOYALUJU and W. S. MOORE. Major ion chemistry of the Ganga-Brahmaputra river system: Weathering processes and fluxes to the Bay of Bengal. Géoch. et Cosmoch. Acta. 53: 997-1009, 1989.

SARIN, M. M., S. KRISHNASWAMI, B. L. K. SOMAYAJULU and W. S. MOORE. Chemistry of Uranium, Thorium and Radium isotopes in the Ganga-Brahmaputra river system: Weathering processes and fluxes to the Bay of Bengal. Geoch. et Cosmoch. Acta. 54: 1387-1396, 1990.

SIGHA, N. and J. P. BRICQUET. Un exemple méthodologique de la mesure des flux particulaires et dissous des fleuves d'Afrique Centrale: transport de matière sur le Congo à Brazzaville. Premiers résultats 1986-1987. O.R.S.T.O.M. Montpellier : 1987.

STALLARD, R. F. Major elements geochemistry of the Amazon river system. M.I.T., Ph D. 1980.

STALLARD, R. F. and J. M. EDMOND. Geochemistry of the Amazon. Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved load at the time of peak discharge. Jour. of Geophys. Res. 86: 9844-9858, 1981.

STEELE, J. D. and P. PUSHKAR. Strontium isotope geochemistry of the Scioto River basin and the 87Sr/86Sr ratios of the underlaying lithologies. The Ohio Jour. of Sci. 73 (6): 331-338, 1973.

STETTLER, A. and C. J. ALLEGRE. 87Rb-87Sr studies of waters in geothermal area: The Cantal, France. E.P.S.L. 38: 364-372, 1978.

VEIZER, J and COMPSTON, W. 87Sr/86Sr composition of seawater during the Phanerozoic. Géoch. et Cosmoch. Acta. 38: 1461-1484, 1974.

WADLEIGH, M. A. and J. VEIZER. Strontium and its isotopes in Canadian Rivers : Fluxes and global implications. Geoch. et Cosmoch. Acta. 49: 1727-1736, 1985.

Retour en haut du document

Liste des Compléments

Complément n° 6

EVOLUTION INTERANNUELLE DE LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE D'UNE BARRE SABLEUSE D'UN FLEUVE DE REGIME TROPICAL HUMIDE : LE SITE DE PAMA SUR L'OUBANGUI (REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE).

C.T.FEIZOURE

C.CENSIER

J.LANG

J.C.OLIVRY

Résumé

Dans le but d'appréhender la mobilité interannuelle de la charge de fond de l'Oubangui, la barre sableuse de Pama, village situé à 20 km en amont de Bangui, a été mise en auscultation de 1991 à 1993. Ce site a été choisi en raison de l'importance de cette barre en saison sèche (2 km de long sur 500 m de large à l'étiage).

Une cartographie de la barre a été établie à l'étiage en 1991 et 1992. Neuf layons perpendiculaires à la longueur de la barre sableuse ont été retenus et marqués par des bornes. Le long de ces layons, des repères mobiles (cubes en bois lestés et maillons de chaîne) ont été implantés la première année et des repères topométriques (altitudes des points situés tous les vingt mètres et épaisseur du sable à ce niveau) les deux dernières années. Sur une aire de 400 m de long et de 180 m de large, des calculs de *cubature* ont été effectués à partir de ces profils pour estimer le bilan de transfert sédimentaire interannuel entre 1991 et 1993.

Des tranchées ont été effectuées dans la barre sableuse dans le but d'analyser les figures et structures sédimentaires en vue d'apprécier la succession des phases de dépôt et d'érosion.

Entre les étiages de 1991 et 1992, il y a eu, au niveau de l'aire étudiée, une érosion de 32 000 m^3 et un dépôt de 61 000 m^3, c'est à dire globalement un apport de 29 000 m^3 de matériaux.

Entre les étiages de 1992 et 1993, il y a eu une érosion de 56 000 m^3 et un dépôt de 52 000 m^3, c'est à dire un déficit global de 4 000 m^3 de matériaux.

La quantité de matériaux érodés est fonction du débit de pointe de crue et les types de matériaux érodés dépendent du taux de croissance du débit. Si la vitesse est élevée, les sables et les graviers sont exportés en quantités approximativement égales ; si la vitesse est faible, les sables sont exportés en majorité.

La sédimentation paraît liée à la vitesse de la décrue. Si la vitesse est faible, il y a une sédimentation importante et en quantité à peu près égale de sables et de graviers. Si la vitesse est élevée, la sédimentation est réduite, les sables se déposent en majorité.

Suivant les caractéristiques et les variations de l'hydrodynamisme, la barre sableuse représente un stock de matériaux exportables ou constitue un obstacle favorisant la sédimentation.

Introduction

Pendant de nombreuses années, on a tenté d'évaluer les transports sédimentaires sur le fond des cours d'eau en prélevant les sédiments dans des nasses ou des pièges, comme, par exemple ceux de type *Helley-Smith* (JOHNSON et al., 1977). Mais ces méthodes directes présentent beaucoup de difficultés techniques ; la très grande variabilité des résultats obtenus pour un même site (CAREY, 1985), nécessite un très grand nombre de prélèvements (jusqu'à 70 par site) pour obtenir des données représentatives (MAC CARTHY et al., 1991).

Cependant, des méthodes indirectes peuvent être utilisées :

l'étude granulométrique comparative des sédiments déposés dans l'estuaire du fleuve et de ceux transportés en suspension pendant les crues. Les sédiments dont la granulométrie est plus grossière que celle des sédiments transportés en suspension sont imputés au transport par traction sur le fond (BERTHOIS, 1975).

la méthode par déplacement de traceurs radioactifs, mise au point par le Centre d'étude nucléaire de Saclay (in : BERTHOIS, 1975). Elle consiste à immerger un produit radioactif, à détecter son déplacement et à évaluer l'épaisseur des sédiments transportés et leur tonnage.

enfin la méthode qui consiste à mesurer les variations topographiques d'un fond mobile dans une section donnée du fleuve. C'est une méthode

accessible, mais d'interprétation très délicate (HERVIEU, 1968). C'est cette dernière méthode qui est utilisée dans la présente étude où une barre sableuse est mise en observation pendant trois années.

I. Localisation de la barre sableuse et méthodes d'étude

A. Localisation

La barre sableuse de l'Oubangui, faisant l'objet de cette étude, est localisée à Pama, village situé à 20 km en amont de Bangui. Ce site a été choisi en raison de son accessibilité aisée (par la route et par le fleuve) et de l'importance de la barre développée en saison sèche (Figure 1).

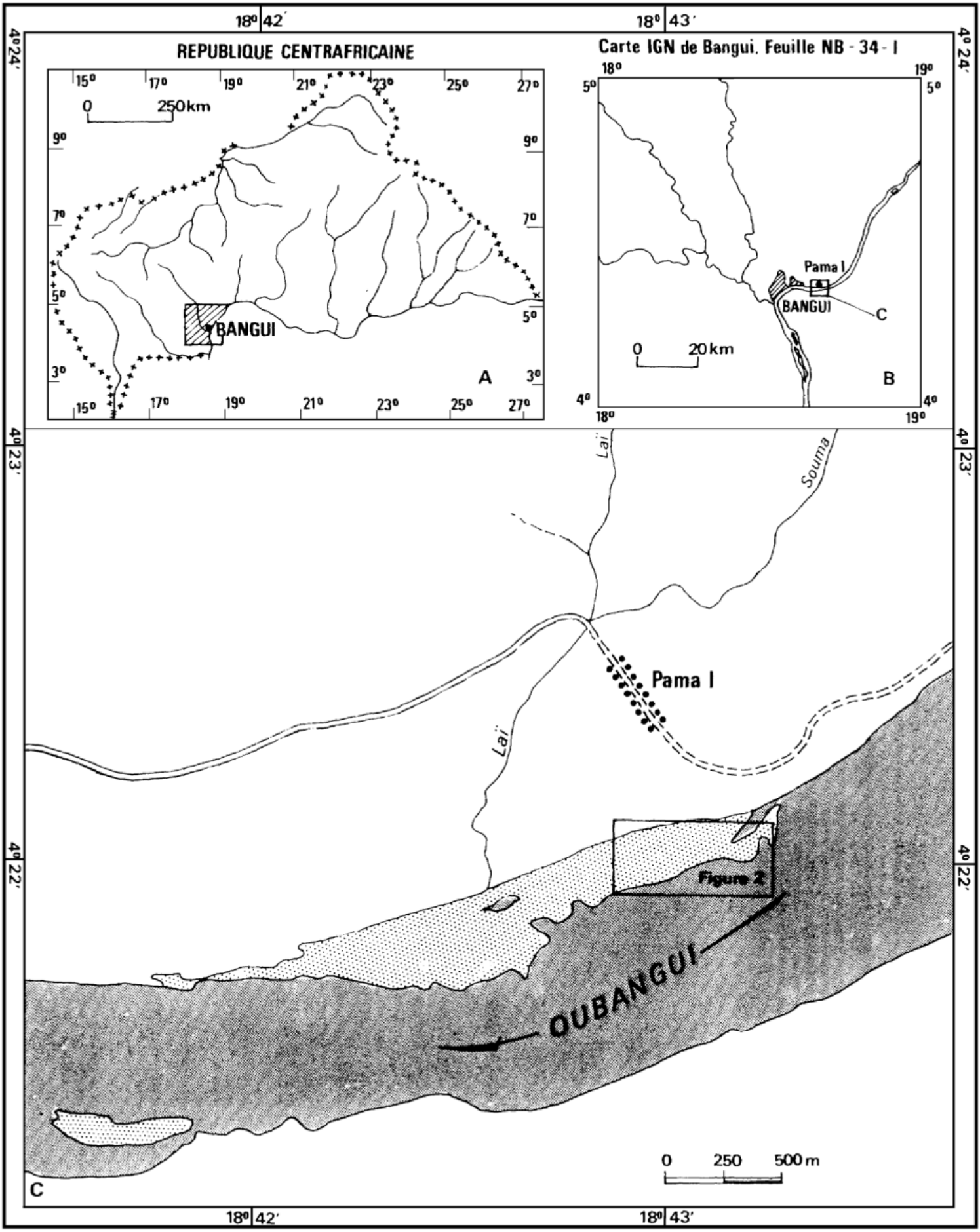


Figure 1 : Localisation du secteur d'étude

Au niveau du village, l'Oubangui qui atteint 1,2 km de large en période de crue, décrit une large courbe d'environ 5 km. Cependant, l'indice de sinuosité, qui est le rapport de la longueur en suivant l'axe du chenal sur la distance parcourue en ligne droite entre deux points d'un cours d'eau (LÉOPOLD et al., 1964), est égal à 1,1 ; le chenal doit donc être malgré tout considéré comme droit.

La berge de la rive concave (côté Zaïre) est érodée et relativement abrupte. A proximité de la rive, de nombreux blocs rocheux latéritisés occupent le fond du chenal. La berge de la rive convexe est constituée de dépôts à dominante sableuse qui émergent en saison sèche. Il s'agit de dépôts de barre latérale de type intermédiaire entre la barre latérale de chenal droit (*alternate bar*) et la barre de méandre (*point bar*) (REINECK et SINGH, 1986). A l'étiage, cette barre latérale a une longueur de près de 2 km et une largeur d'environ 500 mètres.

B. Méthodes d'étude

1° Etude de la morphologie de la barre

Une borne hydrologique a été mise en place à proximité de la berge ; son altitude de 344 mètres a été déterminée par un calage avec le point coté 346 mètres situé juste à la confluence de la Souma et de la Laï (repère du Nivellement Général) (Figure 1).

A partir de ce point de référence, le_relevé_topographique_de la barre sableuse a été effectué selon les méthodes classiques. Celui du chenal a été déterminé par échosondage; les profils transversaux (de 50 mètres d'équidistance) ont été réalisés à partir d'un repère de nivellement placé sur le bord du chenal au niveau de l'embarcadère. Les blocs rocheux situés à proximité de la rive zaïroise n'ont pas permis de déterminer avec précision la topographie de cette zone. Les cartes topographiques ont été dressées à l'échelle du 1/2 000 (Figure 2).

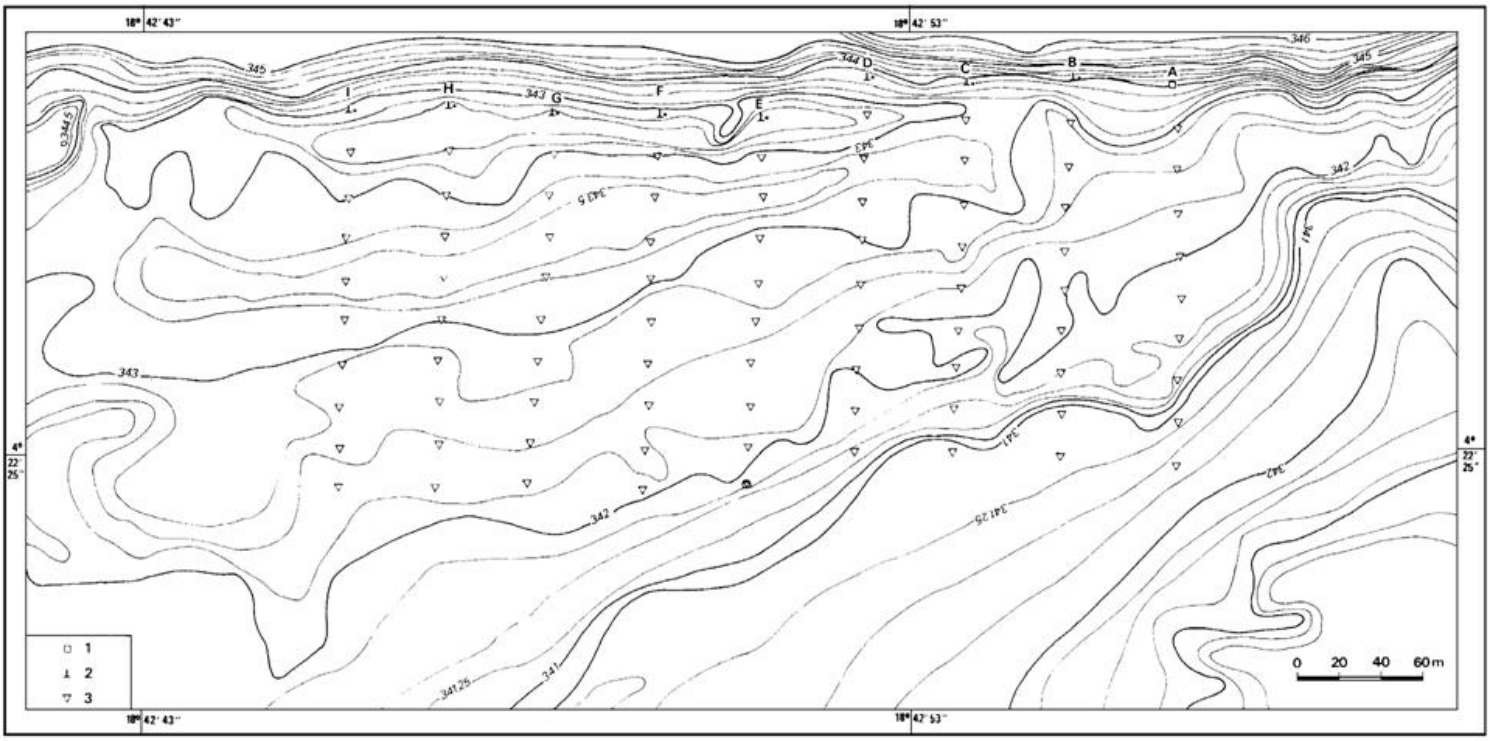


Figure n° 2 : Carte topographique partielle de la barre sableuse de Pama à l'étiage de 1991.
1 : borne hydrologique ; 2 : borne de repérage des layons ; 3 : position des repères mobiles et topométriques

Par ailleurs, neuf layons orientés nord-sud, perpendiculaires à la longueur de la barre sableuse, ont été retenus et marqués par des bornes. Le long de ces layons, des repères mobiles (cubes en bois lestés et maillons de chaîne) ont été implantés pendant la première année, puis des repères topométriques (altitudes des points situés tous les vingt mètres sur chaque layon et épaisseur du sable à ce niveau) pendant les deux dernières années.

2° Détermination des quantités de sédiments charriés et déposés

Des calculs de "cubature" ont été effectués à partir des profils transversaux pour estimer le bilan de transfert d'une année à l'autre. Pour cela, une détermination graphique de la surface de matériaux charriés et déposés entre deux étiages successifs a été effectuée au niveau de chaque layon (Figure 3) ; le volume de matériaux charriés et déposés pour une surface considérée a été obtenu par sommation des volumes entre deux layons successifs calculés selon la formule :

$$V = \left(\frac{(S_n + S_{n+1})}{2}\right) \cdot d$$

avec :

V = volume de matériaux charriés (ou déposés) entre les layons n et $n+1$;

S_n = surface de matériaux charriés (ou déposés) le long du layon n ;

S_{n+1} = surface de matériaux charriés (ou déposés) le long du layon $n+1$;

d = distance entre les layons n et $n+1$.

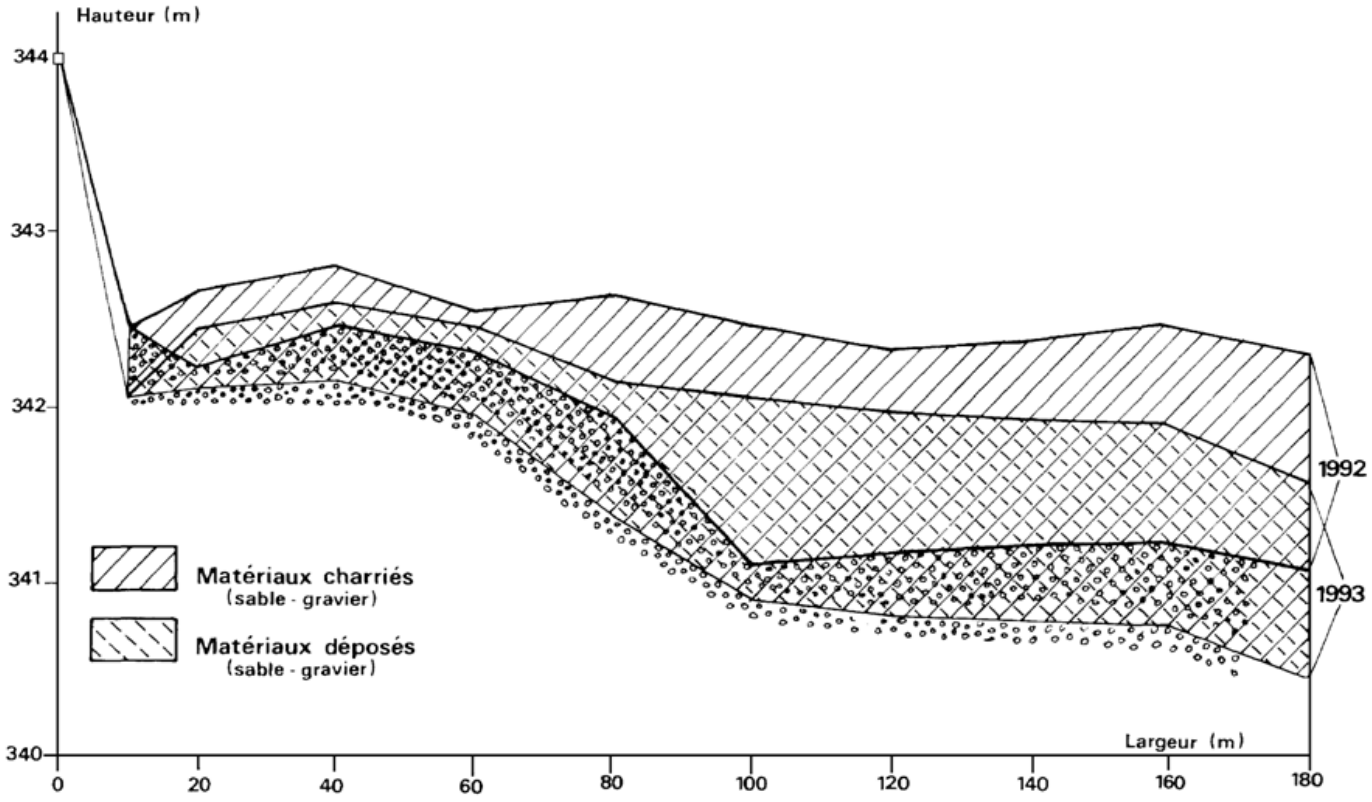


Figure n° 3 : Détermination des surfaces de matériaux charriés
et déposés le long d'un layon entre deux étiages successifs

3° Observations des figures et structures sédimentaires

Des tranchées ont été effectuées dans la partie occidentale de la barre sableuse pendant les étiages des deux dernières années d'étude. Elles ont été réalisées perpendiculairement et parallèlement à l'axe du chenal. Les figures et les structures sédimentaires ont été analysées en vue d'apprécier la succession des phases de dépôt et d'érosion.

II-Morphologie et caractéristiques sédimentologiques de la barre sableuse de 1991 à 1993

A. Morphologie et répartition des faciès

1) En 1991, la carte topographique (Figure 2) couvre, sur une distance d'un kilomètre, la partie supérieure de la barre latérale. Dans la partie nord et nord-ouest de la barre apparaît, en bordure de la berge, une succession de dépressions allongées orientées est-ouest qui correspondent à l'extrémité d'un chenal abandonné situé vers l'aval de la barre. Le chenal présente toute une série de dépressions circulaires ou légèrement allongées pouvant atteindre 2 mètres de profondeur. Il s'agit de *mouilles*, bien connues dans la Loire, en France (BROSSÉ, 1982), où elles rendent toute baignade très dangereuse.

Les coupes sériées de la barre sableuse établies pendant l'étiage 1991 (Figure 4) permet de suivre son évolution d'amont en aval (est-ouest) et de la rive vers le chenal (nord-sud).

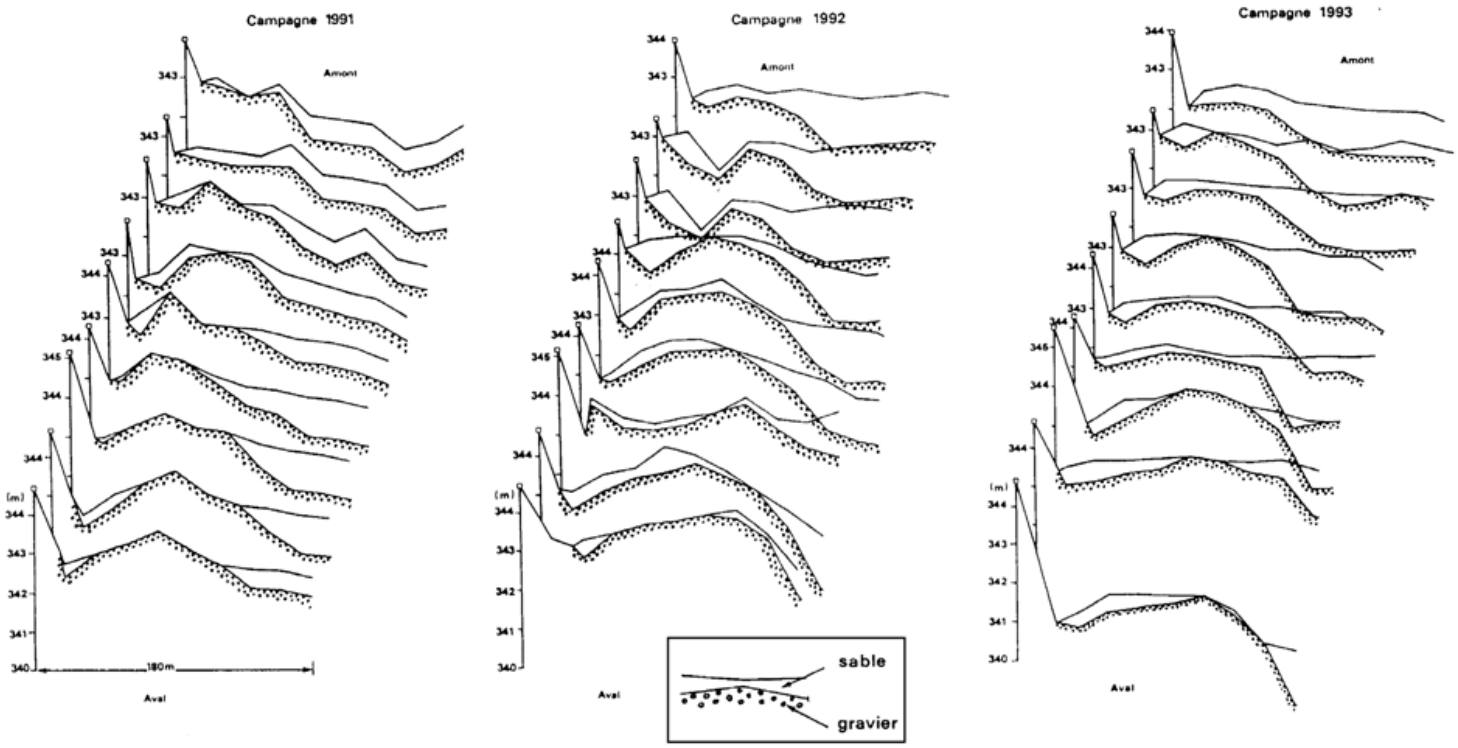


Figure n° 4 : Coupes sériées partielles de la barre sableuse de Pama aux étiages de 1991, 1992 et 1993

Ainsi, on constate la diminution de la couverture sableuse d'amont en aval, laissant apparaître de plus en plus le cordon graveleux à sa partie médiane. D'autre part, la forte épaisseur du sable se localise plutôt au large de la berge.

2) En 1992, le relevé topographique s'est limité seulement à la barre sableuse. La carte topographique couvrant toujours la partie supérieure de la barre, ne concerne qu'une distance de 600 mètres. Les mouilles se maintiennent toujours dans la partie nord et nord-ouest de la barre, avec la même direction est-ouest. Cependant elles sont de dimension plus réduite.

Les coupes sériées (Figure 4) présentent la même allure qu'en étiage de l'année précédente, du point de vue évolution de l'épaisseur sableuse d'amont en aval et de la rive vers le chenal. Cependant le cordon graveleux médian apparait plus en relief ; la couche sableuse est plus étendue et plus importante.

3) En 1993, la carte topographique n'a pas été établie. On remarque de visu une baisse de l'altitude de la partie aval de la barre par rapport à l'année 1992 ; cependant, les coupes sériées (Figure 4) ont une allure comparable à celle de l'étiage 1992.

Par ailleurs, les profils en long de la barre sableuse de 1991 à 1993 (Figure 5) montrent, d'amont en aval, une augmentation de la pente sur une distance de 300 à 350 mètres (pente contraire à celui du lit du cours d'eau). Puis on assiste à une inversion de pente relayée, 50 mètres plus loin, par le profil normal du fleuve.

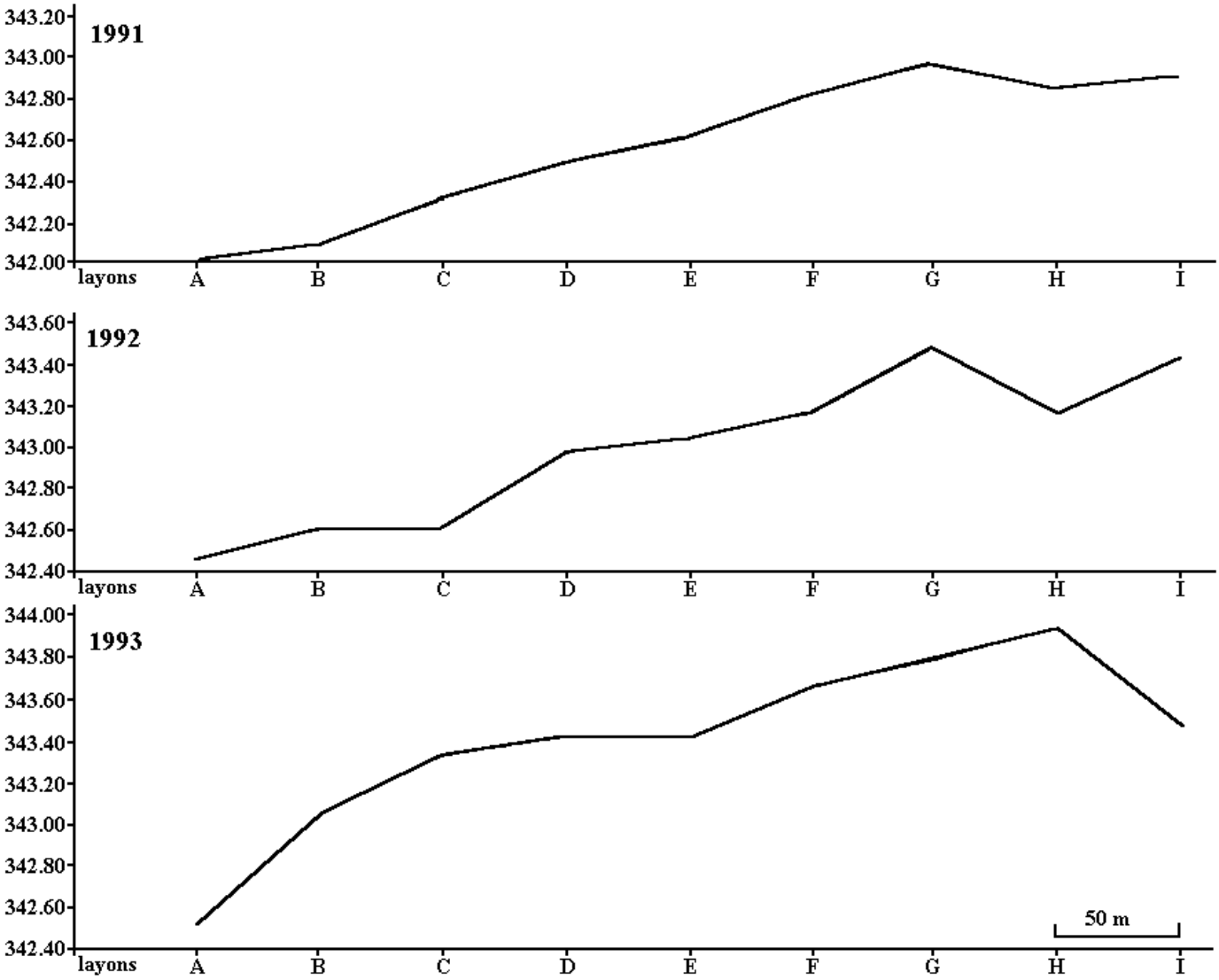


Figure n°5 : Profils en long partiels, d'amont en aval, de la barre sableuse de Pama aux étiages de 1991, 1992 et 1993.

B. Analyses des figures et structures sédimentaires

Les figures sédimentaires observées sont essentiellement les rides de courant, engendrées par le courant fluviatile, donc unidirectionnel.

Les formes et les tailles des rides étant déterminées par la compétence du courant et la taille des grains, leur description s'avère utile pour apprécier la succession des phases de dépôt et d'érosion.

En 1992, on observe, de l'amont vers l'aval, six rides de courant qui, sur 8 mètres, s'effilochent progressivement de sorte que seulement deux rides restent encore visibles. En aval de chacune de ces rides, la formation de lamines (fore sets) résulte d'une migration par roulement (Figure 6).

Figure n° 6 : Rides de courant observées en 1992.
La coupe du banc de sable est parallèle au chenal de l'Oubangui ;
l'aval est vers la droite de la photographie.

Quant à la morphologie des lamines, elle est fonction de la vitesse du courant ; on note ainsi la forme dite *avalanche ripple* dans la partie amont de la tranchée et la forme dite *accretion ripple* (DURINGER, 1988) dans la partie aval. Il est à noter que *l'avalanche ripple* se forme par gravité alors que l'*accretion ripple* est liée à des courants de suspension.

On observe des rides de grande taille ou *mégarides* ayant des longueurs d'onde supérieures à 60 centimètres. Ces mégarides ont en moyenne une dizaine de mètres de longueur et une quinzaine de centimètres de hauteur.

La coupe parallèle au sens du courant (Est-Ouest) permet d'observer les rides avec des litages obliques sigmoïdaux, alors que la coupe perpendiculaire au sens du courant (Nord-Sud) présente plutôt des litages en auge ; ce sont les caractéristiques des mégarides à crêtes ondulantes.

En 1993, on retrouve toujours des mégarides de courant à crêtes ondulantes ; cependant trois rides de courant seulement se sont formées.

La morphologie des lamines est toujours du type *Avalanche ripple* en amont de la tranchée, mais elle est du type *Sheet deposit*, c'est à dire en liaison avec un courant plus important, à la partie aval

III- Dynamique sédimentaire de la barre de Pama entre 1991 et 1993

L'estimation quantitative des matériaux érodés et déposés a été réalisée sur une aire de 400 mètres de long selon l'axe du chenal et 180 mètres de large, distance étudiée sur chaque layon (Figure 2).

A. Evolution ente 1991 et 1992

Entre les étiages de 1991 et 1992, 32 000 m^3 de matériaux ont été charriés, dont 6 000 m^3 de gravier et 26 000 m^3 de sable ; 61 000 m^3 de matériaux ont été déposés, dont 23 000 m^3 de gravier et 38 000 m^3 de sable (Tableau 1).

Tableau 1

Estimation de la quantité de matériel charrié et déposé au niveau de la zone d'étude entre les étiages de 1991 et 1992

Estimation du **charriage** entre les étiages de 1991 et 1992

n° du layon	largeur (m)	charriage (surface en m²) gravier	sable	total	charriage (m^3 entre 2 layons) gravier	sable	total
A	180	19,8	74,3	94,1			
B	180	10,2	84,7	94,9	750	3 975	4 725
C	180	49	67,6	116,6	1 480	3 808	5 288
D	180	3,3	73,2	76,5	1 308	3 520	4 828
E	180	9,9	55,6	65,5	330	3 220	3 550
F	180	11	73,7	84,7	523	3 233	3 755
G	180	12,9	64,5	77,4	598	3 455	4 053
H	180	8,7	52,5	61,2	540	2 925	3 465
I	180	2,3	25,5	27,8	275	1 950	2 225
Total					*5 803*	*26 085*	*31 888*

Estimation du **dépôt** entre les étiages de 1991 et 1992

n° du layon	largeur (m)	charriage (surface en m²) gravier	sable	total	charriage (m^3 entre 2 layons) gravier	sable	total
A	180	22,4	141,3	163,7			
B	180	33,6	147,1	180,7	1 400	7 210	8 610
C	180	13,9	156,3	170,2	1 188	7 585	8 773
D	180	62,1	98,4	160,5	1 900	6 368	8 268
E	180	62,3	83,9	146,2	3 110	4 558	7 668
F	180	69,5	73,3	142,8	3 295	3 930	7 225
G	180	102,3	47,1	149,4	4 295	3 010	7 305
H	180	61,7	65,4	127,1	4 100	2 813	6 913
I	180	100,8	19,8	120,6	4 063	2 130	6 193
Total					*23 350*	*37 603*	*60 953*

Quant au régime hydrologique de l'année, l'hydrogramme (Figure 7) présente deux modes avec une première pointe de crue le 15 septembre avec un débit de 6 400 m3/s et une deuxième pointe de crue, la plus importante, le 30 octobre avec un débit de 7 100 m^3.

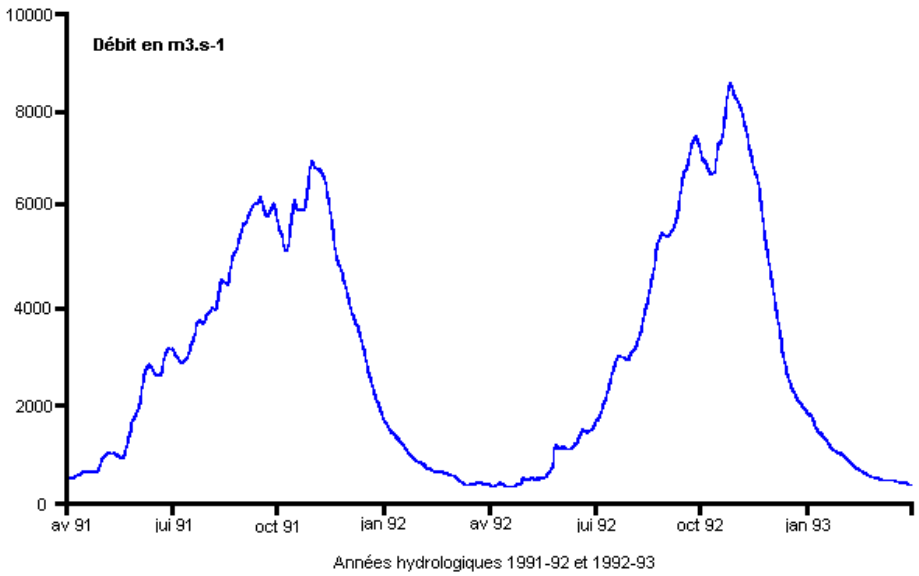


Figure 7 : Débits de l'Oubangui à Bangui durant les années hydrologiques de 1991 et 1992.

Sur l'hydrogramme, on constate que la vitesse maximum de crue, c'est à dire l'augmentation du débit (mesuré en litres par seconde) par unité de temps (seconde) est de 0,5 $l.s^{-2}$, alors que celle de décrue est de 1 $l.s^{-2}$.

B. Evolution ente 1992 et 1993

Entre les étiages de 1992 et 1993, la quantité de matériaux exportés est de 56 000 m^3, dont 18 000 m^3 de gravier et 38 000 m^3 de sable. La quantité de matériaux déposés est de 52 000 m^3, dont 8 500 m^3 de gravier et 43 500 m^3 de sable (Tableau 2).

Tableau 2

Estimation de la quantité de matériau charrié et déposé au niveau de la zone d'étude entre les étiages de 1992 et 1993

Estimation du **charriage** entre les étiages de 1992 et 1993

n° du layon	largeur (m)	charriage (surface en m²) gravier	sable	total	charriage (m^3 entre 2 layons) gravier	sable	total
A	180	64,5	141,3	205,8			
B	180	13,6	147,1	160,7	1 953	7 210	9 163
C	180	0,5	156,3	156,8	353	7 585	7 938
D	180	110,4	98,4	208,8	2 773	6 368	9 140
E	180	57	83,9	140,9	4 185	4 558	8 743
F	180	43,6	73,3	116,9	2 515	3 930	6 445
G	180	65,1	47,1	112,2	2 718	3 010	5 728
H	180	3,3	65,4	68,7	1 710	2 813	4 523
I	180	69,8	19,8	89,6	1 828	2 130	3 958
Total					*18 033*	*37 603*	*55 635*

Estimation du **dépôt** entre les étiages de 1992 et 1993

n° du layon	largeur (m)	charriage (surface en m²) gravier	sable	total	charriage (m^3 entre 2 layons) gravier	sable	total
A	180	0	142,2	142,2			
B	180	24,9	141,5	166,4	623	7 093	7 715
C	180	56,9	136,3	193,2	2 045	6 945	8 990
D	180	0,6	141,1	141,7	1 438	6 935	8 373
E	180	0,6	111,3	111,9	30	6 310	6 340
F	180	12,9	110,3	123,2	338	5 540	5 878
G	180	22,8	79,7	102,5	893	4 750	5 643
H	180	54,2	57,6	111,8	1 925	3 433	5 358
I	180	0	43,4	43,4	1 355	2 525	3 880
Total					*8 645*	*43 530*	*52 175*

Le régime hydrologique (Figure 7) est toujours bimodal, avec une première pointe de crue le 24 septembre pour un débit de 6 700 m^3/s et la deuxième, la plus importante, le 27 octobre pour un débit de 8 800 m^3/s.

Quant à la vitesse maximum de crue, elle est de 1,2 $l\ s^{-2}$, alors que celle de décrue est de 1,47 $l\ s^{-2}$.

C. Bilan et interprétation

1° Bilan de transfert

Entre 1991 et 1992, le transfert global de sédiment est *négatif* ; il y a eu beaucoup plus de matériel déposé (61 000 m^3) que charrié (32 000 m^3), avec un débit de pointe de 7 100 m^3/s au cours de la même période.

Par contre, entre 1992 et 1993, le transfert est *positif* ; il y a eu un charriage de 56 000 m^3 de matériel et un dépôt de 52 000 m^3. Ceci est dû à un transfert important de gravier (9 000 m^3) alors que celui du sable est plutôt négatif (- 5 000 m^3). Au cours de cette période, le débit de pointe est de 8 800 $m^3.s^{-1}$.

2° Bilan de dépôt

Entre 1991 et 1992, il y a eu un dépôt net total de 29 000 m^3 dont 17 000 m^3 de gravier et 12 000 m^3 de sable, soit en moyenne, respectivement, 24 cm et 17 cm d'épaisseur sur l'aire considérée.

Par contre, entre 1992 et 1993, le dépôt net total présente une tendance négative, à cause d'un charriage plus important de matériel (56 000 m^3) que le dépôt effectif (52 000 m^3).

3° Interprétation

• Les quantités de matériaux érodés sont fonction du débit de pointe de crue. Entre 1991 et 1992, pour un débit de pointe de 7 100 $m^3.s^{-1}$, on a une quantité de matériaux érodés de 32 000 m^3 ; de même, entre 1992 et 1993, pour un débit de pointe de 8 800 $m^3.s^{-1}$, on a une quantité de 56 000 m^3, soit 1,7 fois de plus. Donc, plus le débit de pointe est élevé, plus l'érosion est importante.

Les types de matériaux érodés sont fonction de la forme de l'hydrogramme. Entre 1991 et 1992, la vitesse de décrue (1 $l.s^{-2}$) est deux fois plus grande que celle de la crue (0,5 $l.s^{-2}$), et on constate que la quantité érodée de sable (26 000 m^3) est 4 fois plus importante que celle du gravier (6 000 m^3). Entre 1992 et 1993, les vitesses de crue et de décrue sont voisines, respectivement 1,2 et 1,47 $l.s^{-2}$, et on constate que dans ce cas, la différence des quantités érodées de gravier et de sable est moindre, soit respectivement 18 000 et 38 000 m^3. Donc plus les vitesses de crue et de décrue se rapprochent, plus la différence entre les quantités érodées des deux types de matériaux, gravier et sable, s'atténue.

La sédimentation est fonction de la vitesse de décrue. Entre 1991 et 1992, cette dernière est de 1 $l.s^{-2}$ avec un dépôt de 61 000 m^3, alors qu'entre 1992 et 1993, elle est de 1,47 $l.s^{-2}$ avec un dépôt de 52 000 m^3. Donc, plus la vitesse de décrue est élevée, moins il y a de matériaux déposés.

La vitesse de décrue a également une influence sur les types de matériaux déposés. Entre 1991 et 1992, pour une vitesse de décrue de 1 $l.s^{-2}$, ces dépôts sont composés de 23 000 m^3 de gravier et 38 000 m^3 de sable. Entre 1992 et 1993, pour une vitesse plus forte (1,47 $l.s^{-2}$), on a 9 000 m^3 de gravier et 43 000 m^3 de sable soit 5 fois plus de sable que de gravier. Donc, si la vitesse de décrue est faible, les quantités de gravier et de sable déposées sont plus proches. Plus la vitesse de décrue est élevée, moins il y a de gravier par rapport au sable.

Les figures et structures sédimentaires sont en relation avec le bilan global du dépôt des sédiments. Entre 1991 et 1992, ce bilan global est positif avec une sédimentation de 29 000 m^3 de matériaux. On a observé 6 rides de courant de types *avalanche ripple* et *accretion ripple*. Entre 1992 et 1993, le bilan global est négatif avec une érosion de 4 000 m^3 de matériaux, le nombre de rides observés a été de 3 avec les types *avalanche ripple* et *sheet deposit*. Il y a donc une bonne concordance entre le nombre de rides et la quantité de matériel déposé.

La barre sableuse se comporte différemment selon l'hydrodynamisme du cours d'eau. Entre 1991 et 1992, avec un débit de pointe de 7 100 m^3/s et une vitesse de crue (0,5 $l.s^{-2}$) inférieure à celle de décrue (1 $l.s^{-2}$), on enregistre globalement une sédimentation de 29 000 m^3 de matériaux. Entre 1992 et 1993, avec un débit de pointe de 8 800 m^3/s et une vitesse de crue (1,2 $l.s^{-2}$) voisine de celle de décrue (1, $l.s^{-2}$), on enregistre globalement une érosion de 4 000 m^3 de matériaux. Donc, dans le premier cas, la barre sableuse se comporte comme un obstacle qui favorise la sédimentation, alors que, dans le second cas, la barre se comporte comme un stock de matériaux érodables.

Conclusion

Cette étude a essentiellement permis une évaluation quantitative des matériaux (sable et gravier) charriés et déposés en un lieu donné entre deux étiages successifs. Si pour l'ensemble du débit solide de l'Oubangui à Bangui, les matières en suspension se chiffrent en quelques millions de tonnes par an, celles du fond ne s'expriment plutôt qu'en dizaines de milliers de tonnes. Cependant, il faut noter que les résultats sont donnés en termes de bilan, et on ne connaît ni la distance de transport de la charge de fond entre deux étiages, ni la quantité de matériaux qui a seulement transité en un lieu donné.

Quelques relations ont pu être établies entre, d'une part, l'érosion et la sédimentation au niveau de la barre et, d'autre part, les caractéristiques hydrodynamiques de l'Oubangui :

- les quantités de matériaux érodés croissent avec le débit de pointe de crue ;
- les proportions en sables et graviers érodés sont fonction du taux de croissance du débit ; plus les vitesses de crue et de décrue se rapprochent en valeur, plus ces proportions sont proches.
- la sédimentation est inversement proportionnelle à la vitesse de décrue ;
- les proportions en sables et graviers déposés dépendent de la vitesse de décrue ; si elle est faible, ces proportions sont proches ; dans le cas contraire, la quantité de sable est plus importante que celle du gravier ;
- le nombre de rides de courant formées entre deux étiages dépend du bilan global de dépôt. Plus le bilan est positif, plus il y a de rides de courant.
- suivant la compétence du cours d'eau entre 2 étiages successifs, la barre sableuse se comporte comme un obstacle favorisant la sédimentation si cette compétence est faible ; elle se comporte plutôt comme un stock de matériaux érodables si cette compétence est forte.

Cependant, la méthode qui a permis de faire ce bilan présente certaines limites :

- la barre sableuse de Pama ne couvre qu'une partie de la largeur du cours d'eau (500 m sur environ 1200 m de large) et, de plus, l'aire considérée pour la quantification n'a que 180 m de large.
- la méthode ne permet pas d'autre part de détailler les modalités du transfert, notamment les variations au cours de l'année climatique et la distance parcourue par les sédiments au cours de l'année.

BIBLIOGRAPHIE

Berthois, L. - 1975 - Etude sédimentologique des roches meubles : techniques et méthodes. "Les roches sédimentaires" Vol. 1, Doin Ed. (Paris), 278p.

Brossé, R. - 1982 - Les processus sédimentaires dans le fleuve Loire. Thèse Doct. Etat, Angers, 350p.

Carey W.P. - 1985 - Variability in measured bedload-transport rates. Wat. Ressour. Bull., 21, pp. 39-48

Duringer, P. - 1988 - Introduction à la pétrographie sédimentaire, aux figures sédimentaires et aux environnements. Inst. de Géol., Univ. de Strasbourg, 235p.

Hervieu, J. - 1968 - Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical, Mémoires ORSTOM n°24, Paris, 408p.

Johnson C.W., Engleman R.L., Smith J.P. & Hansen C.L. - 1977 - Helley-Smith bedload samples. J. Hydraul. Div. Am. Soc. civ. Engrs, 103, pp. 1217-1221

Léopold L. B., Wolman M. G. & Miller J. P., - 1964 - Fluvial process in geomorphology, Freeman, London, 522p.

Mac Carthy T.S., Stanistreet I.G. & Cairncross B. - 1991 - The sedimentary dynamics of active fluvial channels on the Okavango fan, Botswana. Sedimentology, 38, pp. 471-487

Reineck H. E. & Singh I. B. - 1986 - Depositional sedimentary environments, Springer Verlag, Berlin Meidelberg, New York, 551p.

Salomon J. C. - 1974 - Transport de sable dans l'estuaire de la Loire. Mém. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n°7, p. 125-134.

Retour en haut du document

Liste des Compléments

Complément N° 7

Variations et Bilans des flux de matières particulaires et dissoutes de l'Oubangui à Bangui (de 1987 à 1992)

Didier ORANGE
LECOM, ORSTOM, BP 84, BAMAKO (Mali)

Jean-Claude OLIVRY
Laboratoire d'Hydrologie, Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France

Claude CENSIER
Centre ORSTOM, BP 893, Bangui, République Centrafricaine

Résumé :

Les flux de matières particulaires et dissoutes exportées par l'Oubangui au bief de Bangui sont quantifiés de 1987 à 1992, aux échelles, respectivement, hebdomadaire et mensuelle. Situé au cœur du continent africain en zone tropicale humide, le bassin versant oubanguien a un relief ancien fortement pénéplané avec une couverture pédologique à dominante ferrallitique, plus ou moins indurée. Sa couverture végétale est restée relativement dense malgré une période de sécheresse entamée dès 1970. Dans ce contexte à déficit hydrologique prononcé, le coefficient d'écoulement de l'Oubangui n'étant que de 12% contre 18% sur l'ensemble du siècle, le tonnage annuel moyen de matières exportées, particulaires et dissoutes, est de $6,5.10^6$ $t.an^{-1}$, ce qui représente un transport spécifique de 13,3 $t.km^{-2}.an^{-1}$.

Les matières particulaires ne constituent que 42% de ce flux, soit une érosion mécanique spécifique de 5,5 $t.km^{-2}.an^{-1}$ seulement pour un transport dissous spécifique de 7,8 $t.km^{-2}.an^{-1}$. Ces chiffres placent l'Oubangui parmi les fleuves ayant les plus faibles taux d'exportation de matières. Une partie non négligeable des transports dissous (11%) est constituée par la matière organique dissoute qui n'est présente dans les exportations qu'en période de crue.

Au cours du cycle hydrologique, trois phases à dynamique d'érosion mécanique différente se distinguent. Il apparaît que le facteur primordial d'acquisition de la charge particulaire des eaux du fleuve n'est pas l'état du couvert végétal mais le volume d'eau écoulée mis en jeu. Enfin, une comparaison avec des mesures d'exportation de matières particulaires effectuées dans le début des années 1970 ne montre pas de changement significatif dans le fonctionnement hydrodynamique de ce bassin versant.

Introduction

Dans le cadre du *Programme d'étude de l'Environnement de la Géosphère Intertropicale - volet Grands Bassins Fluviaux* (PEGI - GBF), les flux de matières particulaires et dissoutes exportées par la rivière Oubangui sont quantifiés au niveau de la ville de Bangui depuis 1987. Bangui, capitale de la République Centrafricaine, se situe sur le cours moyen de l'Oubangui, à 600 km de sa confluence avec le fleuve Congo. A ce point, il a déjà parcouru 1900 km sur sa partie la plus longue, c'est-à-dire sur l'axe Uélé-Oubangui.

L'objectif de ce programme est de quantifier, caractériser et expliquer la dynamique actuelle des grands écosystèmes intertropicaux par l'intermédiaire d'un suivi à long terme des fluctuations hydroclimatiques et des flux fluviaux de matières. La station de Bangui est particulièrement intéressante d'une part, du fait de sa position intermédiaire entre la savane et la forêt, et d'autre part, du fait de la moindre taille de son bassin versant en comparaison avec celui du Congo à Brazzaville.

Dans cet article, les variations des flux de matières sont discutées aux échelles mensuelle et interannuelle entre 1987 et 1992, soit durant six cycles hydrologiques complets. Ceci représente 218 mesures hebdomadaires et 66 mesures mensuelles. Puis les bilans d'exportation de matières sont présentés en essayant de tenir compte des conditions climatiques

particulièrement sévères depuis le début de la période d'observation.

1. Situation géographique de la zone d'étude

Situé au cœur du continent africain, le bassin versant de l'Oubangui couvre une superficie totale de 643 900 km^2 ; à l'amont de Bangui, sa superficie est de 488 500 km^2. Ce bassin présente une forme allongée d'est en ouest, dont la partie aval s'incurve vers le sud un peu en amont de Bangui. La longueur du bassin est d'environ 1800 km pour une largeur moyenne de 500 km. Il s'étend de la latitude 00°30'S à 09°16'N et de la longitude 15°35'E à 30°57'E.

Son relief est une vaste pénéplaine modelée par les phénomènes d'érosion météorique qui se sont succédés au cours des temps phanérozoïques. Les hauts reliefs qui dépassent rarement 1100 m, ne représentent que 5% de la superficie du bassin. Le point culminant est à 1796 m dans les Monts Bleus au Zaïre, à l'interfluve Congo-Nil à l'extrémité orientale du bassin. Les plateaux, qui s'étagent de 500 à 900 m d'altitude, constituent 70% de la superficie, et la plaine oubanguienne forme les 25% de la superficie restante (Figure 1).

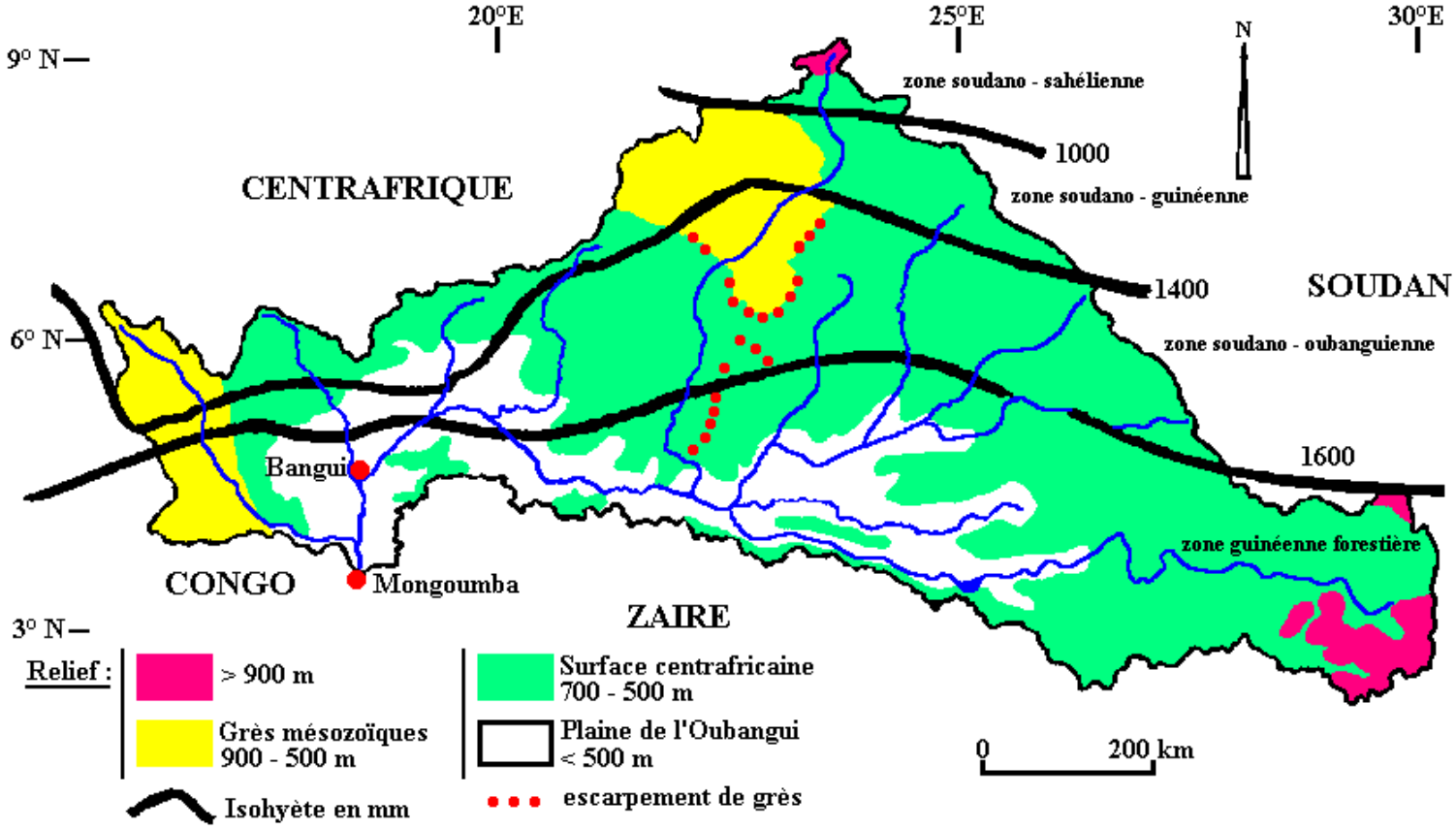


Figure 1 : Carte morphostructurale du bassin versant centrafricain de l'Oubangui et zones climatiques.

Le bassin versant centrafricain de l'Oubangui est principalement constitué par le socle précambrien à l'exception des deux formations gréseuses mésozoïques situées au nord et à l'est du bassin (Mestraud, 1982 ; Poidevin, 1985 ; Censier, 1991). Ces formations gréseuses couvrent 10% de la superficie du bassin. Les roches plutoniques et métamorphiques acides (du type granite, gneiss, micaschiste et schiste), de loin majoritaires, représentent 60% de la superficie du bassin. On y trouve ensuite en proportions sensiblement égales, des roches volcaniques et métamorphiques basiques, des roches détritiques argileuses et des roches carbonatées. Notons aussi l'existence de salines qui, malgré leur faible répartition sur l'ensemble du bassin (de l'ordre de 1% de la superficie totale), peuvent toutefois avoir une importance non négligeable sur la qualité des exportations de matières par le fleuve du fait de leur fort indice d'érosion.

Les sols sont des sols ferrallitiques plus ou moins indurés. Le couvert végétal est dense et relativement uniforme sur l'ensemble du bassin. La forêt dense humide semi-décidue n'occupe plus que les parties méridionales du bassin, situées sur la frontière RCA-Zaïre. Le reste du bassin est presque entièrement couvert par la savane arbustive ou arborée. L'extrémité nord du bassin est en bordure de la zone soudano-sahélienne, domaine de la steppe.

2. Climat et bilan hydrologique

Le climat du bassin de l'Oubangui est caractérisé par : (1) une saison sèche qui commence en octobre au NE et qui se généralise à l'ensemble du pays dès janvier ; (2) une intersaison avant la saison des pluies qui débute dans le sud du pays en mars pour atteindre le nord en avril-mai ; (3) enfin, une saison pluvieuse qui affecte l'ensemble du bassin de juin à septembre et qui dure du sud au nord de 9 à 4 mois. La pluviosité varie de 1700 mm.an^{-1} au sud à moins de 1000 mm.an-1 au nord, ce qui correspond respectivement au passage de la zone guinéenne forestière à la zone soudano-guinéenne (Figure 1).

Depuis le début des années 1970, cette zone géographique subit un fort déficit pluviométrique qui s'est accentué depuis 1983 (Figure 2). La lame d'eau précipitée sur l'ensemble du bassin versant de l'Oubangui à Bangui est passée de 1500 mm.an-1 dans les années 1950 à 1400 mm.an^{-1} dans les années 1980. Ceci s'est traduit par une perte d'hydraulicité de l'Oubangui à l'échelle du siècle. En effet, l'Oubangui est dans une phase sèche depuis 1971, et plus intensément encore depuis 1983 (Figure 3). Avant cette date, les seules années hydrologiques ayant eu un module annuel inférieur à 3000 m^3.s^{-1} sont les années hydrologiques 1971/72 et 1973/74 avec respectivement 2890 et 2750 m^3.s^{-1}. Par contre, depuis 1987, début de l'étude, seule l'année hydrologique 1988/89 a un module annuel bien supérieur à 3000 m^3.s^{-1} (soit 3150 m^3.s^{-1}), les années hydrologiques 1991/92 et 1992/93 étant sensiblement égales avec 3045 et 3025 m^3.s^{-1}. Le cycle hydrologique 1990/91 est le plus déficitaire avec seulement 2170 m^3.s^{-1}.

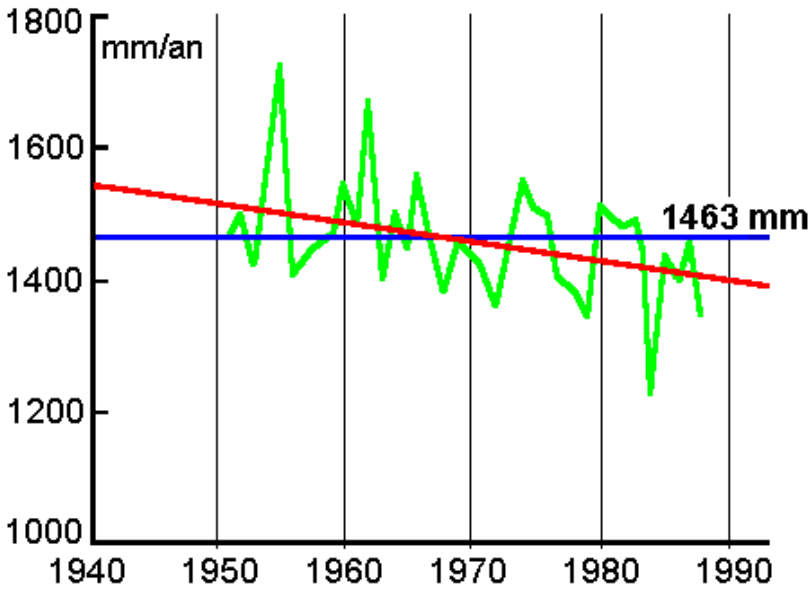


Figure 2 : Evolution annuelle de la lame d'eau précipitée
sur le bassin versant de l'Oubangui à Bangui. D'après Mahé (com.pers.).

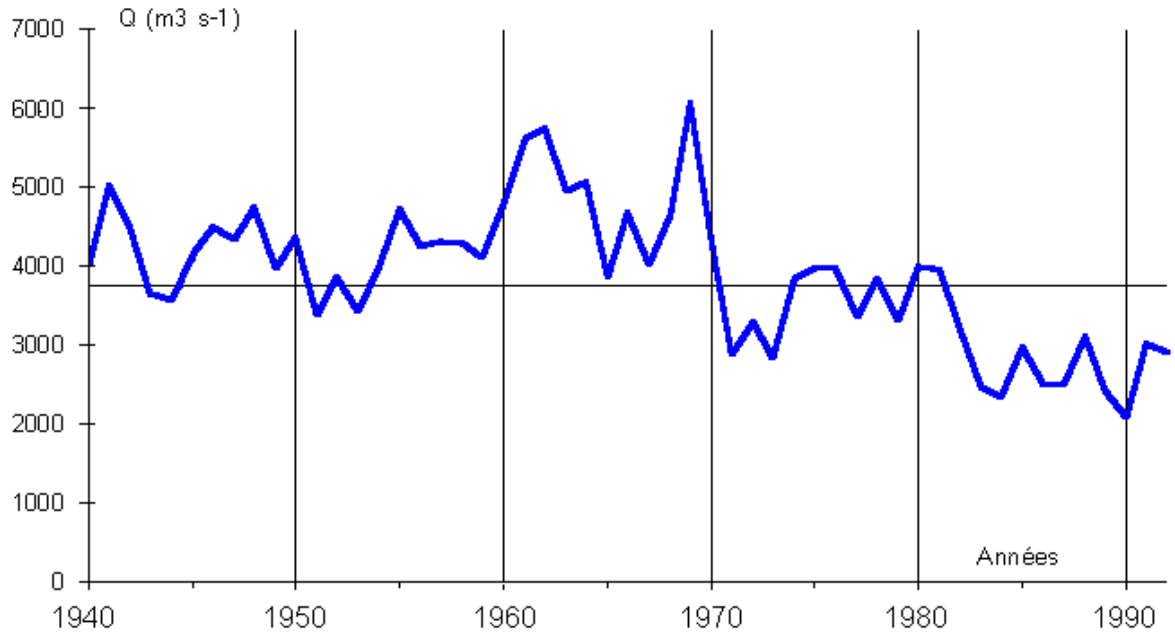


Figure 3 : Evolution du module annuel de l'Oubangui à Bangui depuis 1940

Ceci se traduit sur l'hydrogramme annuel de crue de l'Oubangui par une montée des eaux plus tardive et plus rapide, par un écrêtement de la pointe de crue et par une vidange rapide des nappes. Sur la période 1940-1979, le module moyen annuel est de 4210 $m^3.s^{-1}$ alors que, sur la période d'étude 1987-1992, le module moyen annuel n'est que de 2740 $m^3.s^{-1}$. Ce module annuel représente une lame d'eau écoulée de 173 $mm.an^{-1}$, soit un coefficient d'écoulement actuel de 12%, alors qu'il est de 18% sur la période 1940-1979.

3. Le protocole de mesures et la méthode de calcul des flux

Depuis 1987, les prélèvements d'eau sont effectués à Bangui sur l'Oubangui chaque semaine, à deux mètres de fond à l'aide d'une bouteille à clapet d'une capacité de 12 litres, sur une verticale réputée être représentative de la section du fleuve. Ce point se situe à 1 km en amont des rapides de Bangui, au niveau du quartier populaire de l'extrémité est de la ville de Bangui. Il y a donc des possibilités de pollutions domestiques plus ou moins importantes.

Un litre de ce prélèvement, après tamisage sur un tamis de 2 µm pour séparation de la fraction sableuse en suspension (SAB), un litre de ce prélèvement est filtré par aspiration sur filtre en acétate de cellulose de 47 mm de diamètre et de 0,2 µm de diamètre de pore pour la détermination, par pesée du filtre, de la concentration en matières en suspension (MES). La concentration en matières particulaires (TS) est la somme de la fraction sableuse et de la fraction fine en suspension : TS = SAB + MES. La concentration moyenne mensuelle est obtenue en faisant la moyenne de ces quatre mesures hebdomadaires pondérées par le débit journalier respectif du fleuve.

Une fois par mois, le prélèvement est effectué non seulement à 2 mètres de profondeur mais également sur 4 autres profondeurs de la même verticale, le tout étant doublé. Cela fait donc deux séries de 5 prélèvements de 12 litres chacun. Cet échantillonnage est utilisé, entre autres, pour déterminer la concentration de matières dissoutes totales (MD) à partir du poids du résidu sec à 105°C d'un litre de filtrat issu de la centrifugation de l'ensemble du prélèvement. Cette valeur est assimilée à la valeur de la concentration moyenne mensuelle.

Enfin, les tonnages mensuels sont calculés à partir des concentrations mensuelles ainsi obtenues.

4. Variabilité mensuelle des flux de matières

4.1 - Les matières particulaires

Au cours d'un cycle hydrologique, la variation journalière de la concentration en matières particulaires transportées par les eaux de l'Oubangui est relativement faible, comparée à celle enregistrée sur les fleuves des zones tropicales sèches. Sur l'ensemble d'un cycle hydrologique, la moyenne des variations journalières a varié entre 36% lors du cycle 1989/90 et 87% lors du cycle 1991/92. L'acquisition de la charge particulaire par les eaux du fleuve est progressive au cours de la crue.

Cette faiblesse des fluctuations journalières des concentrations en matières particulaires se traduit par des pics annuels de concentration en matières particulaires peu élevés. Depuis 1987, le maximum journalier enregistré n'est que de 55 $mg.l^{-1}$. Bien que sur ces six années étudiées les débits de pointe de crue aient varié de plus de 100% (de 4930 $m^3.s^{-1}$en 1990 à 10200 $m^3.s^{-1}$ en 1988), la concentration maximale en matières particulaires de chaque cycle n'a varié que de 40%, de 55 $mg.l^{-1}$ en août 1988 à 39 $mg.l^{-1}$ en août 1991. Ce pic de concentration des matières particulaires est toujours atteint fin août-courant septembre avant la pointe de l'hydrogramme de crue. En effet, comme dans la plupart des fleuves tropicaux (KATTAN et al., 1987 ; MARTINS et PROBST, 1991 ; ORANGE, 1992 ; PROBST, 1992), le maximum de la charge particulaire précède toujours le maximum des écoulements (Figure 4).

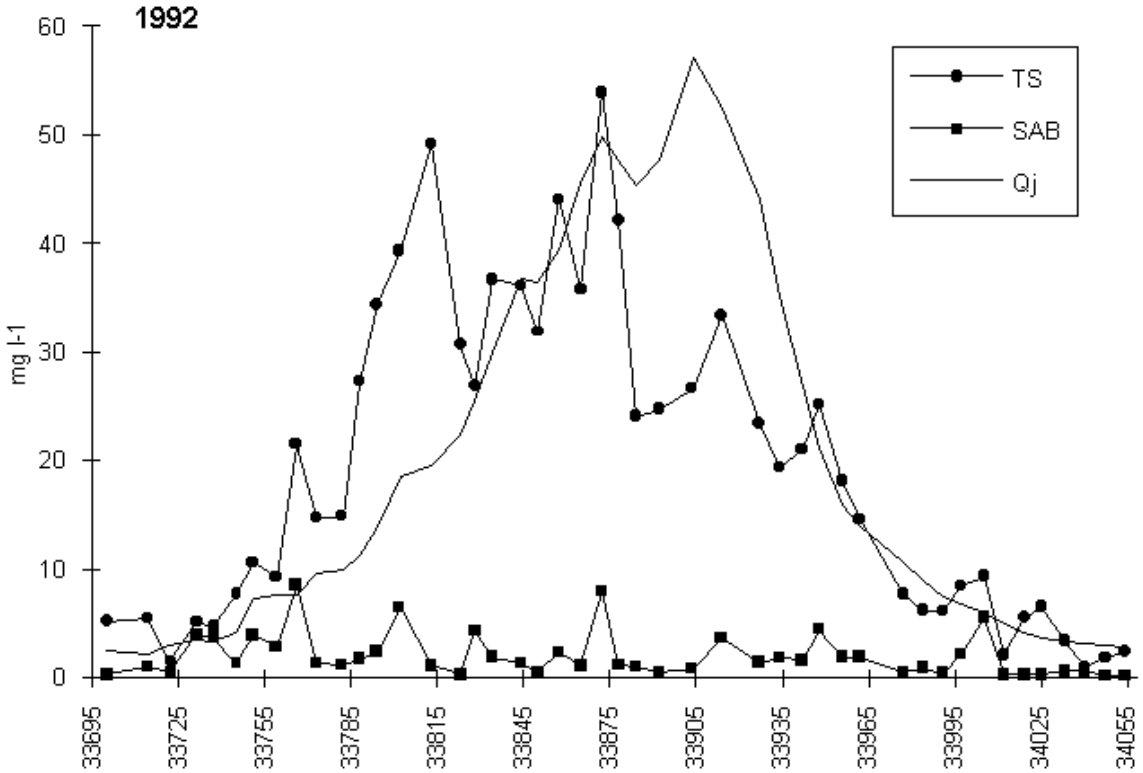


Figure 4 : Evolution comparée au cours du cycle hydrologique 1992/93 de la concentration en matières particulaires (TS) et de la fraction sableuse en suspension (SAB) avec le débit du fleuve (Qj)

Chaque année, la concentration journalière minimale, atteinte en fin de saison sèche, est de 1 $mg.l^{-1}$. Cela signifie un arrêt quasi-total du transport particulaire durant la saison des basses-eaux, époque à laquelle la lame d'eau précipitée sur le bassin est quasi-nulle. Ainsi, en plus de l'absence d'érosion météorique à cette époque de l'année, le fleuve perd à partir du mois de février sa capacité éventuelle à éroder son lit et ses berges, et à transporter ce matériel.

La fraction sableuse (>2µ) représente en moyenne 10% des tonnages particulaires exportés au cours d'un cycle, ce pourcentage variant très peu d'un cycle à l'autre (de 8 à 13 %). A l'échelle du mois, la contribution de cette fraction sableuse à l'exportation solide passe de 3-5% entre juillet et novembre lors de la crue, à 10-15% le reste de l'année (Figure 4). Tout se passe comme-ci il y avait dilution des sables par les matières en suspension au fur et à mesure de l'augmentation des concentrations en matières particulaires. En terme de concentration, les valeurs mensuelles de sables sont de l'ordre de 2-3 mg.l-1 en période de crue et de 0,1 mg.l-1 en fin de chaque cycle hydrologique.

L'évolution mensuelle de la charge solide du fleuve suit le même schéma chaque année. Que ce soit à l'échelle journalière ou

mensuelle, il n'existe pas de relation directe entre le débit du fleuve et la concentration de ses eaux en matières particulaires (Tableau 1). En fait, les variations mensuelles des concentrations en fonction des débits respectifs décrivent une boucle traduisant les capacités érosives du bassin (Figure 5). Ce comportement des concentrations en matières particulaires a déjà été noté par de nombreux auteurs (Gac et Kane, 1986 ; Olivry et al., 1988 ; Orange, 1992 ; Probst, 1992). En début de crue, d'avril à juillet, la capacité érosive du bassin augmente plus vite que le volume d'eau écoulée disponible, ce qui se traduit par une augmentation des concentrations en matières particulaires des eaux du fleuve. De juillet à septembre, la capacité érosive du bassin augmente toujours mais moins vite que le volume d'eau écoulée disponible, ce qui a un effet de dilution des matières particulaires : en milieu de crue, les concentrations en matières particulaires sont sensiblement stables. Ensuite, l'arrêt progressif des processus actifs d'érosion se traduit par une diminution des concentrations en matières particulaires dès octobre, c'est-à-dire avant l'amorce de la décrue.

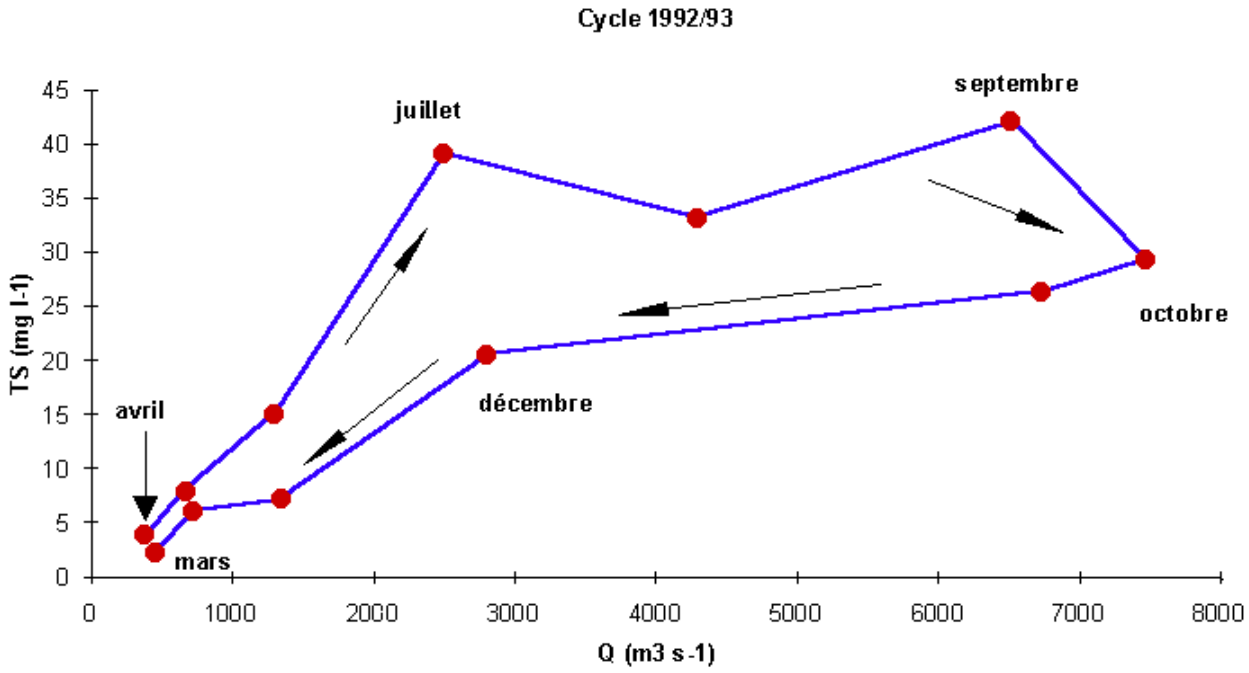


Figure 5 : Evolution des concentrations mensuelles en matières particulaires (TS) en fonction des débits du fleuve (Q)

D'après ORANGE (1992), un diagramme représentant la somme des tonnages de matières particulaires exportés en fonction de la somme du volume d'eau écoulée depuis le début de la crue permet de mettre en évidence ces trois phases à dynamique d'érosion différente se succédant au cours de l'année hydrologique (Figure 6). Dans ce système de représentation, la pente de la courbe est homologue d'une concentration en matières particulaires. Ainsi la courbe matérialise la dynamique d'acquisition de la charge particulaire des eaux du fleuve au cours du cycle hydrologique : la pente représente donc une concentration moyenne en matières particulaires, et non instantanée. En début de crue, la courbe a un rayon de courbure négatif : c'est la phase dite d'*érosion précoce*. Durant cette période, la pente de la courbe augmente, c'est-à-dire que la concentration en matières particulaires moyenne augmente jusqu'à un maximum qui semble être toujours le même quel que soit le cycle hydrologique considéré (Figure 6).

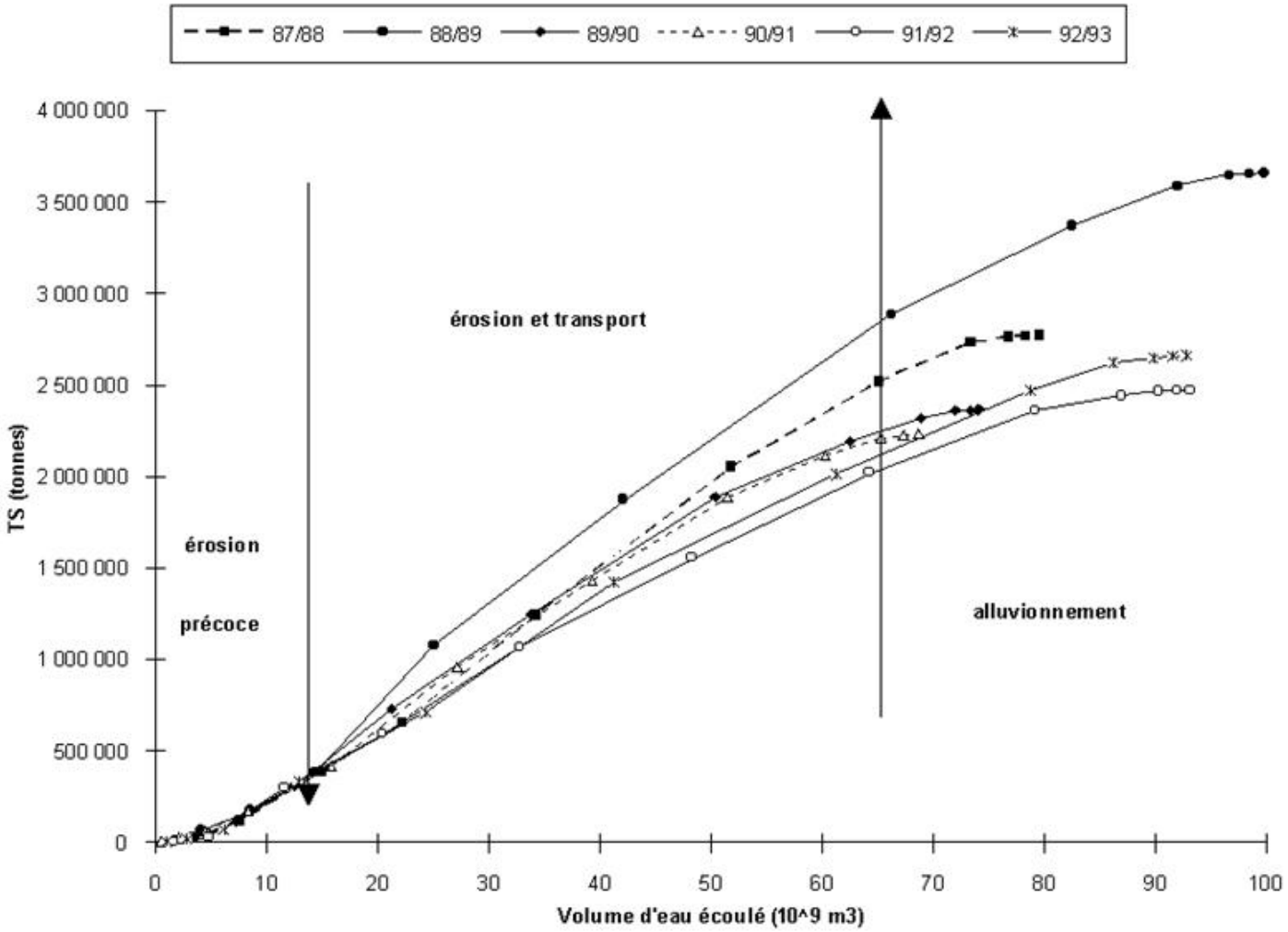


Figure 6 : Evolution de la somme des tonnages de matières particulaires (TS) transportées par le fleuve en fonction de la somme des volumes d'eau écoulés au cours de chaque cycle hydrologique depuis 1987

A ce point, le rayon de courbure change de signe, la pente de la courbe diminue : c'est la phase dite d'*érosion et transport*.

Ce changement de dynamique d'acquisition de la charge particulaire des eaux du fleuve correspond probablement à la fin de la mise en place du couvert végétal, qui joue alors pleinement son rôle de protection des sols. Ensuite, lors de la phase d'*érosion et transport*, l'importance des volumes d'eau écoulée se traduit par une diminution de la concentration en matières particulaires moyenne, jusqu'à ce que celle-ci atteigne un palier vers le mois de décembre. Il s'agit alors de la phase dite d'*alluvionnement* : le fleuve a perdu sa capacité au transport.

De la comparaison des six courbes d'évolution (Figure 6), il apparaît que sur l'Oubangui l'identité de la crue est obtenue lors de la phase d'*érosion et transport*, au contraire des fleuves tropicaux secs du type Sénégal dont les crues acquièrent leur identité au cours de la première phase d'*érosion précoce* (ORANGE, 1992). Ceci signifie que dans ce domaine tropical humide, le facteur primordial d'acquisition de la charge particulaire des eaux du fleuve n'est pas l'état du couvert végétal mais le volume d'eau écoulée mis en jeu.

4.2 - Les matières dissoutes

La concentration obtenue à partir de la méthode du résidu sec permet de quantifier la part totale de matières dissoutes (MD) comprises dans l'échantillon d'eau considéré. Il s'agit donc ici de la matière dissoute minérale (TDS) et organique (MOD).

Au cours d'un cycle hydrologique, la concentration journalière de la charge dissoute totale des eaux de l'Oubangui fluctue entre 35 $mg.l^{-1}$ et 60 $mg.l^{-1}$. Les variations mensuelles au cours de la crue semblent aléatoires (Tableau 1). Il n'y a pas de relation apparente entre la charge dissoute totale des eaux et le débit du fleuve. Par contre, la conductivité des eaux est

directement inversement proportionnelle au débit. Elle est toujours maximale, autour de 60 µS, en avril juste avant la reprise des écoulements, et atteint sa valeur minimale, de l'ordre de 25 µS, en octobre au moment de la pointe de crue. La conductivité d'une eau donnant directement une image de la concentration en matière minérale dissoute, on peut dire que la matière minérale dissoute des eaux de l'Oubangui est diluée au cours de la montée des eaux et inversement au cours de la descente. Ce schéma classique d'évolution des concentrations dissoutes minérales (MEYBECK, 1984 ; PROBST et al., 1992) est masqué au niveau de la charge dissoute totale du fait de la présence de matière dissoute organique.

Tableau 1

Moyennes mensuelles interannuelles des concentrations et tonnages de matières particulaires et dissoutes transportés par l'Oubangui à Bangui

(Qm : débit moyen mensuel du fleuve ; C(TS) et F(TS) : respectivement concentration et flux mensuels du transport particulaire ;

C(TD) et F(TD) : respectivement concentration et flux mensuels du transport dissous total ;

MOD et %MOD : respectivement concentration mensuelle en $mg.l^{-1}$

et pourcentage par rapport au transport dissous total des matières organiques dissoutes).

	Qm	C(TS)	F(TS)	C(TD)	F(TD)	MOD	%MOD
	$m^3.s^{-1}$	$mg.l^{-1}$	tonnes	$mg.l^{-1}$	tonnes	$mg.l^{-1}$	%
Avril	443	4	4 407	42	49 726	0	0
Mai	823	12	27 071	40	87 012	0	0
Juin	1 642	23	107 348	46	197 586	0	0
Juillet	2 334	35	221 761	45	282 425	3	6
Août	3 612	42	413 862	49	474 943	9	18
Septembre	5 493	43	607 171	47	666 233	8	18
Octobre	6 621	37	664 807	41	742 252	6	14
Novembre	5 558	30	421 093	45	656 269	7	15
Décembre	2 992	21	170 092	39	312 003	3	7
Janvier	1 440	12	46 840	44	169 010	3	7
Février	701	4	7 702	45	77 334	3	6
Mars	438	3	3 147	42	49 061	0	0
Année	2 675	32	2 696 000	44	3 764 000	5	11

En effet, on peut expliquer les fortes valeurs des concentrations dissoutes en hautes-eaux par le rinçage à cette époque des solutés organiques très concentrés en zone de forêt inondée (Olivry et al., 1988). Il est possible d'estimer cette MOD par différence entre la matière dissoute totale (MD), mesurée à partir de la méthode du résidu sec, et la matière dissoute minérale (TDS) obtenue à partir des analyses de chimie minérale. Pour tous les cycles étudiés, la matière dissoute organique est inexistante en saison sèche dans les eaux de l'Oubangui. Elle est présente dans les eaux de juillet à novembre, son maximum de concentration (entre 10 et 20 $mg.l^{-1}$) étant atteint en août-septembre (Figure 7). Elle constitue de manière non uniforme au cours des mois de la saison des hautes-eaux, de 10 à 20% de la matière dissoute totale (Tableau 1).

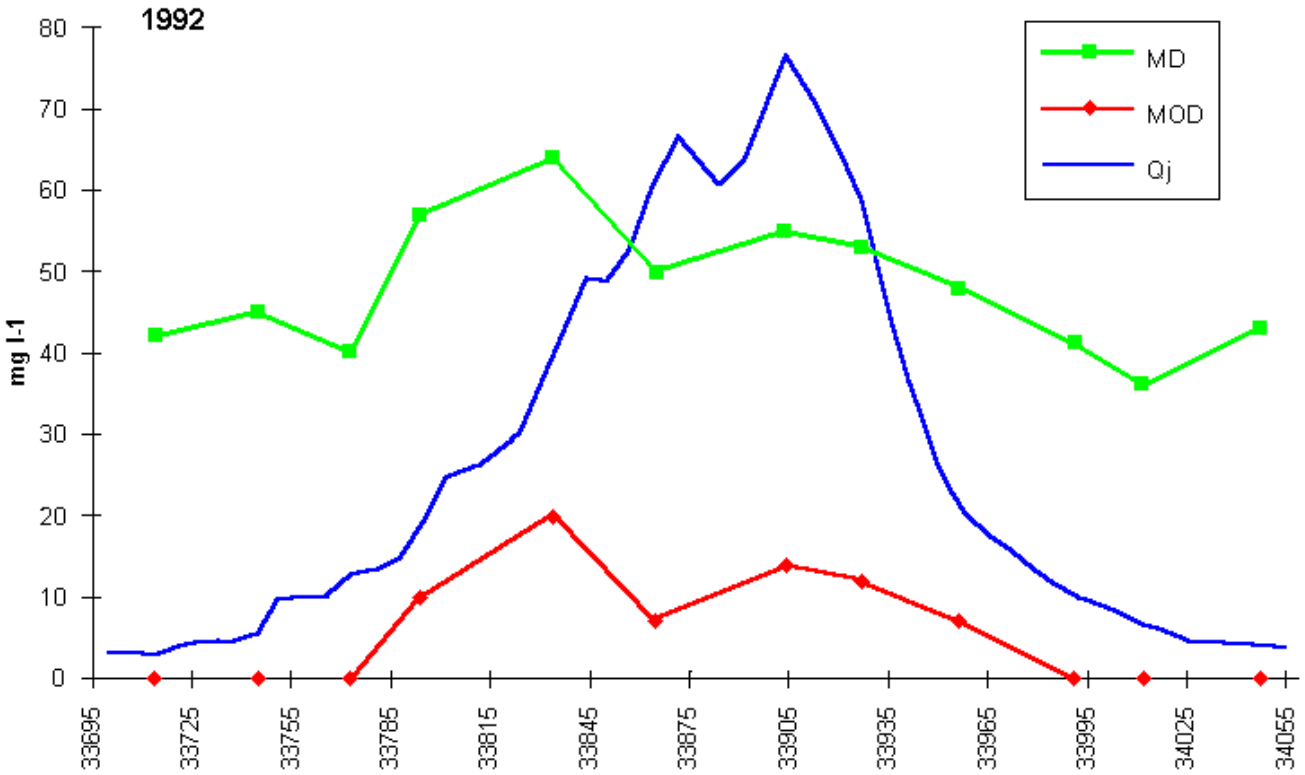


Figure 7 : Evolution comparée au cours du cycle hydrologique 1992/93 de la concentration en matières dissoutes (MD) et de la matières dissoute organique (MOD) avec le débit du fleuve (Qj)

5. Bilans des transports de matières exportées par l'Oubangui

5.1 - Les variations interannuelles

De 1987 à 1992, les flux annuels de matières particulaires exportées ont varié de 2,2 10^6.t.an^{-1} en 1990, l'année la plus sèche, à 3,7 10^6.t.an^{-1} en 1988, l'année la plus humide (Tableau 2). La concentration annuelle est faible et varie peu d'une année sur l'autre, de 27 à 37 mg.l^{-1}. Le cycle hydrologique où le module du fleuve est le plus élevé, 1988/89, montre la concentration en matières particulaires la plus forte. Par contre, le cycle hydrologique au module le plus faible ne montre pas la concentration la plus faible. Il ne semble donc pas y avoir de relation simple entre le module annuel du fleuve et sa concentration moyenne annuelle en matières particulaires. Etant donné la faible variation de la concentration annuelle, le facteur déterminant dans l'importance des tonnages de matières en suspension transportées par l'Oubangui se trouve être son module hydrologique annuel. Il en est de même pour les flux annuels de matières dissoutes (Tableau 2). Le débit du fleuve est de loin le facteur déterminant dans l'importance des transports de matières dissoutes. De 1987 à 1992, ils ont varié de 2,9 10^6.t.an-^{1} en 1990 à 4,8 10^6.t.an^1 en 1992.

Tableau 2

Flux annuels de matières particulaires et dissoutes transportés par l'Oubangui à Bangui
(Qa : débit moyen annuel du fleuve ; C(TS) et F(TS) : respectivement concentration et flux du transport particulaire ; C(TD) et F(TD) : respectivement concentration et flux du transport dissous)

Cycles	Qa	C (TS)	F (TS)	C (MD)	F TD)
Avril-mars	m^3/s	mg/l	tonnes	mg/l	tonnes
1972/73	3320	38	3 973 000		
1973/74	2750	25	2 200 000		

1974/75	3900	37	4 506 000		
1987/88	2515	35	2 775 000	49	3 921 000
1988/89	3151	37	3 660 000	44	4 387 000
1989/90	2340	32	2 367 000	40	2 953 000
1990/91	2170	33	2 234 000	42	2 899 000
1991/92	2941	27	2 478 000	38	3 557 000
1992/93	2932	29	2 660 000	52	4 867 000
1987-1992	2675	32	2 696 000	44	3 764 000

La concentration moyenne annuelle fluctue entre 38 $mg.l^{-1}$ en 1991 et 52 $mg.l^{-1}$ en 1992. Encore une fois, il n'y a pas de relation entre le module annuel du fleuve et sa concentration en matière dissoute. Les flux annuels de matières dissoutes exportées sont toujours supérieurs aux flux annuels de matières particulaires.

Le rapport des flux de matières dissoutes sur le tonnage total exporté est de l'ordre de 58%. Cette importance relative des transports dissous par rapport aux transports particulaires est due, en premier lieu, au vieux relief de pénéplaine de l'ensemble du bassin versant oubanguien (MEYBECK, 1984). De plus, ce caractère est accentué par la présence de matières dissoutes organiques, restant toutefois en faible proportion à l'échelle annuelle comparativement aux concentrations enregistrées dans les eaux du Congo (OLIVRY et al., 1989).

5.2 - Le bilan moyen des exportations annuelles de matières

Sur les six années étudiées, on obtient les valeurs moyennes suivantes. Pour un module moyen annuel du fleuve Oubangui de 2675 $m^3.s^{-1}$ sur un bassin versant de 488 500 km^2, soit une lame d'eau écoulée de 1727 $mm.an^{-1}$, le tonnage de matières exportées, particulaires et dissoutes, est de 6,5 $10^6.t.an^{-1}$. Les matières particulaires ne représentent que 42% de ce flux, soit 2,7 $10^6.t.an^{-1}$ (Figure 8). Ces chiffres représentent une concentration moyenne annuelle de matières particulaires de 32 $mg.l^{-1}$ (ou un débit solide de 85 $kg.s^{-1}$) et une concentration moyenne annuelle de matières dissoutes de 44 $mg.l^{-1}$.

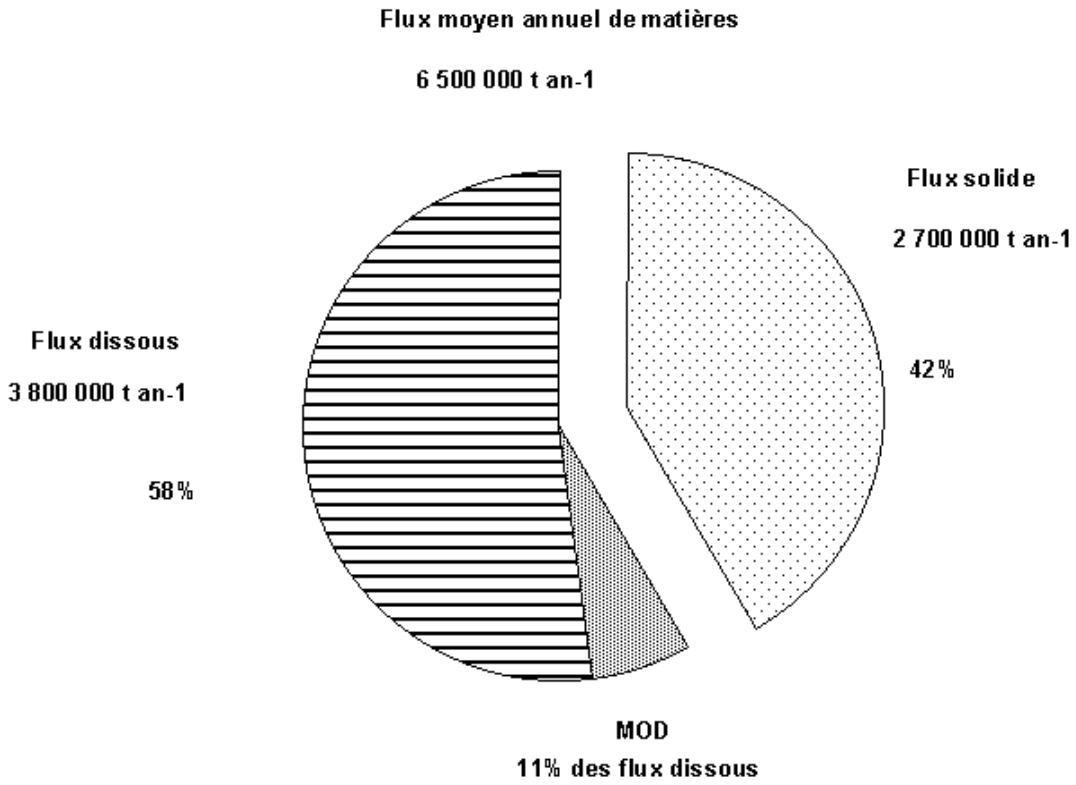


Figure 8 : Répartition entre le transport particulaire (flux solide) et le transport dissous (flux dissous) du transport moyen annuel de matières exportées par l'Oubangui à Bangui

La matière particulaire se décompose en 10% de fraction sableuse et 90% de fraction fine en suspension. La matière dissoute se décompose en 11% de matière dissoute organique et 89% de matière dissoute minérale.

Pour tenter de voir l'impact des fluctuations hydroclimatiques sur l'exportation des matières particulaires, les mesures effectuées de 1972 à 1975 par J. Callède ont été reprises. Le début des années 1970 marque le début de la crise climatique dans cette zone géographique. Les concentrations annuelles obtenues, de 25 à 38 $mg.l^{-1}$, sont du même ordre de grandeur que celles calculées sur la période récente (Tableau 2). En terme de flux, les quantités de matières transportées sont équivalentes (Figure 9).

Il semblerait donc qu'il n'y ait pas eu de dégradation du milieu centrafricain malgré ces vingt dernières années de sécheresse. En tous les cas, s'il y a eu dégradation, cela ne se reflète pas dans l'intensité des transports de matières particulaires. La végétation semble toujours jouer son même rôle protecteur. En effet, malgré les feux de brousse particulièrement nombreux dans ce pays et la déforestation plus ou moins importante à proximité des zones habitées, la couverture végétale reste importante sur l'ensemble du bassin versant oubanguien.

Conclusion

Les variations de concentration en matières particulaires sont faibles aux échelles mensuelle et journalière, et suivent un schéma reproductible chaque année. Partant d'un arrêt total du transport particulaire en saison sèche, l'acquisition de la charge solide par les eaux du fleuve est relativement progressive au cours de la montée des eaux pour atteindre le maximum de concentration avant la pointe de crue. Cette acquisition progressive de la charge particulaire est une caractéristique du fonctionnement hydrodynamique de l'Oubangui, fleuve du domaine tropical humide, où la végétation, déjà présente lors des premières pluies efficaces, joue son rôle protecteur des sols dès le début des écoulements sur les versants. Aussi, le facteur primordial dans l'acquisition de la charge solide n'est donc pas l'état du couvert végétal mais le volume d'eau écoulée mis en jeu, à la différence des fleuves tropicaux secs.

Pour notre période d'étude, de 1987 à 1992, les concentrations annuelles de matières particulaires et dissoutes sont restées

du même ordre de grandeur. Il n'est pas apparu de relation simple en fonction du module annuel du fleuve. La concentration annuelle moyenne en matières particulaires est de 32 $mg.l^{-1}$ contre 44 $mg.l^{-1}$ pour la concentration annuelle moyenne en matières dissoutes.

Le tonnage moyen de matières exportées par l'Oubangui est de 6,5 10^6 $t.an^{-1}$, ce qui représente un transport spécifique total de 13,3 $t.km^{-2}.an^{-1}$. Les matières particulaires ne représentent que 42 % de ce tonnage, ce qui donne une érosion mécanique spécifique de 5,5 $t.km^{-2}.an^{-1}$ seulement. Cette très faible valeur d'érosion mécanique peut être expliquée par la faiblesse des écoulements enregistrés depuis le début des années 1970, avec en complément une couverture végétale encore relativement dense sur l'ensemble d'un bassin versant à relief ancien fortement pénéplané. Ces chiffres placent l'Oubangui parmi les fleuves ayant les plus faibles taux d'exportations de matières.

Les flux dissous (7,8 $t.km^{-2}.an^{-1}$) sont toujours supérieurs aux flux particulaires. Cette importance est due à l'efficacité du couvert végétal contre l'érosion mécanique et à la présence de la matière dissoute organique provenant des zones humides à fort pourcentage de matières organiques dans les sols et inondées en période de crue.

Finalement, l'Oubangui semble avoir un comportement hydrodynamique intermédiaire entre celui enregistré sur le Congo à Brazzaville et celui d'un fleuve de zone tropicale sèche. Dans une étape ultérieure, le développement de mesures sur des ensembles homogènes en amont permettra une compréhension plus fine de ce comportement.

Enfin, depuis le début de la crise climatique en 1970, les quantités de matières exportées par l'Oubangui sont du même ordre de grandeur. Il ne semble donc pas y avoir eu, en terme de susceptibilité à l'érosion, de dégradation du milieu centrafricain malgré ces vingt dernières années de sécheresse. Ceci confirme que le facteur principal influençant les tonnages de matières exportées est le débit du fleuve et non la qualité du couvert végétal. Il faudrait une reprise des écoulements pour pouvoir mieux cerner l'impact des fluctuations hydroclimatiques sur le comportement hydrodynamique du bassin versant oubanguien.

Références

CENSIER C. (1991) - Dynamique sédimentaire d'un système fluviatile diamantifère mésozoïque : la formation de Carnot (Rép. Centrafricaine). *Doc. du BRGM*, 205, 568 p.

GAC J.Y., KANE A. (1986) - Le fleuve Sénégal : I. Bilan hydrologique et flux continentaux de matières particulaires à l'embouchure. *Sc. Géol., Bull.,* Strasbourg, 39, p.99-130.

KATTAN Z., GAC J.Y., PROBST J.L. (1987) - Suspended sediment load and mechanical erosion in the Senegal basin, estimation of the surface runoff concentration and relative contributions of channel and slope erosion. *J. Hydrology*, 92, p.59-76.

MARTINS O., PROBST J.L. (1991) - Biogeochemistry of major african rivers. Carbon and mineral transport. In "*.Biogeochemisry of major world rivers",* E.T. Degens, S. Kempe & J.E. Richey (Eds), SCOPE, 42, p.129-157.

MESTRAUD J.L. (1982) - Géologie des ressources minérales de la République Centrafricaine, état des connaissances à fin 1963 (avec la collaboration de B. Bessoles). *Mémoires du BRGM,* 60, 186p.

MEYBECK M. (1984) - Les fleuves et le cycle géochimique des éléments. *Thèse Sci.*, Géologie, Univ. Paris VI, n°84-85, 558 p.

OLIVRY J.C., BRICQUET J.P., THIEBAUX J.P., SIGHA N. (1988) - Transport de matière sur les grands fleuves des régions intertropicales : les premiers résultats des mesures de flux particulaires sur le bassin du fleuve Congo. *Sediment Budgets*, IAHS Publ., 174, p.509-521.

OLIVRY J.C., BRICQUET J.P., THIEBAUX J.P. (1989) - Bilan annuel et variations saisonnières des flux particulaires du Congo à Brazzaville et de l'Oubangui à Bangui. *La Houille Blanche*, 3/4, p.311-315.

ORANGE D. (1992) - Hydroclimatologie du Fouta Djalon et dynamique actuelle d'un vieux paysage latéritique (Afrique de

l'Ouest). *Sci. Géologiques*, *Mémoires*, Strasbourg, 93, 206 p.

POIDEVIN J.L. (1985) - Le Protérozoïque supérieur de la République Centrafricaine, stratigraphie et structures. *Ann. Sci. Géol.*, Musée Royal Afr. Centr., Tervuren (Belgique), 91, 75 p.

PROBST J.L. (1992) - Géochimie et hydrologie de l'érosion continentale, mécanismes, bilan global actuel et fluctuations au cours des 500 derniers millions d'années. *Sci. Géologiques*, *Mémoires*, Strasbourg, 94, 190 p.

PROBST J.L., NKOUNKOU R.R., KREMPP G., BRICQUET J.P., THIEBAUX J.P., OLIVRY J.C. (1992) - Dissolved major elements exported by the Congo and the Ubangi rivers during the period 1987-1989. *J. Hydrology*, 135, p.237-257.

Retour en haut du document

Liste des stations

La Bangui-Kété à Alindao

1 - Aspect géographique

Cette station contrôle un bassin de 4 560 km^2. Elle est située au pont de la route Bambari-Bangassou. Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°03' de latitude Nord ;
- 021°12' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule FT.90, situé sur la culée rive droite du pont, coté amont. Son altitude est de 428,646 m (*IGN 1957*).

2 - Historique

La station est installée par l'ORSTOM 11 avril 1952. Les éléments (0 m à 5,7 m) sont scellés sur la première pile du pont, coté rive gauche et en amont.

Il y a eu aucune modification à cette station, dont le zéro est à l'altitude de 424,23 m (*IGN 1957*).

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le catalogue des observations est donné par le tableau 1.

D'une manière générale, les observations sont correctes, sauf en basses eaux où l'observateur ne va lire la hauteur d'eau qu'une fois par semaine et se contente de recopier la même cote d'un jour à l'autre. Ceci concerne :

- décembre à février 1957 ;
- 29 octobre à 19 novembre 1958 ;
- 5 au 15 décembre 1959 et 17 au 20 décembre de la même année ;

- Il y a, de plus, une « crue » (1,45 m à 1,65 m) du 31 décembre 1961 au 1er janvier 1962 ;

- palier, à nouveau, du 30 janvier au 13 février 1965 ;
- en 1965-1966, quelques paliers de décembre à mars ;
- un palier du 12 au 23 décembre 1973.

Ces paliers ont été lissés lors du traitement des débits moyens journaliers.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060701103-1 **Alindao**
Rivière : Bangui-Kété
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1952	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1953	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C
1954	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1955	C	C	*	C	C	*	C	C	C	C	C	C

1956	*	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C
1957	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C
1958	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1959	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1960	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1963	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1966	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1967	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1968	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1969	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1970	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C	*	*
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1972	C	*	*	C	*	*	-	-	*	C	*	*
1973	-	-	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

La station est bien étalonnée en basses et moyennes eaux, avec 30 jaugeages. Une certaine dispersion existe (figure 1 et 2), sans pour autant que l'on puisse déceler un détarage.

L'extrapolation des hautes eaux est importante : le plus fort jaugeage est à la cote 3,80 m tandis que le barème va jusqu'à 6 m.

.**Tableau 2 - Liste des jaugeages**

Station : 1060701103-1 **Alindao**
Rivière : Bangui-Kété
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	12/04/1952	107	30,0
2	29/04/1953	58	16,0

3	22/07/1953	168	46,0
4	16/04/1954	72	21,0
5	22/07/1954	248	90,0
6	30/03/1955	138	43,0
7	18/03/1956	115	35,7
8	20/04/1962	122	36,5
9	19/11/1965	143	44,0
10	23/02/1967	79	21,4
11	15/07/1967	184	66,0
12	17/08/1968	304	124
13	18/08/1968	288	114
14	19/08/1968	265	99,8
15	18/08/1969	330	138
16	15/09/1969	285	120
17	30/09/1969	380	183
18	12/03/1970	103	29,3
19	15/01/1971	83	23,1
20	19/04/1971	47	12,2
21	24/04/1971	36	9,65
22	29/08/1971	151	44,0
23	08/05/1972	40	12,5
24	04/04/1973	58	14,0
25	04/04/1973	56	13,9
26	03/04/1987	62	24,7
27	28/10/1987	223	76,5
28	30/10/1988	340	128
29	04/11/1988	266	101
30	02/06/1990	46	15,6

5 - Étalonnage

Un seul étalonnage a été établi, valable depuis 1952 jusqu'à 1975.

L'étalonnage général est montré figure 1, tandis que l'étalonnage de basses eaux est figure 2.

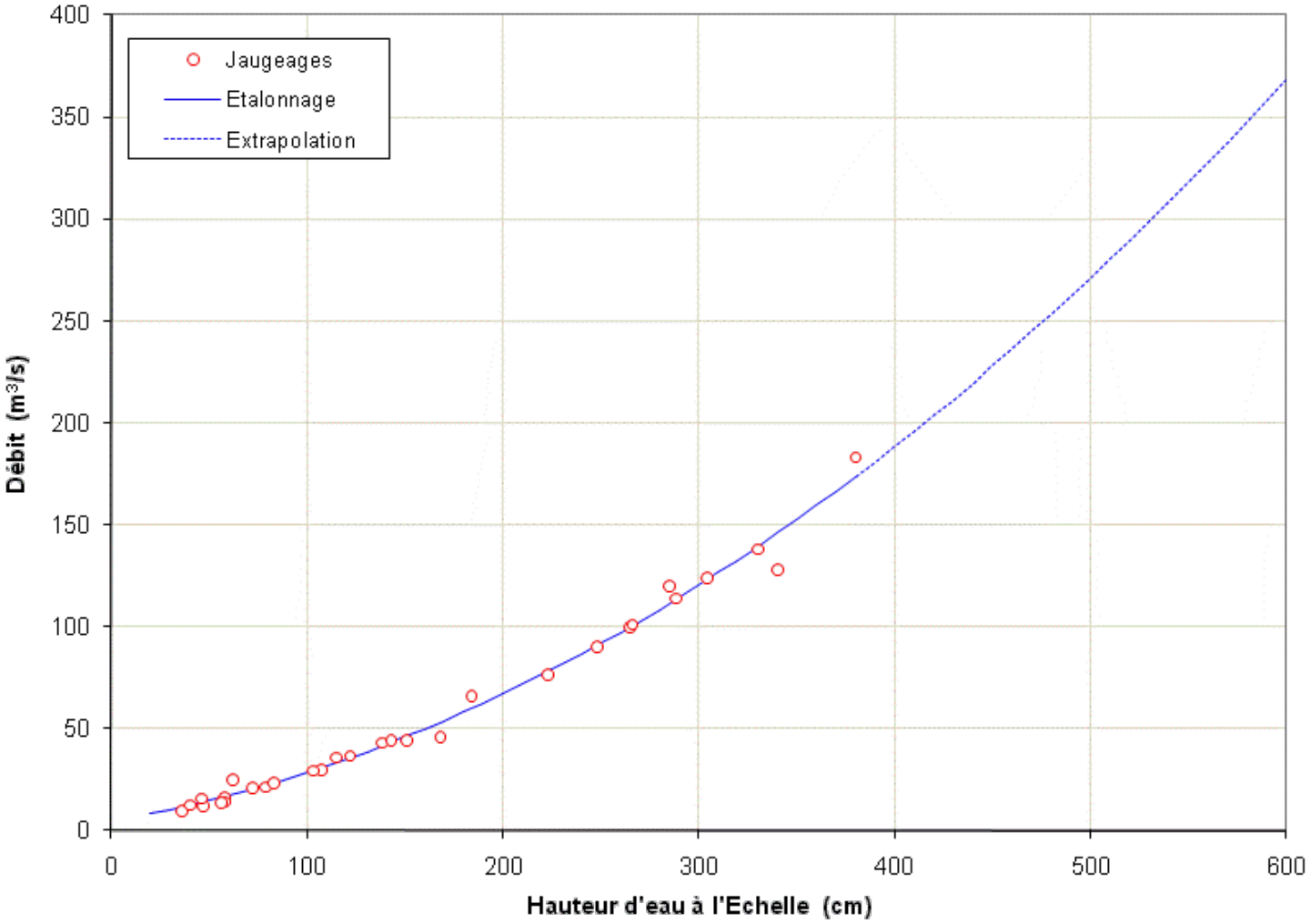


Figure 1

La Bangui-Kété à Alindao. Etalonnage général

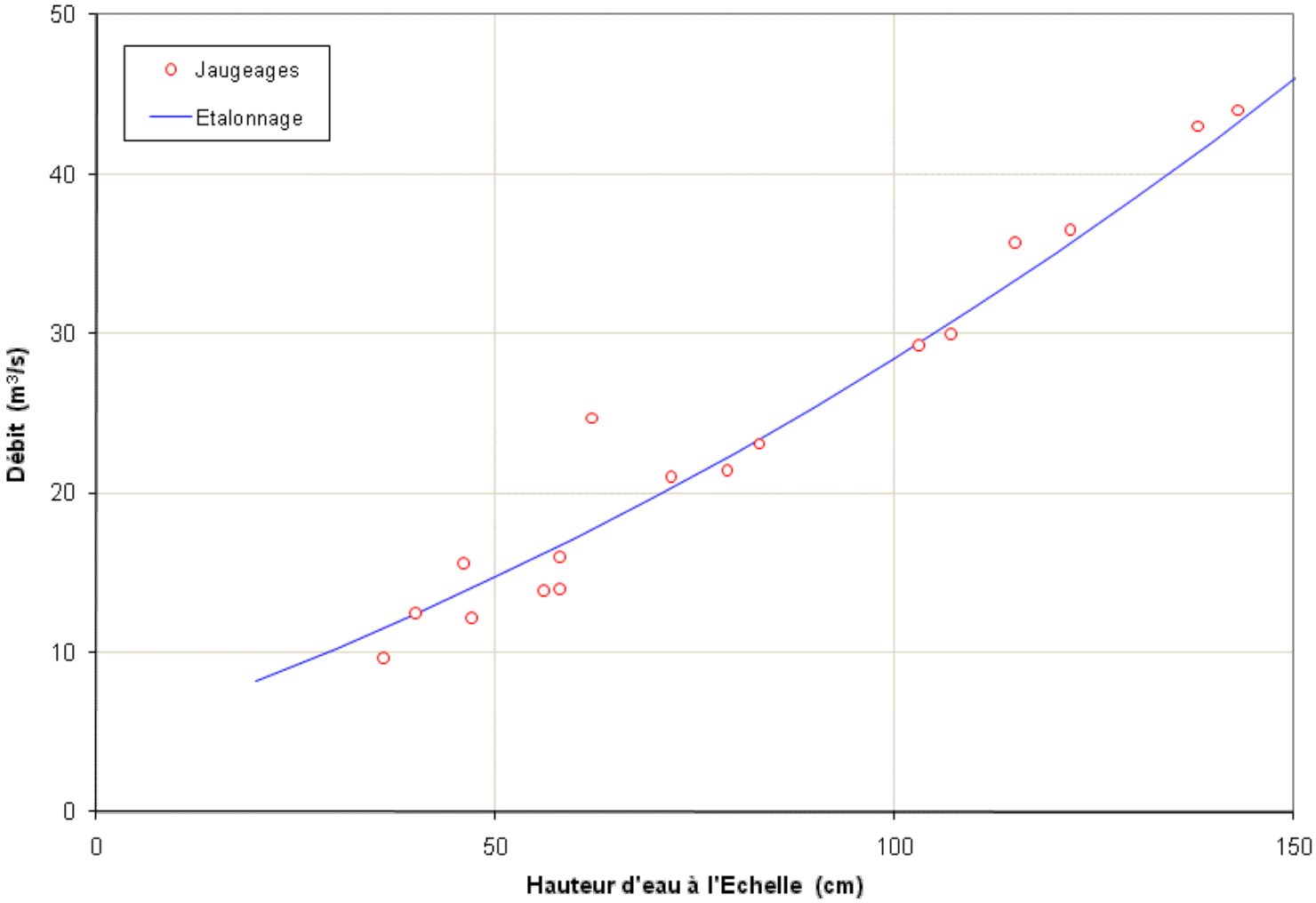


Figure 2

La Bangui-Kété à Alindao. Etalonnage de basses eaux

Retour en haut du document

Liste des stations

La Ouaka à Bakala

1 - Aspect géographique

Contrôlant un bassin versant de 15 700 km^2, cette station se situe au bac de la route Bambari-Bakala-les Mbrés, en rive droite.

Elle est constituée par les éléments 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m, 4-5 m, 5-6 m, 6-7 m, 7-8 m et 8-9 m, tous sur UPN de 80.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 06°12' de latitude Nord ;
- 020°23' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude entre 444 et 438 m).

2 - Historique

La station est installée le 9 avril 1971 par les *Travaux publics* centrafricains.

Une borne hydrologique, située en rive droite, à gauche en descendant au bac, se trouve à 4 m environ du pylône porte-câble. La dénivelée avec le zéro de la station est de - 8,33 m.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Les observations de 1973 à 1975 sont dans la Banque de données HYDROM.

Les relevés, effectués par les Travaux publics centrafricains, sont de bonne qualité.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702703-1 **Bakala**
Rivière : Ouaka
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-
1974	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

Il n'existe qu'un seul jaugeage : 20 avril 1978 (h = 0,55 m, Q = 9,16 m^3/s).

5 - Étalonnage: néant

Retour en haut du document

Liste des stations

Le Mpatou à Bakouma

Il convient d'indiquer ici les installations et les mesures hydrométriques effectuées par l'ORSTOM pour le compte, d'abord du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) pour sa mission de Bakouma, puis pour la Compagnie des Mines d'Uranium de Bakouma (URBA) et enfin pour Aluminium Suisse S.A. En 2006, c'est le Groupe AREVA qui s'occupe du gisement de Bakouma.

En effet, la découverte d'un important gisement de phosphates uranifères (estimé à 10 000 tonnes d'uranium métal) dans cette région a entraîné tout un processus de recherches pour son exploitation. La présence d'une nappe phréatique compliquait le problème et une solution, pour le moins inédite, était de créer un lac artificiel au centre du gisement et d'exploiter par dragage. Malheureusement la stagnation du cours financier de l'uranium, combinée aux difficultés d'exploitation (absence d'infrastructure routière ou ferroviaire), en retardent l'exécution.

Les études hydrologiques effectuées sont davantage du type bassin versant représentatif. Elles concernent le bassin versant du Mpatou, affluent du Zako, lui-même affluent du Mbari.

Une première série de mesures est effectuée en 1966 et 1967. 8 stations hydrométriques sont installées et étalonnées. La plus en aval, appelée « Pascale », contrôle un bassin de 365 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 05°43' de latitude Nord ;
- 022°48' de longitude Est.

Le but de cette première étude était de donner au CEA un ordre de grandeur sur les débits à prendre en compte pour les travaux d'assainissement à prévoir. 2 pluviographes et 8 pluviomètres permettent d'avoir une idée de la pluviométrie sur les bassins en période de crue. Cette première étude fait l'objet d'une note technique signée par Feat et Oberlin (1967).

Les relevés de hauteurs d'eau et de pluies sont continués par le CEA puis par l'URBA. Si un double de ces relevés existait, en 1972, dans les archives de la section hydrologique de l'ORSTOM à Bangui, ces données sont malheureusement manquantes dans la banque de données HYDROM.

Une seconde étude, plus complète, est effectuée en 1974 sur 4 stations hydrométriques, toujours avec 2 pluviographes et 8 pluviomètres. Une station climatologique, avec bac Colorado, est installée.

Les stations sont toutes réétalonnées.

De type étude sur bassin représentatif, la synthèse de ces mesures est l'œuvre de Pieyns et Gréard (1975a), Pieyns (1976).

Enfin Pieyns et Gréard réalisent, toujours en 1974, une étude hydrogéologique concernant en particulier la transmissivité des terrains de Bakouma (1975b).

Retour en haut du document

Liste des stations

La Mpoko à Balla-Kété (ou *Bélé Kété*)

1 - Aspect géographique

Cette station se trouvait au pont de la route Bossembélé-Bossangoa, en amont, coté rive droite.

C'est la station la plus amont de la Mpoko : son bassin versant n'est que de 200 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 06°02' de latitude Nord ;
- 017°28' de longitude Est.

Référence altimétrique : bien qu'il existe une maille de nivellement général le long de la route Bossembélé-Bossangoa, il n'existe aucune référence altimétrique pour cette station, dont l'altitude serait de 606 m.

2 - Historique

La station est installée en 1957, pour une étude hydrologique d'un futur chemin de fer Bangui-N'Djamena. Les relevés ont commencé en 1958 (Berthelot, 1959).

Un repère hydrologique est situé 5,89 m au-dessus du zéro de la station. Il est constitué par une croix gravée sur le dessus du parapet amont du pont, à son extrémité coté Bossembélé.

La station se composent des éléments 1-2 m, 2-3 m et 3-4 m, sur fer cornière de 60. L'élément 0-1 m, prévu à sceller sur la culée rive gauche, n'a jamais été posé.

La station a été abandonnée en 1965. Il était prévu de la remplacer par une station sur la route de Bodoupa à Bogangolo : c'est la station de Boudélé

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Aucun relevé ne figure dans la Banque de données HYDROM.

Dans les archives du Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM, seuls existent les relevés de 1961 à 1964.

L'année 1961 mise à part, toutes les autres sont complètement fausses.

4 - Jaugeages

4 jaugeages ont été effectués, qui ne figurent pas dans la Banque de données HYDROM.

- 21 novembre 1957 : h = 1,74 m Q = 4,63 m^3/s ;
- 18 mai 1958 : h = 1,24 m Q = 1,18 m^3/s ;
- 16 juillet 1958 : h = 1,55 m Q = 2,23 m^3/s ;
- 7 novembre 1960 : h = 1,82 m Q = 3,70 m^3/s.

5 - Étalonnage

Vu la qualité des observations et le petit nombre de jaugeages, aucune traduction des hauteurs en débits n'a été effectuée.

Retour en haut du document

Liste des stations

La Ouaka à Bambala (ou *Oumbala*)

1 - Aspect géographique

Cette station, qui contrôle un bassin versant de 39 200 km^2, est située au bac de la route Bambari-Kouango, soit à 71 km en amont du confluent de la Ouaka avec l'Oubangui.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°13' de latitude Nord ;
- 020°11' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule 0-XXI, situé prés d'une boutique coté Bambari, et d'altitude 392,80 m (*IGN 1957*).

2 - Historique

La station est installée par l'ORSTOM le 11 août 1957.

Elle est complètement reconstruite et recalée le 13 février 1958. Auparavant, les lectures sur l'élément 3-4 m doivent être diminuées de 34 cm et celles sur l'élément 4-5 m augmentées de 14 cm. Le zéro de l'échelle serait à l'altitude de 372,65 m (*IGN 1957*).

Elle est abandonnée en mars 1960.

Le 30 juillet 1967, il ne subsistait que l'élément 5-7 m, penché.

Le 5 juin 1970, les *Travaux publics* centrafricains réinstallent la station avec un décalage de zéro inconnu, les anciens éléments ayant disparus.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 indique que la Banque de données HYDROM possède les observations depuis la réinstallation de la station par les *Travaux publics*.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702707-1 **Bambala**
Rivière : Ouaka
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	-	-	-	-	-	*	C	C	C	*	-	-
1971	C	-	C	*	C	C	C	C	C	*	C	*
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Les observations sont correctes.

4 - Jaugeages

Les 2 jaugeages effectués à cette station (date inconnue) sont incohérents :

- h = 3,50 m et Q = 107 m^3/s ;
- h = 1,63 m et Q = 140 m^3/s.

5 - Étalonnage

Il n'y a donc pas d'étalonnage pour cette station.

Retour en haut du document

Liste des stations

La Ouaka à Bambari

1 - Aspect géographique

A Bambari, la Ouaka est une belle rivière, navigable en hautes eaux : elle a été utilisée, pendant quelques années, pour le transport du coton de la région, via l'Oubangui, sur Bangui.

Le bassin versant est de 29 730 km².

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°46' de latitude Nord ;
- 020°40' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule FT.56, situé sur la travée du pont de la route Bangui-Bangassou, coté amont, rive droite, à l'extérieur et tout près de la culée. Son altitude est de 414,778 m (*IGN 1956*).

2 - Historique

Vu l'intérêt de cette station pour l'aide à la navigation fluviale, une première installation a dû être faite par la mission Darnault en 1928, mais les relevés ont disparu (Darnault, 1947).

En mars 1952, l'ORSTOM demande à la *Société anonyme de transport de l'Oubangui-Chari* (SATOC) de lui installer une série d'éléments limnimétriques sur le pont de la route Bangui-Bangassou. Cette station a son zéro calé à l'altitude de 407,15 m (*IGN 1956*).

Le 6 février 1962, la station est trouvée en mauvais état et très difficile à lire du fait de l'éloignement des éléments.

Le 12 mars 1965, la station est inutilisable : il ne reste que deux éléments sur la pile du pont et ceux de basses eaux sont détériorés. Ce qui n'empêche pas l'observateur d'envoyer régulièrement ses « mesures » !

Le 20 novembre 1965, seul existe l'élément 5-6 m, tout en haut de la pile du pont.

La réinstallation complète a lieu le 20 février 1967, 125 m en amont du pont, en rive gauche, prés de la station de pompage de la *Compagnie de Transports Routiers de l'Oubangui* (CTRO) où existait l'élément 1-2 m, d'origine inconnue. Une borne hydrologique est installée, au droit de la station, à droite du chemin d'accès : son altitude est de 414,96 m (*IGN 1956*), tandis que le zéro de la station est à 414,96 m (*IGN 1956*).

En mars 1969, les *Voies navigables* réinstallent la station du pont, avec un zéro à 406,28 m (*IGN 1956*).

A cette époque, les alentours de la station *CTRO* sont transformés en jardins et, devant les difficultés d'accès, l'échelle *Pont* lui est préférée bien que la section de contrôle soit assez mauvaise (remous). Aussi une troisième station (*Coton*) est installée le 23 janvier 1971, à 650 m en amont du pont, en rive droite, et au droit de la prise d'eau de l'usine cotonnière.

L'altitude du zéro de cette station est de 407,23 m (*IGN 1956*) mais la station donne les mêmes lectures que celle de la station *CTRO*.

Un repère hydrologique (socle en ciment, coté chemin, d'une échelle en tubes métalliques accolée à la station de pompage de l'usine, coté Ouaka) est à l'altitude de 412,40 m (*IGN 1956*).

Correspondance entre les stations

- entre les stations *Pont* :

  Pont 1969 = *Pont 1952* + 0,87 m ;

- entre *CTRO* et *Coton* : même hauteur d'eau ;

- entre station *CTRO* et *Pont* :

  si hauteur > 1,80 m : *CTRO* = 1,02 *Pont* - 0,76 m ;

  si hauteur < 1,80 m : voir figure 1.

Les jaugeages effectués en 1987 indiquent que la station est soit détarée soit déplacée de nouveau.

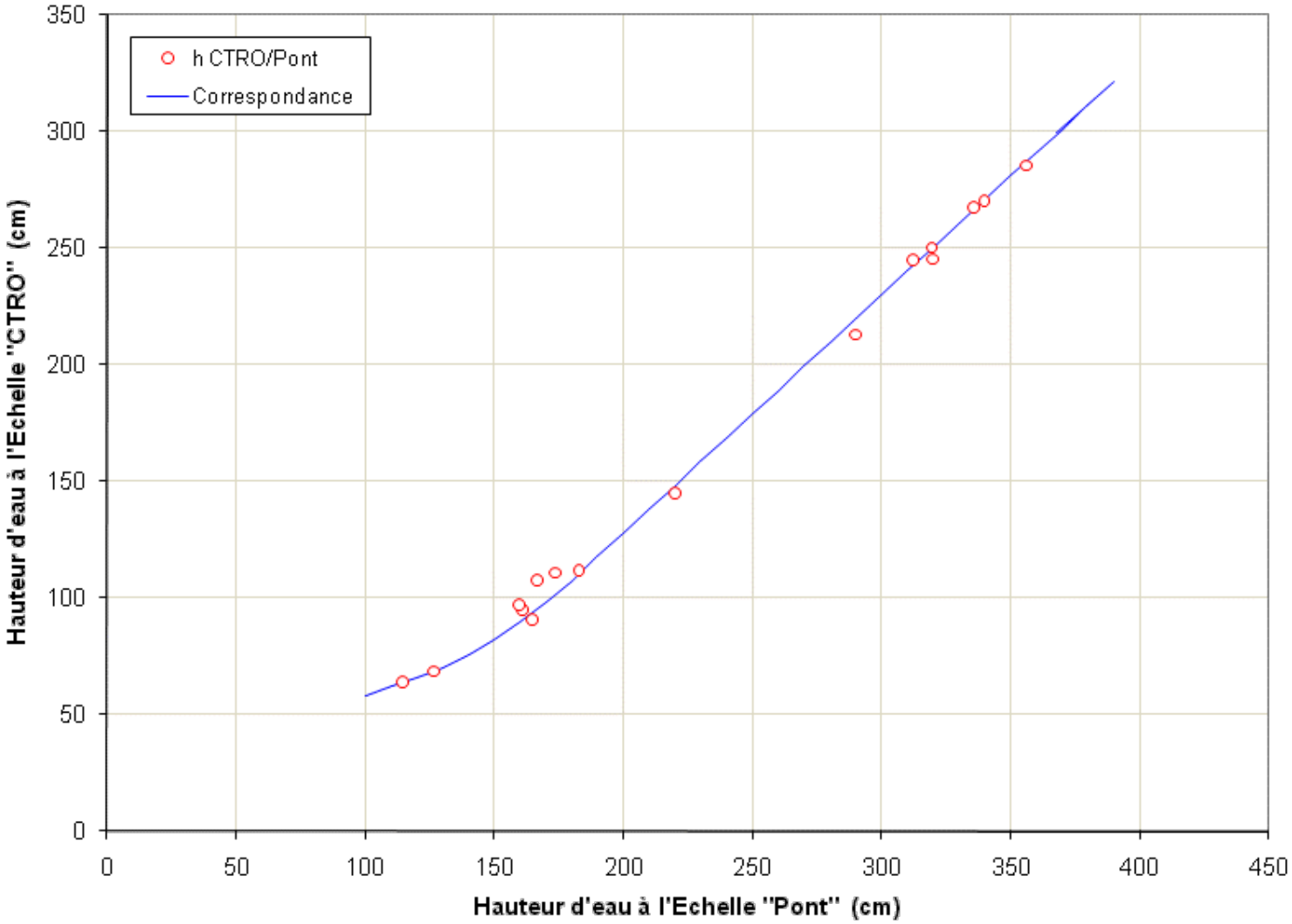


Figure 1

La Ouaka à Bambari

Correspondance entre les hauteurs d'eau aux stations Pont *et* CTRO

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne l'inventaire des relevés de hauteur d'eau de la Ouaka à Bambari.

La qualité des observations est assez bonne, sauf de mai 1963 à février 1967 où les relevés ont été tout tranquillement inventés par l'observateur. Signalons également une « crue » entre le 31 mai et le 1er juin 1974.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702705-1 **Bambari**

Rivière : Ouaka

Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1952	-	-	-	-	-	*	C	*	C	C	*	-
1953	C	-	C	*	*	*	C	C	C	C	C	C
1954	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1955	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1957	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1959	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1960	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1961	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1963	C	C	C	*	-	-	-	-	-	-	-	-
1964												
1965												
1966												
1967	-	*	*	C	C	*	*	*	C	C	C	C
1968	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1969	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C	C	-
1970	*	C	*	-	C	C	C	-	C	*	-	-
1971	*	C	C	*	C	C	C	C	C	C	*	*
1972	*	*	*	*	*	*	*	C	*	C	C	C
1973	*	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C
1975	C	-	C	C	C	C	C	C	-	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

32 jaugeages ont été effectués à Bambari, comme l'indique le tableau 2. Il a même été procédé, en 1969, à des tests de jaugeage par intégration *sans régulateur de descente* et les résultats se sont avérés très convenables.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702705-1 **Bambari**
Rivière : Ouaka
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	30/04/1953	51	49.0
2	24/07/1953	117	130
3	29/03/1955	113	139
4	12/03/1956	121	158
5	21/02/1967	83	90,3
6	14/07/1967	179	237
7	29/07/1967	234	318
8	15/08/1968	301	408
9	15/09/1968	219	282
10	16/09/1968	207	268
11	14/02/1969	76	75,8
12	28/08/1969	226	310
13	01/09/1969	247	343
14	04/09/1969	263	360
15	16/01/1970	112	124
16	11/03/1970	86	86,3
17	22/01/1971	72	70,4
18	16/04/1971	64	52,5
19	28/04/1971	39	37,8
20	30/08/1971	266	364
21	09/05/1972	51	40,3
22	20/09/1972	220	263
23	08/04/1973	50	42,0
24	08/04/1973	50	45,0
25	28/03/1974	25	19,8
26	16/01/1987	50	34,0
27	04/04/1987	62	38,8

28	27/10/1987	164	129
29	26/11/1987	74	66,5
30	05/11/1988	214	218
31	29/11/1988	307	282
32	31/05/1990	73	49,6

5 - Étalonnage

Ramenés à l'altitude de la station *CTRO*, ces jaugeages montrent que la station est stable, comme l'indique la figure 2, pour la période 1952-1975. Depuis, il y a eu un changement d'étalonnage à partir du jaugeage n° 28, en 1987. Mais nos relevés s'arrêtent fin 1975.

Nous admettrons 2 étalonnages pour cette station;:

- étalonnage n° 1, valable du 19 juin 1952 au 1er janvier 1957 (station *Pont*) ;
- étalonnage n° 2, valable du 1er janvier 1967 au 31 décembre 1975 (station *CTRO*).

L'étalonnage général est donné par la figure 2.

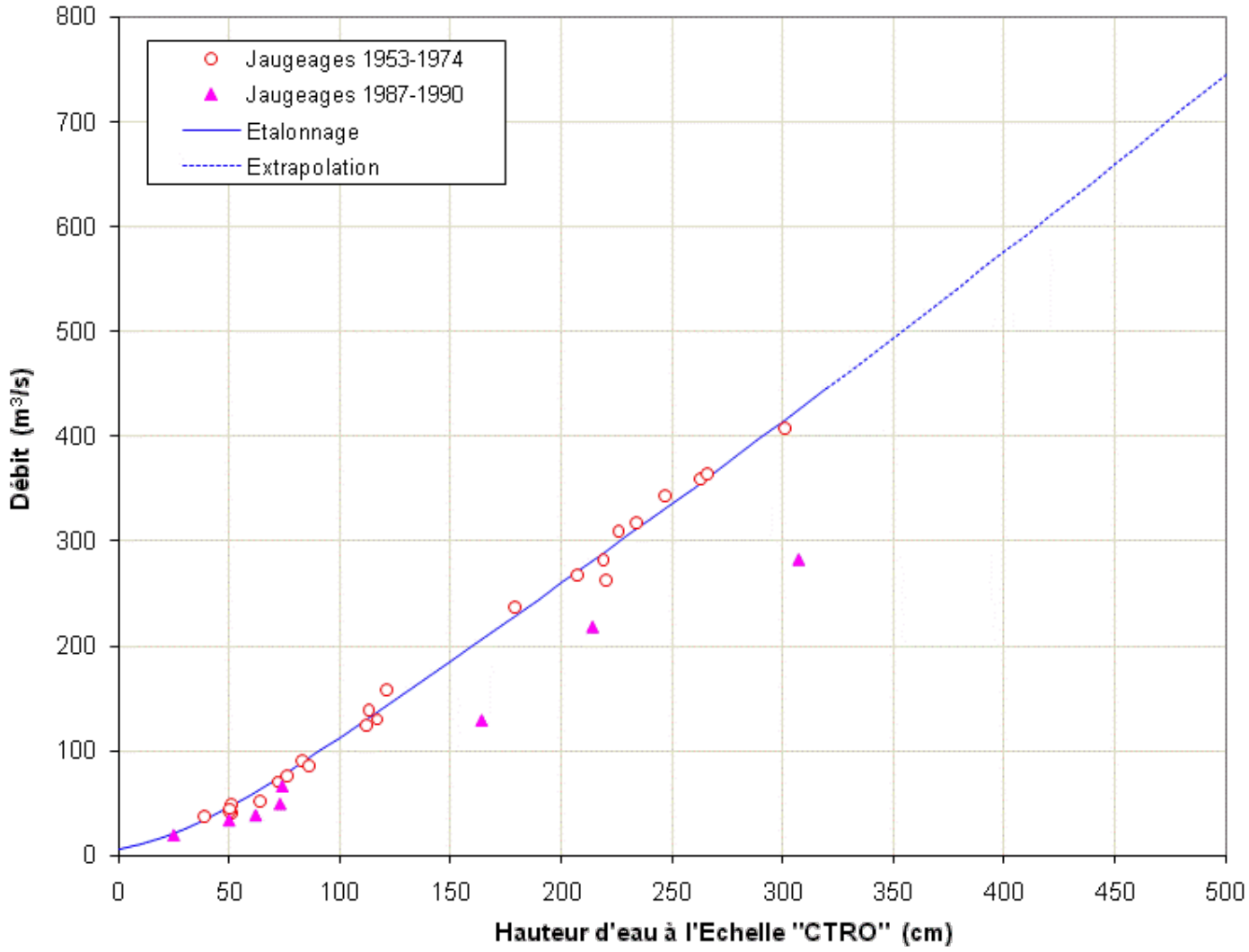


Figure 2

La Ouaka à Bambari. Etalonnage général. Station CTRO

Retour en haut du document

Liste des stations

La Mbaéré à Bambio

1 - Aspect géographique

Cette station se situe au bac de la route Bambio-Boda.

La superficie du bassin versant est de 4 930 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 03°57' de latitude Nord ;
- 017°01' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant.

2 - Historique

La station est installée par les *Travaux publics* centrafricains (qui en assument aussi les observations hydrométriques) le 20 mai 1970.

Elle est constituée des éléments 0-1 m, 1-2 m et 2-3 m fixés sur UPN.

Une borne hydrologique se trouve en rive gauche, au bord de la route, côté amont et à 30 m de la berge. La dénivelée avec le zéro de la station est de -1,93 m.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

L'inventaire des observations est donné par le tableau 1.

D'une façon générale, ces observations sont de mauvaise qualité :

- le mois de décembre 1970 est douteux ;
- année 1972 : faux de janvier à avril, douteux pour le reste ;
- année 1973 : douteuse en totalité.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060704505-1 **Bambio**
Rivière : Mbaéré
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C	C	C
1971	-	-	-	-	-	-	-	C	C	-	C	-
1972	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C

1973	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeage

Un seul jaugeage a été réalisé à cette station.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060704505-1 **Bambio**
Rivière : Mbaéré
Pays : Centrafrique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	06/10/1989	82	59,5

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

Le Mbomou à Bangassou

1 - Aspect géographique

Cette station contrôle un bassin de 119 050 km^2. Entre Zémio et Bangassou, le Mbomou a reçu les apports de la Ouara puis du Chinko.

Elle est située au droit du bac de la route Bangassou-Monga (RDC), avec comme coordonnées géographiques :

- 04°44' de latitude Nord ;
- 022°49' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule ST.1, situé une borne placée au voisinage des éléments d'échelle 3-4 m à 6-7 m. Son altitude est de 474,098 m (*IGN 1957*)

2 - Historique

La première station date de la mission Darnault de 1928 (Darnault, 1947) mais les relevés ont disparu.

Elle est réinstallée par l'ORSTOM le 9 avril 1952, mis à part l'élément de basses eaux, posé le 17 avril de la même année. Les lectures ont commencé le 18 avril 1952. En 1954, le zéro de la station est noté comme étant à 6,20 m sous le rivet d'une borne IGN posée cette année-là. L'altitude du rivet étant de 474,519 m (*IGN 1957*), le zéro est à 468,32 m.

La station est détruite en partie, en 1958, à cause de travaux d'aménagement du bac. Le 1er août 1959, il est signalé que les lectures ne peuvent commencer qu'au-dessus de 1,35 m et les éléments, peu à peu, deviennent illisibles ou disparaissent. Le 5 mai 1961, l'observateur indique la disparition du dernier élément. Un élément d'étiage, provisoire, est installé le 9 février 1962.

Le 30 avril 1962, la station est complètement remise à neuf. Le rattachement altimétrique, effectué le 8 novembre 1965, donne un zéro de cette nouvelle station à l'altitude 468,52 m (*IGN 1957*). Ce rattachement est vérifié le 25 février 1967.

La station comporte 7 éléments, sur supports métalliques, de part et d'autre de la rampe d'accès au bac : 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m en aval et 3-4 m, 4-5 m, 5-6 m, 6-7 m en amont.

L'élément 3-4 m est signalé couché le 10 décembre 1972. Les autres éléments sont sales.

La station est refaite le 5 mars 1973, avec installation d'une nouvelle série d'échelles en amont du bac. Le zéro de la station est identique à celui de 1962-1967 (468,52 m) : il est calé par rapport aux éléments 1 à 6 m nivelés en 1967. Le repère de nivellement général a disparu. Un élément négatif, noté 900 à 999, est mis en place le 21 mars 1973.

Un limnigraphe OTT type *XX* est installé le 25 février 1974, en amont du bac, quelques mètres en amont des éléments posés en 1973.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

L'inventaire des relevés de hauteur d'eau est donné par le tableau 1.

Tableau 1 : Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700205-1 **Bangassou**
Rivière : Mbomou
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1952	-	-	-	*	C	C	C	C	C	*	*	C
1953	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C	*
1954	*	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C
1955	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	*	-	-	C
1957												
1957	C	-	-	*	*	*	C	*	C	C	-	-
1959	-	-	-	-	-	C	*	*	*	C	C	*
1960	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*	*	-
1961	-	*	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-
1962	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	-
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1964	C	C	*	C	*	C	C	*	C	C	C	C
1965												
1966	-	-	-	-	*	*	*	C	*	*	*	-
1967	-	-	C	C	C	C	*	*	*	*	*	-
1967	-	*	*	*	-	-	*	*	*	-	-	-
1969	*	-	-	C	*	*	*	C	-	*	*	C
1970	C	C	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	*	C	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	*	C	*	C	-	C	C	*
1973	C	C	C	C	C	*	C	*	*	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Les lacunes sont nombreuses et la qualité des observations est bien trop souvent mauvaise :

- les relevés des années 1954 et 1955 sont douteux ;
- ceux de l'année 1957, complètement faux, ont été éliminés du fichier HYDROM ;
- les relevés des années 1957, 1959, 1960 et 1961 sont douteux ;
- les observations, de 1962 à 1966, sont très douteuses, sinon fausses. L'année 1965, complètement fausse, a été éliminée du fichier Hydrom ;
- les relevés de l'année 1967 sont douteux ;
- ceux de l'année 1969 sont faux jusqu'au 17 juin, date du changement de lecteur. C'est la Mission catholique qui les

effectue ; la qualité des observations s'améliore mais il y a quand même toujours beaucoup de lacunes.

En 1971, la station est prise en compte, officiellement, par les *Travaux publics* centrafricains. Depuis octobre 1972, les relevés sont effectués régulièrement.

Pour cette station, la banque de données HYDROM n'a pas tenu compte des enregistrements du limnigraphe installé en 1974.

4 - Jaugeages

Le tableau 2 donne la liste des jaugeages. La largeur du Mbomou, supérieure à 400 m, impose l'emploi du cercle hydrographique pour positionner le bateau jaugeur sur la section de mesure.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060700205-1 **Bangassou**
Rivière : Mbomou
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)	Auteur
1	03/07/1953	120	360	*Tixier*
2	17/07/1953	255	990	*Tixier*
3	21/04/1954	46	108	*Tixier*
4	02/08/1954	284	1080	*Tixier*
5	14/08/1954	315	1290	*Tixier*
6	07/09/1954	442	2000	*Tixier*
7	04/10/1954	505	2650	*Tixier*
8	19/01/1971	94	392	
9	26/08/1971	281	1190	*Callède*
10	06/05/1972	69	172	*Callède*
11	27/09/1972	390	1860	*Mailhac*
12	07/03/1973	20	100	*Mailhac*
13	13/03/1973	21	90,4	*Mailhac*
14	20/03/1973	7	58,1	*Mailhac*
15	26/03/1973	- 3	50,0	*Mailhac*
16	03/04/1974	10	47,6	*Mailhac*
17	12/04/1978	- 7	81,5	*Thébé*

5 - Étalonnage

L'étalonnage est satisfaisant en basses et moyennes eaux. L'extrapolation, pour les hautes eaux, n'est pas trop

importante : le plus fort jaugeage est à la cote 4,85 m, tandis que les débits sont calculés jusqu'à la cote 6,00 m.

Deux étalonnages ont été établis :

- n° 1 : valable du 17 avril 1952 jusqu'au 19 février 1962. Il correspond à la station installée en 1952 ;
- n° 2 : valable depuis le 9 février 1962. Il correspond à la station installée début 1962.

En fait, ces 2 étalonnages ne diffèrent l'un de l'autre que par une translation de 20 cm.

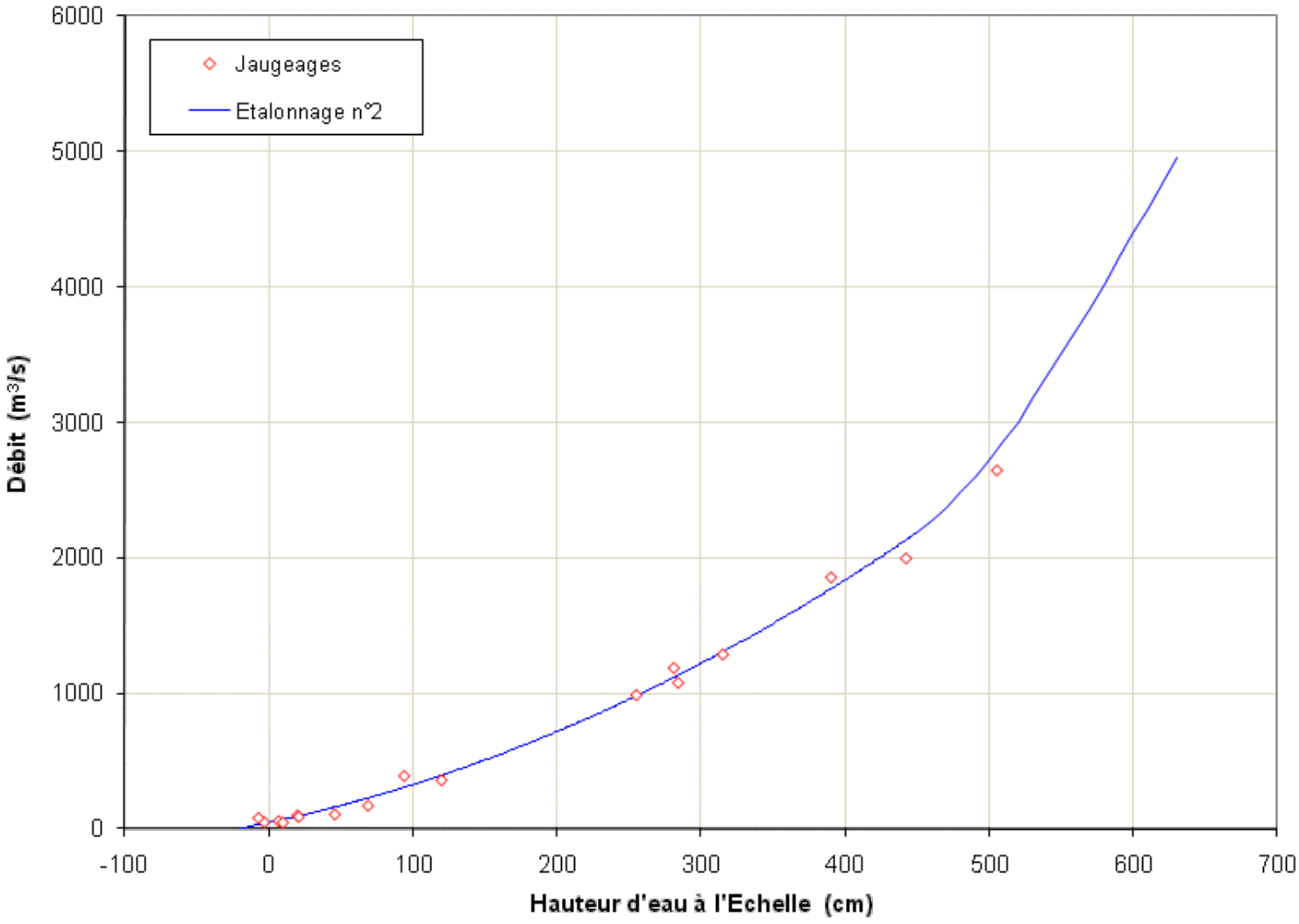


Fig. 1
Le Mbomou à Bangassou. Etalonnage n°2
Station 1962 (zéro de l'Echelle à l'altitude de 468,52m)

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Bangui

Cette station est l'une des stations hydrométriques de référence internationale pour l'hydrologie africaine.

Aussi en détaillerons-nous davantage ses caractéristiques.

1 - Aspect géographique

La station, implantée à l'aval immédiat des rapides de Bangui, contrôle un bassin versant de 488 500 km².

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°22' de latitude Nord ;
- 018°35' de longitude Est.

La référence altimétrique est le repère de nivellement général, matricule T.1, installé sur le soubassement du bâtiment du Commissariat spécial du port de Bangui. Son altitude est 345,133 m (*IGN 1957*).

Remarque :

En plus du réseau implanté par l'IGN, il existait une série de repères installés par le Service du cadastre de la ville de Bangui. Dans ce système le repère de nivellement général, matricule T.1, serait à l'altitude 360,803 m, donc dans un autre système de référence altimétrique. Ce réseau de repères aurait disparu.

2 - Historique (Yayer, 1951 ; Boulvert, 1993). Voir également, en Annexe de la *Monographie*, le Complément n°3 de D. Orange et *al*.

Une première station a fonctionné de 1890 à 1897 (au moins), observée par MM. Ponel, Bobichon, Fraisse, Joulia et Sambuc (Bruel, 1899), sans que l'on connaisse l'altitude de son zéro.

En février 1911, la mission Roussilhe installe une station dite de l'*Intendance* ou de l'*Artillerie* à l'aval immédiat du promontoire rocheux où s'élève actuellement l'hôtel Oubangui (ex-hôtel Sofitel, ex-hôtel Safari). Cette station est soigneusement installée, scellée dans le roc et nivelée par rapport à des repères immuables (qui ont quand même disparus vers 1942) (Roussilhe, 1913).

Le zéro de cette station est à l'altitude 336,103 m (*IGN 1957*).

Elle est remise en état en 1928 par la Mission des Forces hydrauliques (mission Darnault) toujours avec un zéro à l'altitude 336,10 m (Darnault, 1947).

En 1933, la Mission d'étude du port de Bangui (mission Pétrocokino) restaure la station, toujours avec un zéro à 336,10 m.

Une deuxième station est installée sur l'amont du wharf du port amont, tout près du repère de nivellement général T.1, soit à 1 080 m en aval de la station de l'Intendance. Elle est calée de telle sorte que les relevés y soient identiques à ceux de l'*Intendance*.

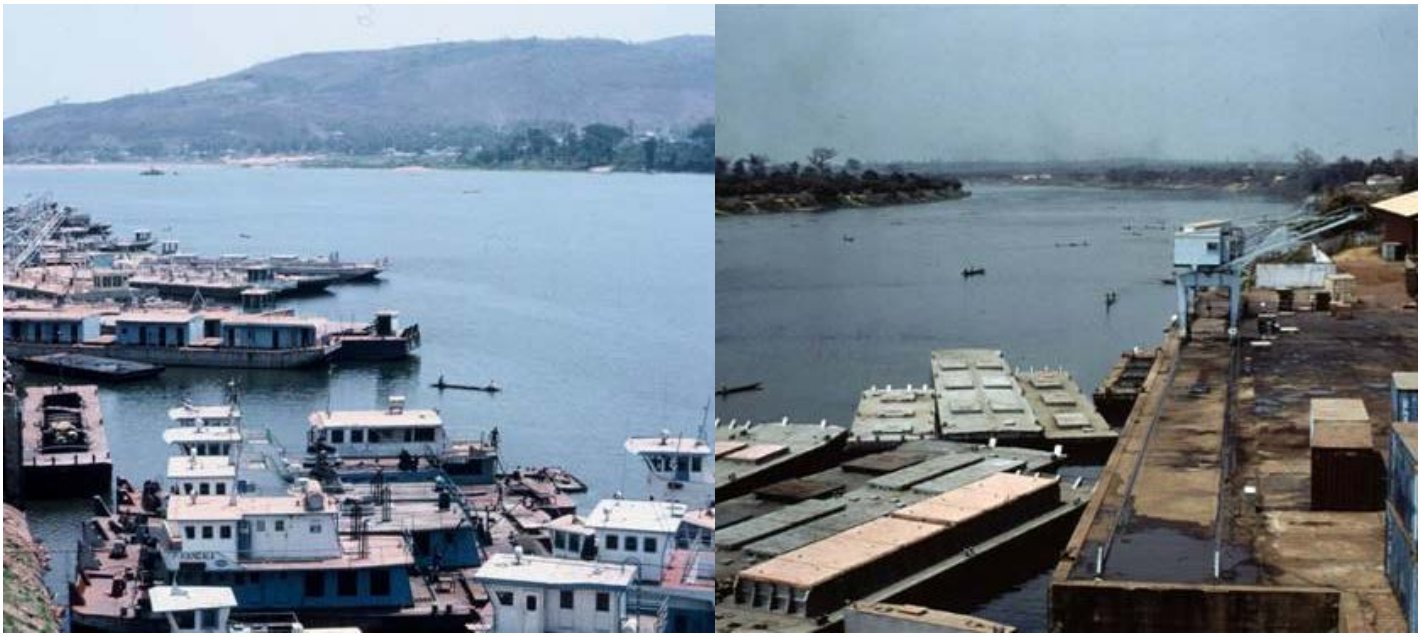
Le zéro de cette station du *Port* est à l'altitude 336,06 m (*IGN 1957*).

Cette station du *Port* n'est jamais utilisée ni par les hydrologues de l'ORSTOM, ni même par l'observateur des *Voies navigables* qui font leurs observations à la station de *l'Intendance* et ensuite à la *Prise d'eau*. C'est pour cela qu'en février 1950, elle est déplacée accidentellement par un bateau et que son zéro se retrouve 10 cm plus bas (335,96 m), sans aucune conséquence pour les observations.

Enfin une troisième station *Prise d'eau* est installée à la station de pompage des eaux de la ville, à environ 600 m en aval de la station de *l'Intendance*. Elle est calée, elle aussi, de manière à donner des relevés identiques à ceux de *l'Intendance*. L'altitude de son zéro est 336,118 m (*IGN 1957*). Deux nivellements, l'un le 18 juin 1966, l'autre le 15 novembre 1969, indiquent que la *Prise d'eau*, bien qu'étant en aval de l'*Intendance* a son zéro calé 15 mm plus haut ! On aboutit donc à une pente d'eau légèrement négative, qui ne peut s'expliquer que par l'existence de contre-courants violents à la sortie des rapides.

Le 31 mars 1967, des éléments d'étiage (0-1 m et 1-2 m) sont installés à la *Prise d'eau*. Un élément négatif a été installé à une date qui nous est inconnue.

L'Oubangui à Bangui
La station *de l'Intendance* se situe à gauche de l'Hôtel Oubangui. (grand édifice blanc de 13 étages)
Sur la gauche de la photo, la station *Prise d'eau* est au pied du bâtiment cubique (*Photo Y.Boulvert*)



Vue vers l'amont Vue vers l'aval
Le Port de Bangui en basses eaux (*Photos © IRD – Y. Boulvert*)

En 1990, J.P. Thiébaux retrouve une borne hydrologique, qui daterait de 1945, sur laquelle est inscrit : « *Repère hydro Roussilhe. Zéro échelle à - 8,69 m* ». Un nivellement lui permet de déterminer que, par rapport à cette borne, le zéro *de l'Intendance* serait à 1 cm en dessous du zéro actuel, ce qui prouve que la station n'a pratiquement pas varié en altitude (c'est peut-être la borne qui a bougé).

Le *Service commun de l'entretien des Voies navigables* a également effectué un nivellement de station *de l'Intendance* en 1989 : le zéro de chaque élément varierait entre 336,07 m et 336,11 m.

Il convient de signaler que les annuaires hydrologiques de l'ORSTOM indiquent, pour la station de Bangui, un zéro à 349,86 m, donc probablement dans un autre système de référence.

G. Chalandon (*Service commun de l'entretien des Voies navigables – SCEVN –*) doute un peu que le zéro de l'échelle limnimétrique n'ait jamais varié *puisque le levé hydrographique de Roussilhe de 1912 indique le sommet des roches aux environs de l'échelle, avec des cotes différentes de 0,60 à 0,80 m, avec le relevé de 1990 du SCEVN*. Mais tous les nivellements concordent pour confirmer

l'inamovibilité du zéro de l'échelle au moins depuis 1945, fait hautement rarissime en hydrométrie (c'est le cas également, au Brésil, pour la station hydrométrique de Manaus – utilisée également pour la navigation – dont le zéro n'a pas varié depuis 1902, année de construction de la station).

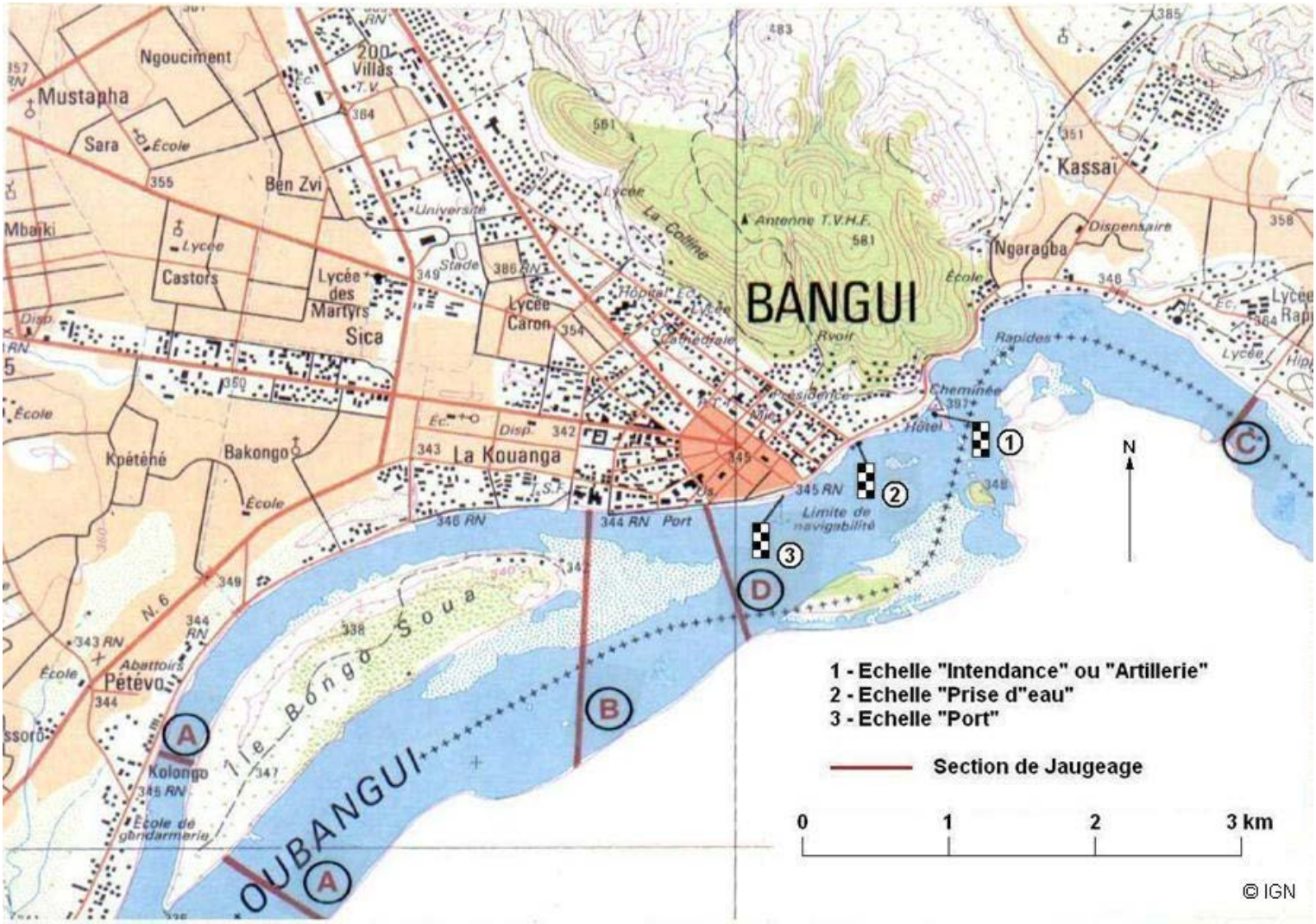


Figure 1
L'Oubangui à Bangui.
Emplacement des Échelles limnimétriques et des Sections de jaugeage

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

La banque de données HYDROM possède les relevés limnimétriques de 1911 à 1990, comme l'indique le tableau 1.

Depuis 1935, les observations sont faites par les *Voies navigables* qui, vers 1970, les communiquaient chaque jour par radio BLU aux *Voies navigables* de Brazzaville.

J. Yayer, dans sa publication de 1951 indique :

- que les observations ont été effectuées très soigneusement de février 1911 à novembre 1920 ;
- que les relevés reprirent en mars 1928 (mission Darnault) et durèrent jusqu'en novembre 1933. *Malheureusement dès que les ingénieurs de la mission Darnault quittèrent Bangui, les observateurs perdirent rapidement tout contact avec la réalité et leurs observations devinrent de la fantaisie pure : elles sont inexploitables* ;
- que depuis mars 1935 (mission Pétrocokino) les observations ont été faites très consciencieusement par les *Voies navigables*, les seules interruptions ayant eu lieu au moment des plus hautes eaux de 1947, 1948 et 1949 à cause du mauvais état du haut de la station de l'Intendance.

Nous sommes pleinement d'accord avec cette analyse.

Les quelques lacunes qui existent sont dues au fait que l'observateur ne fait généralement aucun relevé le dimanche et jours fériés (ce qui n'est pas bien important, la variation de la hauteur d'eau, d'un jour à l'autre, n'étant que de quelques centimètres seulement).

Pour les périodes 1890-1910 et 1921-1935, J. Yayer (1951) retrouve un certain nombre de hauteurs d'eau correspondant annuellement à l'étiage absolu et au maximum de crue. Mais ces valeurs sont bien souvent notées « douteuses ».

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700105-1 **Bangui**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1911	*	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1912	C	C	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-
1913	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1914	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1915	*	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C
1916	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1917	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1918	C	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1919	*	-	-	-	-	-	C	C	C	-	C	C
1920	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	-	*
1921	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1922	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1923	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1924	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1925	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1926	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1927	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1929	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1931	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1932	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1933	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1934	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1935	*	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1936	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1937	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1938	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1939	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1940	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1941	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1942	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1943	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1944	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1945	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1946	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1947	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1948	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1949	C	C	C	C	*	C	C	C	*	*	C	C
1950	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1951	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C
1952	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1953	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

1954	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	*	C
1955	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1957	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1959	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1960	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1961	*	C	C	*	*	*	*	*	*	C	*	*
1962	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1963	*	*	*	*	*	C	*	C	C	C	*	*
1964	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1965	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1966	C	C	*	C	C	C	*	*	C	C	*	C
1967	*	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	*
1968	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1969	C	*	C	*	C	C	C	C	C	C	*	C
1970	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*
1971	C	C	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C
1972	C	*	C	C	C	*	*	*	C	C	*	C
1973	C	*	*	*	*	*	*	*	*	C	C	*
1974	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1976	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1977	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1978	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*
1979	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1980	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1981	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1982	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1983	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1984	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1985	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1986	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1987	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1988	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1989	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1990	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

La station de Bangui a bel et bien un échantillon limnimétrique très important et de bonne qualité.

4 - Jaugeages

Une telle station demandait à être correctement étalonnée. Aussi 95 jaugeages y sont réalisés par l'ORSTOM, de 1951 à 1988, et par l'ORSTOM et les *Voies navigables* de 1989 à 1995.

Le tableau 2 donne les résultats de ces mesures.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060700105-1 **Bangui**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)	Auteur
1	27/01/1951	106	1440	*Roche*
2	26/09/1951	393	5320	*Roche*
3	18/10/1951	531	7730	*Roche*
4	01/11/1951	633	9480	*Roche*
5	07/11/1951	665	10200	*Roche*
6	14/11/1951	600	9190	*Roche*
7	20/11/1951	570	8570	*Roche*
8	27/11/1951	532	7700	*Roche*
9	26/06/1952	239	3210	*Roche*
10	17/03/1953	51	980	*Tixier*
11	12/04/1953	32	920	*Tixier*
12	22/03/1954	42	975	*Tixier*
13	06/04/1961	20	751	
14	21/03/1964	42	806	*Rouquerol*
15	06/11/1964	814	14000	*Chartier*
16	11/10/1966	584	8900	
17	13/03/1967	19	653	*Ranc*
18	25/03/1967	29	712	*Ranc*
19	28/04/1967	3	541	*Oberlin*
20	30/05/1967	90	1410	*Oberlin*
21	13/06/1967	156	2110	*Ranc*
22	05/12/1968	484	7180	*Callède*
23	24/12/1968	419	5850	*Callède*
24	30/12/1968	347	4780	*Callède*
25	03/01/1969	301	3940	*Callède*
26	10/10/1969	731	11900	*Callède*
27	17/10/1969	698	10800	*Callède*
28	24/10/1969	686	10800	*Callède*
29	16/03/1971	14	685	*Callède*
30	08/12/1971	244	2960	*Callède*
31	08/03/1972	0	645	*Callède*
32	14/03/1972	- 11	535	*Callède*
33	28/06/1972	183	2500	*Mailhac*
34	17/04/1973	- 9	521	*Greard*

35	07/03/1974	- 22	487	*Mailhac*
36	19/03/1977	25	822	
37	24/03/1977	23	875	
38	27/10/1977	583	8660	
39	04/04/1978	- 15	681	
40	18/04/1978	- 16	660	
41	14/10/1978	578	8610	
42	28/03/1985	- 65	340	
43	03/04/1985	- 55	399	
44	26/01/1987	- 5	814	*Thiébaux*
45	28/01/1987	- 1	799	*Thiébaux*
46	03/02/1987	- 9	740	*Thiébaux*
47	10/02/1987	- 19	615	*Thiébaux*
48	23/02/1987	- 41	498	*Thiébaux*
49	09/03/1987	- 50	430	*Thiébaux*
50	18/03/1987	- 59	360	*Thiébaux*
51	31/03/1987	- 44	429	*Thiébaux*
52	20/04/1987	- 33	520	*Thiébaux*
53	28/04/1987	0	865	*Thiébaux*
54	02/06/1987	45	1220	*Thiébaux*
55	17/06/1987	100	1750	*Thiébaux*
56	24/06/1987	144	2190	*Thiébaux*
57	03/02/1988	12	945	*Thiébaux*
58	04/02/1988	8	957	*Thiébaux*
59	04/02/1988	8	954	*Thiébaux*
60	05/02/1988	4	918	*Thiébaux*
61	06/02/1988	0	852	*Thiébaux*
62	08/02/1988	- 6	818	*Thiébaux*
63	08/02/1988	- 6	822	*Thiébaux*
64	01/03/1988	- 45	524	*Thiébaux*
65	12/04/1988	- 65	345	*Thiébaux*
66	18/05/1988	36	1110	*Thiébaux*
67	04/02/1989	18	946	*Thiébaux*
68	30/03/1989	- 43	554	*Thiébaux*
69	03/11/1989	473	6660	*Thiébaux*

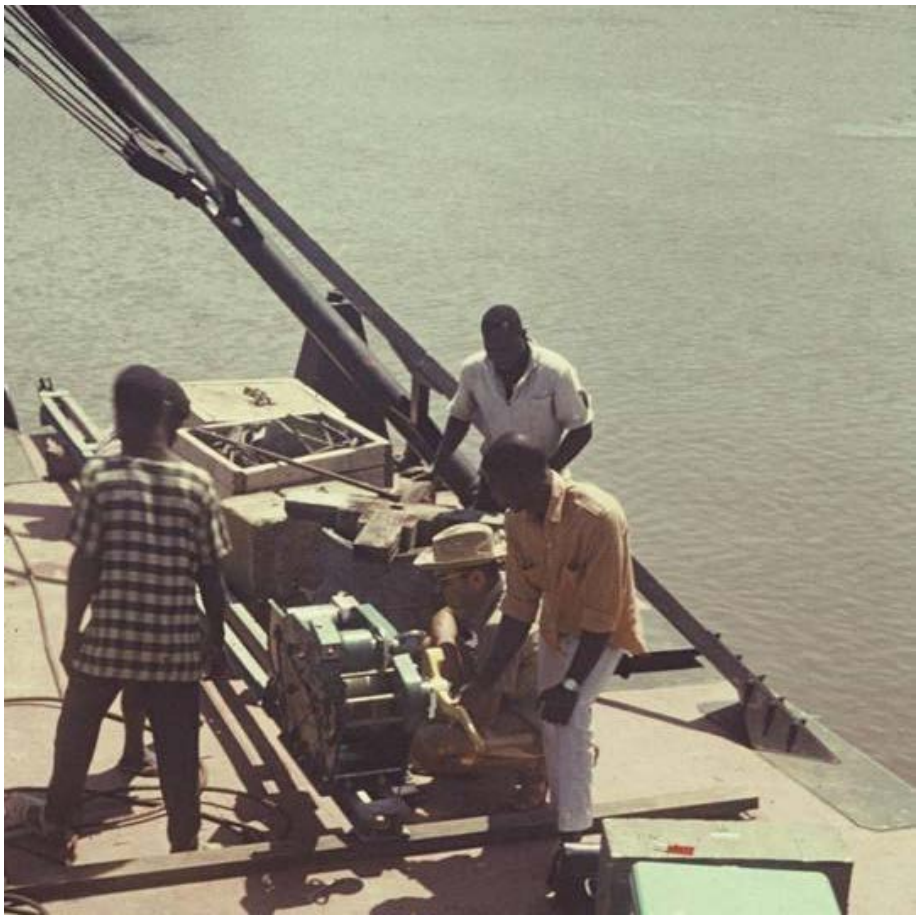
70	17/11/1989	348	4500	*Thiébaux*
71	24/11/1989	254	3320	*Thiébaux*
72	28/11/1989	224	2900	*Thiébaux*
73	04/12/1989	202	2820	*V. navigables*
74	06/12/1989	202	2820	*Thiébaux*
75	23/12/1989	143	2120	*V. navigables*
76	26/12/1989	143	2120	*Thiébaux*
77	05/01/1990	81	1480	*Thiébaux*
78	22/01/1990	40	1060	*Thiébaux*
79	05/02/1990	3	690	*Thiébaux*
80	08/06/1990	- 2	773	*V. navigables*
81	20/06/1990	49	1200	*V. navigables*
82	15/10/1990	360	4710	*V. navigables*
83	25/10/1990	341	4440	*V. navigables*
84	10/11/1990	368	4850	*V. navigables*
85	17/11/1990	356	4630	*V. navigables*
86	03/12/1990	290	3740	*V. navigables*
87	07/12/1990	254	3320	*V. navigables*
88	14/12/1990	220	2950	*V. navigables*
89	07/01/1991	167	2380	*V. navigables*
90	12/01/1991	123	1890	*V. navigables*
91	18/01/1991	100	1620	*V. navigables*
92	25/01/1991	70	1420	*V. navigables*
93	30/01/1991	46	1180	*V. navigables*
94	06/02/1991	24	1000	*V. navigables*
95	14/02/1991	- 2	776	*V. navigables*

Les jaugeages sont réalisés au moulinet hydrométrique, par intégration sur la verticale depuis 1964. Sauf en très basses eaux, où un câble a pu être traversé d'une rive à l'autre, l'emploi du cercle hydrographique est de règle.

D'une façon générale, la vitesse moyenne de l'Oubangui autorise l'emploi d'un saumon de 25 kg sur un Zodiac *MkII*.

En très hautes eaux, il est nécessaire d'utiliser des embarcations plus importantes. Lors du jaugeage du 6 novembre 1964 (h = 8,14 m, le plus fort jaugeage réalisé à Bangui), R. Chartier a utilisé un bateau des *Voies navigables* et un saumon de 100 kg. J. Callède a fait de même les 10 et 17 octobre 1969 (h = 7,31 m et 6,98 m) mais, vu la vitesse de l'eau inférieure à 1,50 m/s, le jaugeage du 24 octobre 1969 (h = 6,86 m) a été réalisé avec un saumon de 25 kg et un Zodiac *MkII*. Ce dernier jaugeage a mis un terme définitif à la carrière d'un ensemble « Zodiac remorqueur + Zodiac remorqué » qui ne manquait pas d'originalité.

Type de bateau utilisé lors des jaugeages des 10 et 17 octobre 1969 (*Photo © SCEVN*)



Jaugeage du 17 octobre 1969, avec treuil *Volga* et saumon de 100 kg (*Photo A. Dieudonné*)

Les sections de jaugeage sont :

- de part et d'autre de l'Île Bongo Soua (premiers jaugeages de 1951 par M. Roche), indiquée **A** sur la figure 1 (il y a eu plusieurs emplacements) ;
- en amont immédiat de l'Île Bongo Soua (jaugeage du 6 novembre 1954), **B** ;
- en amont des rapides, un peu en amont de la Résidence de l'Ambassadeur de France (jaugeages M. Roche, G. Oberlin, puis J.P. Thiébaux), indiquée **C** sur la figure 1 ;
- un peu en amont de l'Île Bongo Soua (jaugeages J. Callède) avec un balisage permanent (angles de bâtiments), **D**. Cette section, choisie après une reconnaissance aérienne, s'avère correcte en moyennes et hautes eaux ;

- 10 km en amont de la station de l'Intendance, à Mboko (anciennement *chez Armando*) pour les étiages de 1971 et 1972 (section choisie par J. Callède à l'issue d'une reconnaissance aérienne).

5 - Étalonnage

Ces 95 jaugeages indiquent une station stable en moyennes et hautes eaux (figure 2), c'est-à-dire quand la hauteur d'eau est supérieure à 3 m (débit de l'ordre de 3 900 m3/s).

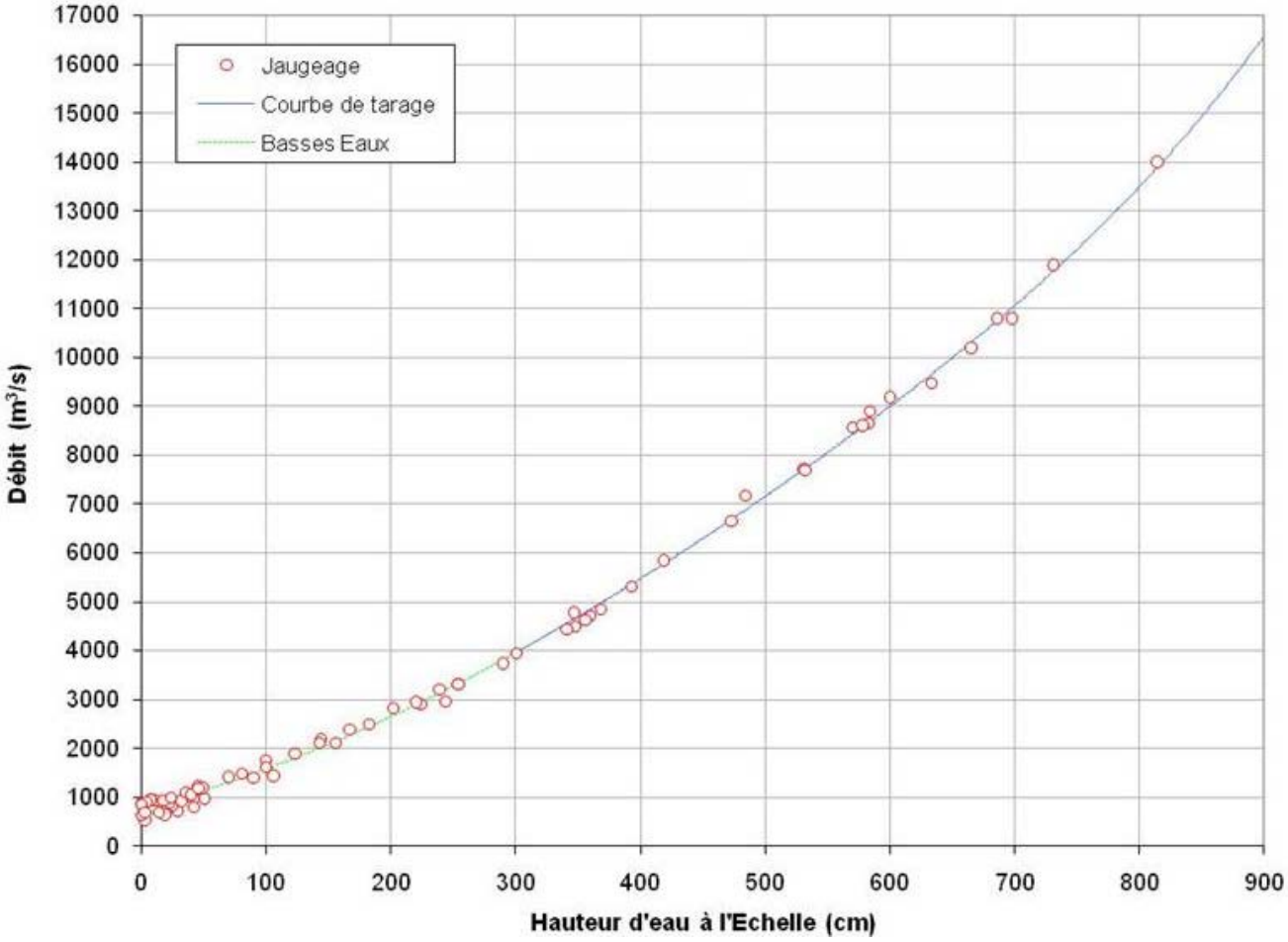


Figure 2

L'Oubangui à Bangui. Courbe de tarage en hautes et moyennes eaux

La qualité et l'importance de la station impliquaient une étude approfondie des étalonnages en basses eaux où un détarage était apparu en 1987. Ce travail a été effectué en s'appuyant sur la chronologie des jaugeages et de la pente de la droite de tarissement (figures 3 et 4).

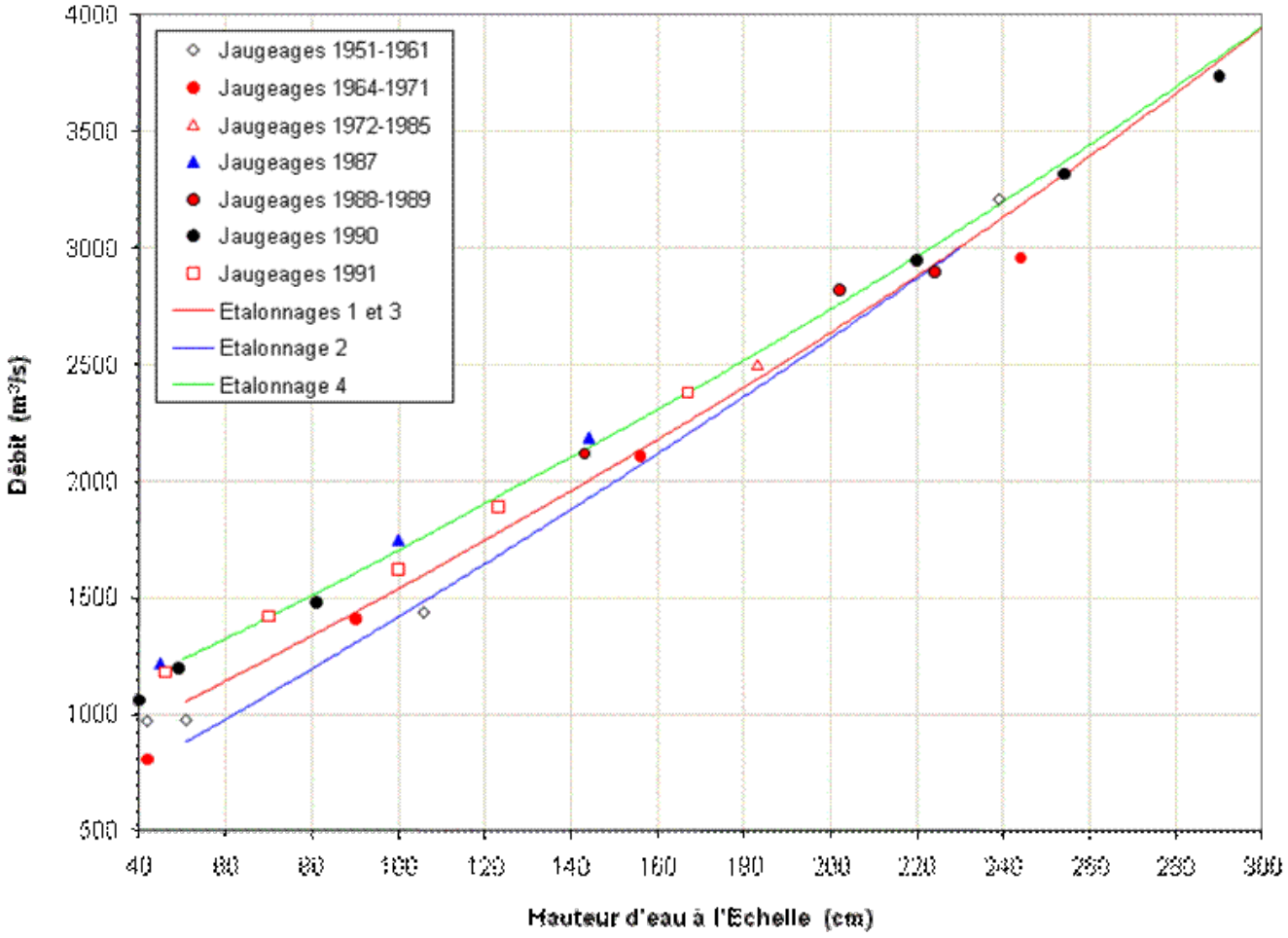


Figure 3

L'Oubangui à Bangui. Courbes de tarage en basses eaux

5 étalonnages ont été adoptés :

- l'étalonnage n° 1 est valable du 1er janvier 1911 jusqu'au 31 octobre 1963 ;
- l'étalonnage n° 2 va du 1er novembre 1963 au 1er novembre 1971 ;
- l'étalonnage n° 3 (identique au n° 1) est valable du 2 novembre 1971 jusqu'au 31 octobre 1981 ;
- l'étalonnage n° 4 a une validité s'étendant du 1er novembre 1981 au 1er novembre 1987 ;
- enfin l'étalonnage n° 5 est valable depuis le 1er novembre 1987.

L'extrapolation des hautes eaux est faible : le plus fort jaugeage a été effectué à la cote de 8,14 m et les barèmes vont jusqu'à 9,00 m seulement. D'autre part les très basses eaux durant la période de sécheresse 1970-1991 – et qui perdure – ont été bien suivies avec un nombre suffisant de jaugeages.

Cette station ne pouvait être mieux étalonnée.

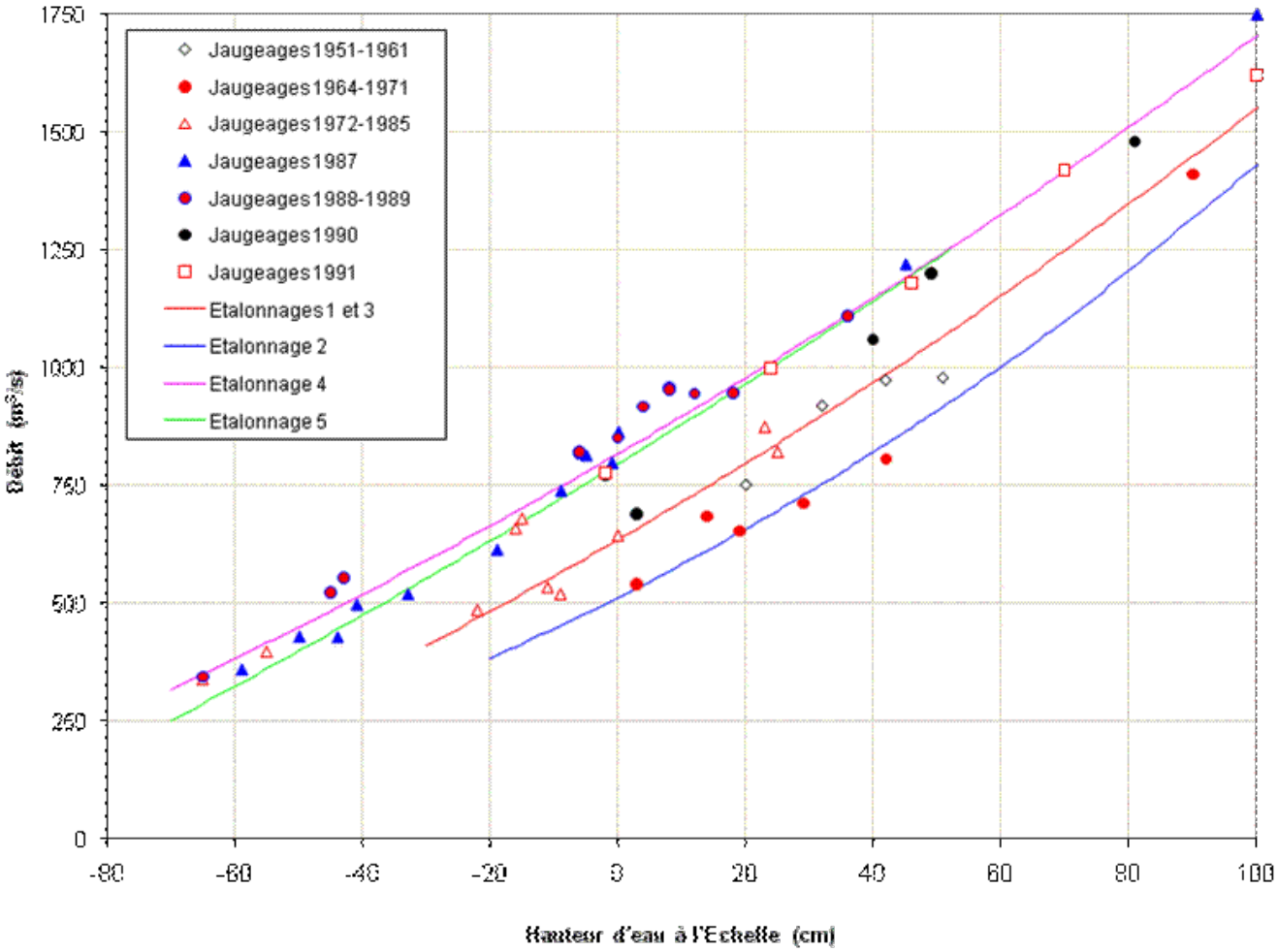


Figure 4

L'Oubangui à Bangui. Courbes de tarage en très basses eaux

Retour en haut du document

Liste des stations

La Mpoko à Bangui - Bimbo

1 - Aspect géographique

La station n'est qu'à 4 ou 5 km du confluent avec l'Oubangui. Auparavant la Mpoko a reçu les apports de la Mbali et de la Pama. A la station, le bassin versant de la Mpoko est de 25 630 km^2.

Les coordonnées géographiques de la station sont :

- 04°19' de latitude Nord ;
- 018°31' de longitude Est.

La station est située en amont immédiat du pont de la route Bangui-Mbaïki, en rive gauche.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule GU.6, situé sur le bas du parapet du pont, en rive droite, coté amont. Ce repère est enterré, suite à l'élargissement de la route. L'altitude de ce repère est de 345,171 m (*IGN 1957*).

Une seconde référence consiste en un rivet, scellé sur l'extrémité du trottoir du pont, coté amont, en rive droite. Ce rivet est au milieu d'un carré gravé dans le béton, surmonté de l'inscription "S.G". Altitude : 346,996 m (*IGN 1957*).

Enfin existe une pointe filetée, enfoncée dans la partie supérieure du mur en aile de la culée rive droite, coté aval, et d'altitude 345,697 m (*IGN 1957*). Il semblerait que tous ces repères aient disparus.

2 - Historique

Une première station est installée par l'ORSTOM le 1er avril 1951, à l'emplacement de l'ancien bac de la route Bangui-Mbaïki, soit 8 km en amont de la station actuelle. Les éléments 1-3 m, fixés sur des rôniers, sont emportés lors de la montée de la crue. 1-3 m et 6-7 m sont réinstallés le 8 mai 1952.

Le 14 mai 1953, la station est reconstruite sur le pont actuel :

- l'élément 0-1 m et 1-3 m sur supports métalliques, à 150 m en amont du pont ;
- 3-6 m scellés sur la deuxième pile du pont (coté Bangui) ;
- 6-7 m sur support métallique, prés de la première pile.

L'élément 0-1 m est recalé le 20 mars 1954 : il était décalé depuis le 20 janvier 1954.

Les éléments 0 à 2 m disparaissent lors des hautes eaux de 1957 et ne seront remplacés qu'en mai 1958.

Le 14 février 1954, les éléments émaillés jaunes sont remplacés par des éléments émaillés blancs, à l'exception de ceux fixés sur la pile du pont (3-6 m).

L'élément 0-1 m ne sera remis en place que le 5 mai 1967.

Le 29 mai 1967, la station est rattachée au nivellement général : son zéro est à l'altitude de 337,18 m (*IGN 1957*).

Le 3 février 1970, l'élément 1-3 m, couché par le courant, est remis provisoirement en place mais 57 cm trop bas (zéro à l'altitude de 336,61 m). La station passe sous la responsabilité des *Travaux publics* centrafricains le 1er janvier 1971.

Le 10 juillet 1971, les éléments 1-3 m sont remplacés mais faute de matériel, ce sont 2 éléments 1-2 m !

Le 27 juillet 1971, la station est trouvée en mauvais état : l'élément 4-5 m est à moitié arraché, un tronc d'arbre que l'eau a charrié masque l'élément 3-4 m.

La station est remise en état par l'ORSTOM le 28 décembre 1971 et le calage des éléments vérifié le 17 janvier 1972.

Le 17 avril 1975, un contrôle du calage des éléments est de nouveau effectué, à partir des éléments 3-6 m car les 3 références altimétriques ont disparues. Il existe à cette date un second élément 0-1 m, placé 40 cm plus bas et qui sert d'élément négatif !

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 dresse l'inventaire des observations à la station de Bimbo.

Les relevés, dans les premières années, ne sont pas de bonne qualité :

- l'année 1954 est fausse de juin à septembre ;
- l'année 1955 présente un hydrogramme bien curieux ;
- septembre 1956 est faux ;
- il y a une « décrue » brutale entre le 31 août et le 01 septembre 1963, et la forme de l'hydrogramme n'inspire pas confiance ;
- l'année 1964 est, elle aussi, bien curieuse ;
- les relevés de l'année 1965 sont inexistants ou faux.

A partir de l'année 1966, la qualité des observations s'améliore considérablement.

Tableau 1- Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702510-1 **Bangui**
Rivière : Mpoko
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1953	-	-	-	-	*	*	*	C	C	C	*	-
1954												
1955	-	-	C	*	*	-	*	*	C	C	C	*
1956	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	*
1957	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	-	-	-	-	*	C	*	C	C	*	C	-
1959	*	C	*	C	C	C	C	C	C	-	-	*
1960	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1961	-	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1962	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1964	*	*	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C

1965	*	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-
1966	-	-	-	-	*	C	C	C	C	C	*	*
1967	*	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C
1968	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1969	C	C	C	C	C	*	*	C	C	C	C	C
1970	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C	*	*
1971	C	C	C	-	-	C	C	C	C	C	C	C
1972	*	*	*	*	C	C	*	*	*	*	*	*
1973												
1974												
1975	*	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*	*

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

.4 - Jaugeages

21 mesures de débit ont été faites sur la Mpoko à Bimbo, comme l'indique le tableau 2. Malheureusement la station est influencée par la hauteur d'eau de l'Oubangui : il a été nécessaire de traiter la station comme non-univoque.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702510-1 **Bangui**
Rivière : Mpoko
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Mpoko	Oubangui	Mpoko	Q/Q_o	Débit
		Cote cm	Cote cm	Débit m^3/s		corrigé
1	15/05/1953	56	133	94,0	1,04	89,5
2	19/03/1954	68	45	129	1,28	105
3	26/01/1955	133	112	219	1,30	178
4	23/02/1955	95	72	155	1,21	126
5	12/09/1957	420	502	627	1,06	603
6	13/05/1958	166	252	203	0,92	199
7	19/12/1960	293	318	159	Abandonné,	faux
8	15/07/1965	117	219	159	1,06	167
9	27/05/1966	124	230	154	0,95	167
10	09/11/1966	530	624	789	0,98	797
11	07/02/1967	122	97	186	1,20	152
12	17/10/1968	449	588	381	0,59	605
13	22/10/1968	470	608	439	0,65	686

14	30/10/1968	463	592	504	0,75	690
15	28/12/1968	250	370	243	0,76	300
16	10/04/1969	142	256	133	0,92	165
17	15/10/1969	587	708	744	0,78	930
18	19/11/1969	555	693	580	0,67	906
19	17/03/1970	137	119	149	1,10	123
20	18/03/1971	92	13	98,9	1,21	76,0
21	12/05/1971	64	38	70,8	1,37	57,0

5 - Étalonnages

La méthode de la dénivelée normale a été utilisée (Jaccon, 1986). Nous avons eu des problèmes et dans certains cas les débits devenaient négatifs. Aussi avons-nous dû extraire les hauteurs d'eau de la Mpoko et de l'Oubangui (à Bangui) de la Banque de données HYDROM, écrire un programme Fortran spécifique qui acceptait une courbe de correction de débit de forme quelconque, traiter les hauteurs d'eau aux 2 stations et réintroduire les débits corrigés dans la Banque.

Les figures 1 et 2 indiquent la forme des courbes de tarage et de la courbe de correction Q/Q_0.

Il y a 2 étalonnages :

- l’étalonnage n°1 est valable de 1953 au 31 août 1968 ;
- l’étalonnage n°2 est valable du 01 septembre 1968 au 31 décembre 1971 (fin des observations).

Les résultats sont loin d’être excellents, la qualité médiocre des relevés de Bimbo y étant pour une bonne part.

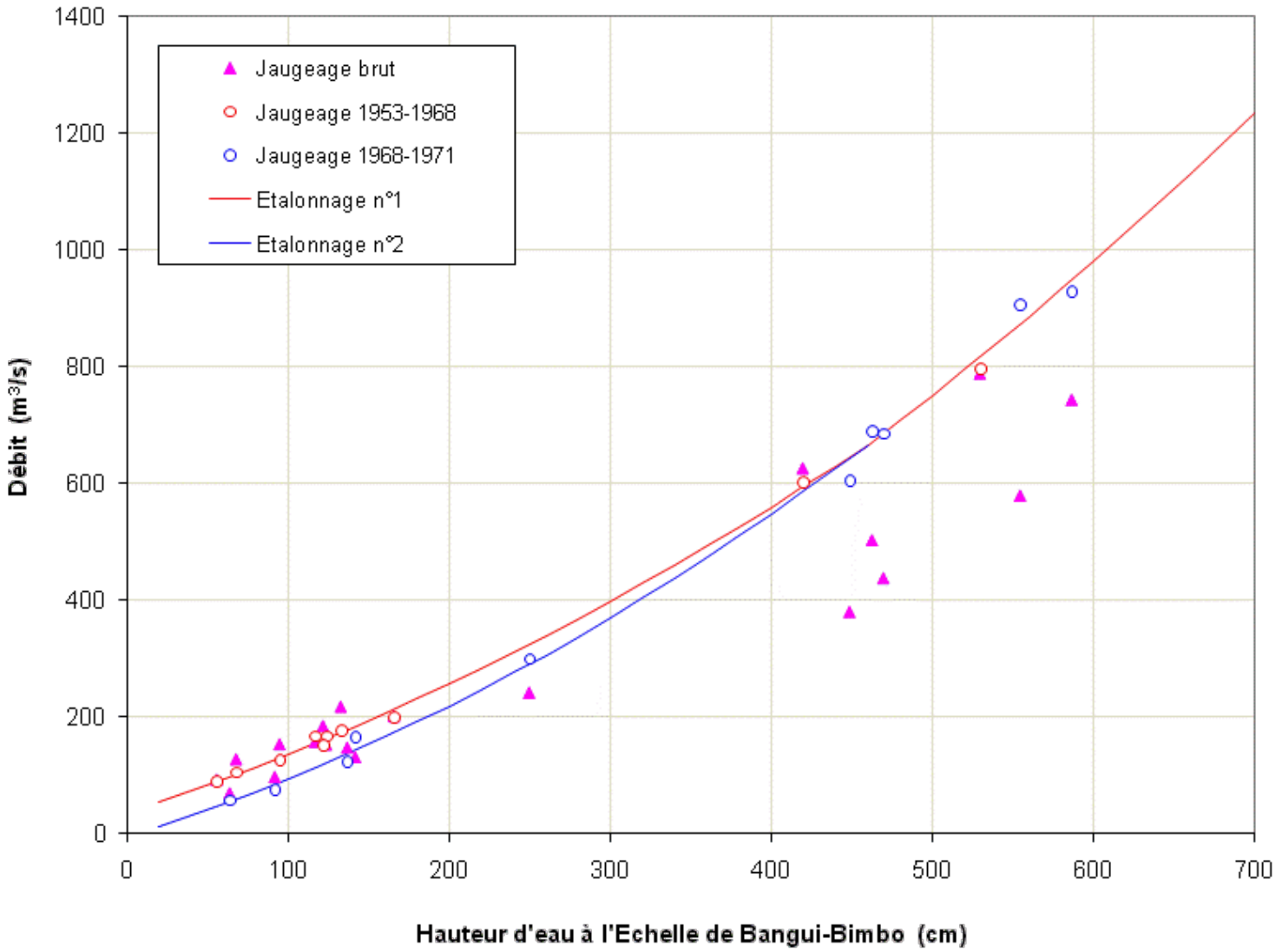


Figure 1

La Mpoko à Bangui (Bimbo). Etalonnage général

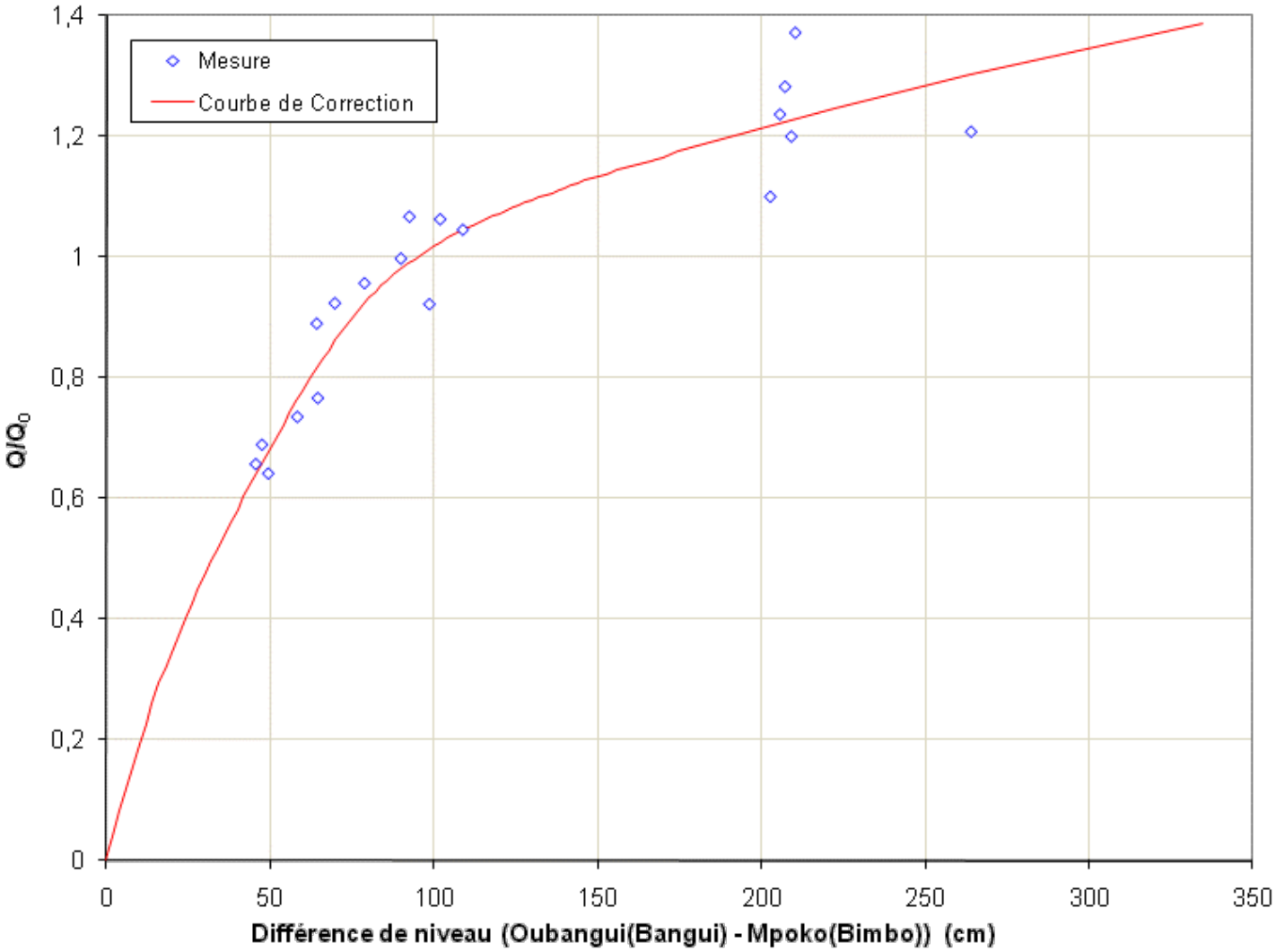


Figure 2

La Mpoko à Bangui (Bimbo). Courbe de correction Q/Q_0

[Retour en haut du document]

Liste des stations

La Lobaye à Batalimo

1 - Aspect géographique

Cette station est l'avant-dernière sur le cours aval de la Lobaye. Elle est située à seulement 18 km en aval de Mbata et son bassin versant passe de 30 300 à 30 700 km^2.

Elle sert essentiellement pour les besoins de la navigation, en permettant à la *Compagnie forestière Naud et Cie* (devenue ensuite la *Scierie Vigneron*) de savoir s'il y avait assez d'eau dans la rivière pour acheminer ses barges ou son flottage en toute sécurité jusqu'à l'Oubangui.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 03°40' de latitude Nord ;
- 018°27' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude comprise entre 331 et 334 m).

Elle est installée sur un pilier du débarcadère de la *Scierie Vigneron* et se compose de 3 éléments superposés boulonnés et un élément 3-4 m sur fer, situé 25 m plus en aval.

2 - Historique

La date de l'installation de la station n'est pas bien connue, mais obligatoirement antérieure au 1er juin 1952, date des premiers relevés en archives à l'ORSTOM.

Ces premiers relevés devaient être faits sur une station installée par les *Voies navigables* et lue par l'exploitation forestière. Elle se situait 25 m en aval de la station actuelle, avec, certainement, un élément 0-3 m et un élément 3-4 m.

D'après un document des *Voies navigables*, le zéro de cette station était à l'altitude de 332,73 m (vraisemblablement dans le système *IGN 1956*) mais il n'est pas possible de préciser la date à laquelle ce nivellement de rattachement a été effectué.

L'élément 0-3 m s'enfonce de 20 cm du 9 au 12 juillet 1952. Le 27 juillet de la même année, le zéro de la station est situé 3,21 m plus bas qu'une borne hydrologique qu'il n'a pas été possible de retrouver.

Le 20 avril 1953, un autre nivellement donne une dénivelée avec ladite borne de 3,46 m soit un écart de 25 cm avec le précédent. Ce même jour, jugeant la borne trop peu stable, l'hydrologue rattache la station à 2 autres repères qui n'ont pu être, eux aussi, situés de façon précise.

Les éléments 1-2 m et 2-3 m sont reposés le 29 mars 1954 et recalés par rapport à l'élément 0-1 m. Ils constituent la station actuelle.

Il semblerait que l'élément 0-1 m ait été descendu de 5 cm, d'après les notes d'archives. La corrélation avec Mbata ne signale aucune « crue » brusque de cette importance à ce moment-là. Comme les relevés de 1953 de Batalimo n'indiquent aucune discontinuité entre 0,99 m et 1,00 m, il est fort probable que la station entière ait été enfoncée de 5 cm en mars 1954.

Il n'a pas été possible de connaître le but de ce décalage de 5 cm. La corrélation avec Mbata ne donne pas d'indication bien précise : en hautes eaux, la station de Batalimo commence à être influencée par le niveau de l'Oubangui.

Aussi sommes-nous obligés d'admettre les décalages suivants :

- du 1er juin au 10 juillet 1952 : hauteurs à majorer de 25 cm ;
- du 11 juillet 1952 au 29 mars 1954, hauteurs à majorer de 5 cm.

Le zéro de la station actuelle se situe 5,98 m plus bas qu'un repère hydrologique (milieu de la partie postérieure de la plus haute des 3 marches conduisant de la terrasse découverte à la terrasse couverte du logement situé immédiatement au-dessus de l'élément 3-4 m).

La station a été fermée le 31 décembre 1969 car elle est sans aucune utilité hydrologique.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

L'inventaire des relevés est donné par le tableau 1.

Les relevés sont pratiquement complets pour la période 1952-1969.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702008-1 **Batalimo**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1952	-	-	-	-	-	C	C	C	*	*	*	*
1953	-	-	-	*	-	*	C	*	C	*	*	C
1954	C	C	*	C	C	C	C	*	-	*	C	-
1955	-	-	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	-	-	C	C	C	-	C	*	C	C
1957	*	*	-	C	-	-	-	-	*	-	C	*
1958	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1959												
1960	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	-	C	C	C
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1966	C	C	C	C	C	C	*	*	C	C	*	C
1967	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	*
1968	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C	*	C
1969	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Les observations sont d'une qualité moyenne :

- l'année 1952 présente des paliers en juin, juillet, août, septembre et novembre ;
- une "décrue" entre le 30 juin et le 1er juillet 1953 et un palier en juin ;
- un palier en mai 1956 ;
- juin à octobre 1958 douteux ;
- une « décrue » entre le 30 novembre et le 1er décembre 1961 ;
- la période avril-juillet 1963 est bien curieuse, et ne se retrouve pas sur Mbata ;
- une « décrue » entre le 31 décembre 1967 et le 1er janvier 1968.

De toute façon ces relevés ne sont pas d'une grande utilité.

4 - Jaugeage : néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Kapou à Bimo

La Kapou est un affluent de rive gauche de la Lessé. Une station a dû fonctionner (ou fonctionne depuis 1975) à Bimo, sur la route Bangui-Mbaïki.

Les coordonnées géographiques seraient :

- 04°18' de latitude Nord ;
- 018°17' de longitude Est.

Malheureusement nous n’avons aucun document en archives concernant cette station.

Liste des stations

La Mbali à Boali (Pirogues)

Les renseignements concernant la station de Boali (Pirogues) sont contenus dans le dossier Boali (Usine)

Liste des stations

La Mbali à Boali (Poste)

1 - Aspect géographique

La Mbali est un affluent de la Pama. Il n'y a que 28 km de cours sinueux entre le confluent Mbali-Pama et l'arrivée de la Pama dans la Mpoko.

La station de Boali (Poste) est à 71 km en amont du confluent Mbali-Pama et à 11 km en aval des chutes de Boali. Cette station a été installée essentiellement pour connaître le régime de la rivière en vu de l'aménagement hydroélectrique du site. Elle est située à 2 km environ de l'Infirmerie de la sous-préfecture de Boali, en suivant un sentier rejoignant la Mbali.

La superficie du bassin versant est de 4 596 km^2.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°49' de latitude Nord ;
- 018°07' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude de l'ordre de 374 m).

2 - Historique

Une première station est installée par la mission Darnault en 1928 (Darnault, 1931). Des relevés y sont faits (Darnault, 1947) de février 1928 à juillet 1929, déjà en vu de l'aménagement hydroélectrique des chutes. 2 jaugeages y sont réalisés. Malheureusement nous n'avons aucune de ces mesures en archives.

En août 1948, la station est réinstallée par la *mission Électricité de France*, toujours pour cet aménagement. Elle est constituée d'éléments en bois peint (Aimé, 1949).

Une seconde station est montée en 1954, à coté de la précédente et les observations y sont faites à partir du 1er janvier 1955. Cette station a des éléments en aluminium.

En 1963, la station est trouvée en mauvais état. Aussi est-elle refaite complètement le 17 janvier 1964, avec 5 éléments sur UPN de 80. Son zéro est à la même altitude que celui de la station de 1954 (et probablement que celui de la station de 1948).

Une borne hydrologique, située 20 m en aval de l'élément 4-5 m, est 6,57 m plus haute que le zéro de la station.

La station est fermée en 1969, au profit de Boali (Usine).

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

L'inventaire des relevés disponibles à la station de Boali (Poste) est donné par le tableau 1.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060704603-1 **Boali Poste**
Rivière : Mbali
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1948	-	-	-	-	-	-	-	*	C	*	*	*

1949	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1950	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1951	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1952	*	*	*	*	*	*	C	*	C	*	C	C
1953	C	C	C	C	-	C	C	C	C	C	C	C
1954	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1955	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	*
1956												
1957	C	C	C	C	-	*	-	C	C	C	C	C
1958												
1959	C	C	C	C	C	C	C	C	-	*	-	*
1960												
1961												
1962												
1963												
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	-	*	-	-
1965	-	C	C	*	*	-	-	-	-	-	-	-
1966	-	-	-	-	*	C	*	*	C	C	C	*
1967	*	*	C	C	C	*	C	*	*	C	*	*
1968	*	*	C	C	C	*	C	*	C	*	C	C
1969	-	-	C	*	C	C	C	C	C	*	C	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

La qualité des observations varie d'une année à l'autre :

- de 1948 à 1959, les observations sont correctes ;
- mais de 1960 à 1964, les lectures sont tellement erronées qu'elles ne figurent pas dans la Banque de données Hydrom ;
- l'année 1964 est également fausse ;
- l'observateur ayant été remplacé, les observations redeviennent correctes de 1965 à 1967 ;
- août 1968 est douteux ;
- janvier et février 1969, faux, ne sont pas enregistrés dans la Banque de données HYDROM

4 - Jaugeages

Les résultats des 18 jaugeages réalisés à la station figurent dans le tableau 2.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060704603-1 **Boali Poste**
Rivière : Mbali
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

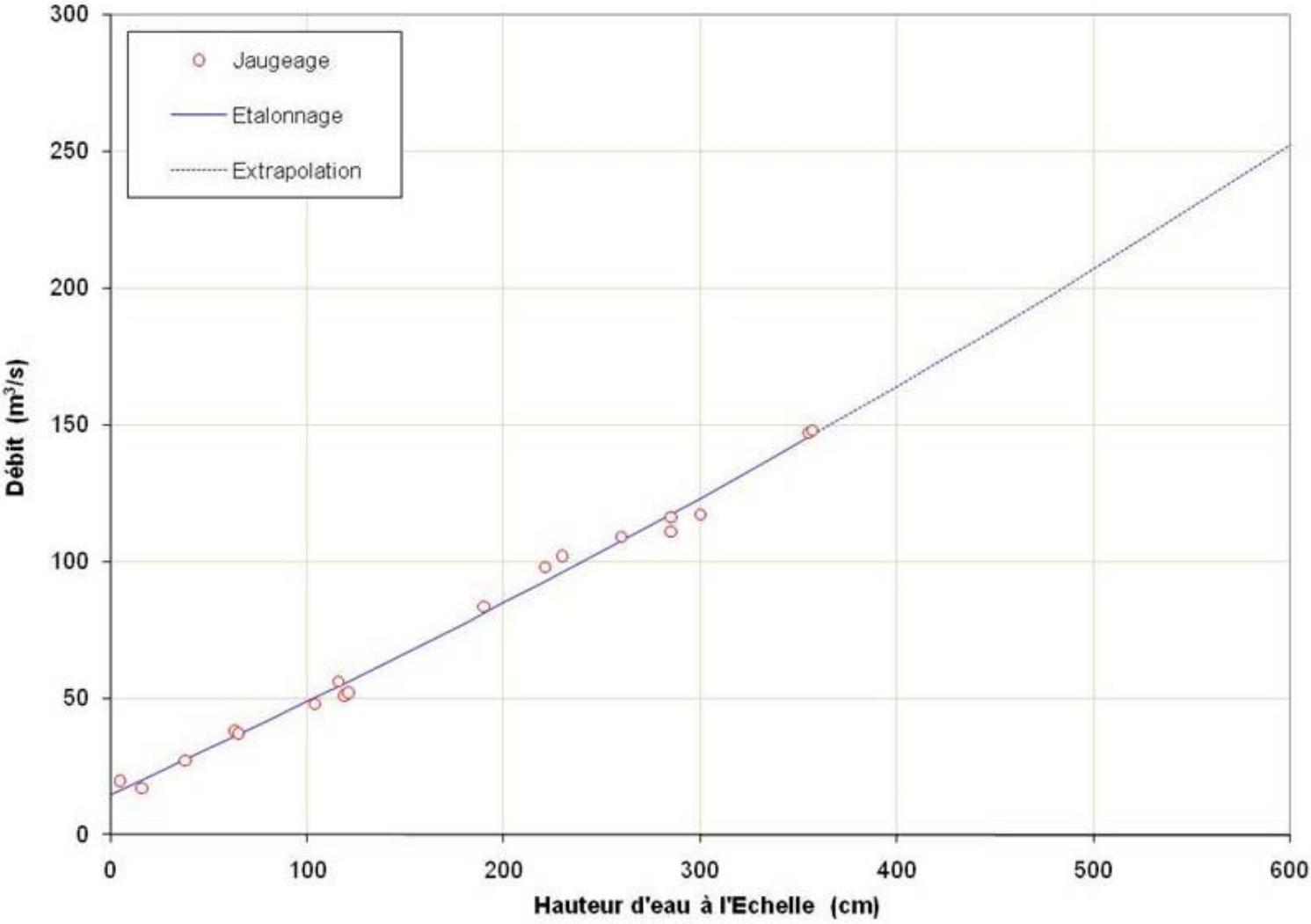
Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	16/06/1948	119	51,0
2	03/07/1948	121	52,0
3	12/08/1948	221	98,0
4	21/08/1948	230	102
5	04/09/1948	285	111
6	10/09/1948	300	117
7	20/09/1948	355	147
8	09/10/1948	357	148
9	15/04/1950	16	17,0
10	17/01/1951	116	56,0
11	15/03/1951	63	38,0
12	11/11/1951	260	109
13	30/04/1952	5	19,7
14	10/06/1960	285	116
15	27/11/1963	190	83,4
16	17/01/1964	104	47,8
17	23/05/1966	38	27,3
18	18/07/1966	65	37,0

5 - Étalonnage

Un seul étalonnage est valable pour toute la période de fonctionnement de la station (1948-1969).

Les mesures de débit donnent une courbe de tarage sans trop de dispersion, bien que la section de jaugeage – au point de vue hydraulique – ne soit pas très bonne (figure 1).

Les basses et moyennes eaux sont bien définies mais l'extrapolation pour les hautes eaux est importante : le barème va jusqu'à la cote 6,00 m tandis que le plus fort jaugeage n'est qu'à la cote 3,57 m



.Figure 1

Etalonnage de la Mbali à Boali (Poste)

Retour en haut du document

Liste des stations

La Mbali à Boali (Usine)

1 - Aspect géographique

Une série de stations hydrométriques est implantée en amont de Boali (Poste), pour compléter l'étude de l'aménagement hydroélectrique, puis pour en assurer la gestion. Ces stations sont toute situées en amont des chutes. Elles contrôlent un bassin versant de 4 410 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 04°53' de latitude Nord ;
- 018°02' de longitude Est.

Référence altimétrique : les stations sont rattachées au nivellement général suite à un nivellement exécuté par la SATET (acronyme de signification inconnue), en mai 1963, depuis l'usine hydroélectrique jusqu'à un repère de nivellement général, distant de 4 km, sur la route Bangui-Bossembélé. L'altitude de ce repère est très certainement exprimée en système *IGN 1957*.

2 - Historique

La figure 1 montre les emplacements des diverses stations de Boali (Usine)

Station des Pirogues

Cette station est installée en 1948, en même temps que celle de Boali (Poste), par la *mission Électricité de France* et pour la même application (Aimé, 1949). Le zéro de cette station aurait été à l'altitude 475,22 m ou 475,19 m suivant les documents d'archives.

Elle est située à l'amont immédiat des chutes, en aval de la prise d'eau, en rive droite et au droit du chemin d'accès pour traverser la Mbali en pirogue.

La station est réinstallée, vraisemblablement en avril 1953, avec un zéro à l'altitude de 474,35 m.

Un câble gradué était mis en place au travers de la section de jaugeage le 21 novembre 1963.

Le 18 janvier 1964, le zéro est remonté d'un mètre et se trouve ainsi à l'altitude de 475,35 m.

Une borne hydrologique (emplacement inconnu) est à l'altitude de 476,97 m.

Cette station était, à l'origine, destinée à remplacer Boali (Poste), station difficile d'accès.

Dès la mise en eau de la centrale hydro-électrique, en 1954 (l'alimentation en électricité de Bangui a eu lieu officiellement le 15 avril 1955), elle perd toute signification hydrologique, car elle ne contrôle plus que les volumes excédentaires qui ne sont pas turbinés (figure 1). Elle est cependant étalonnée et les hauteurs d'eau mesurées, dans le but de connaître ces volumes perdus par l'aménagement.

Elle a aussi donné quelques frayeurs à un hydrologue, effectuant une mesure de débit en 1964, qui a failli laisser sa main dans la gueule d'un crocodile qui nageait dans la Mbali aux alentours de la section de jaugeage et qui aurait bien aimé avoir un petit complément de nourriture.

Station ICOT

Cette station, appelée à l'origine ICOT en fonction de sa proximité avec une usine d'industrie textile (fermée depuis des années), s'est appelée ensuite INTEC, puis ICCA. Comme elle risque de changer encore d'appellation, nous conserverons ICOT dans cette *Monographie*.

Son origine remonte au 24 novembre 1963, où une station provisoire (un élément 1-2 m) est installée à l'amont des rapides (et donc des chutes) pour contrôler les débits entrant dans l'aménagement. Un câble gradué, au travers de la Mbali, est mis en place, de façon permanente, au droit de la section de jaugeage.

Elle se situe à environ un kilomètre en amont de la station *Pirogues*, en rive droite. L'accès à la station s'effectue en contournant l'usine textile, en passant par le village qui lui est contigu. Ensuite un sentier permet d'arriver, à pied, à la station.

La station définitive est installée les 16 janvier et 16 mars 1964. Elle se compose des éléments 0-2 m, sur support métallique et de 2-3 m, scellés sur la guérite du limnigraphe qui est mis en service le 1er avril 1964.

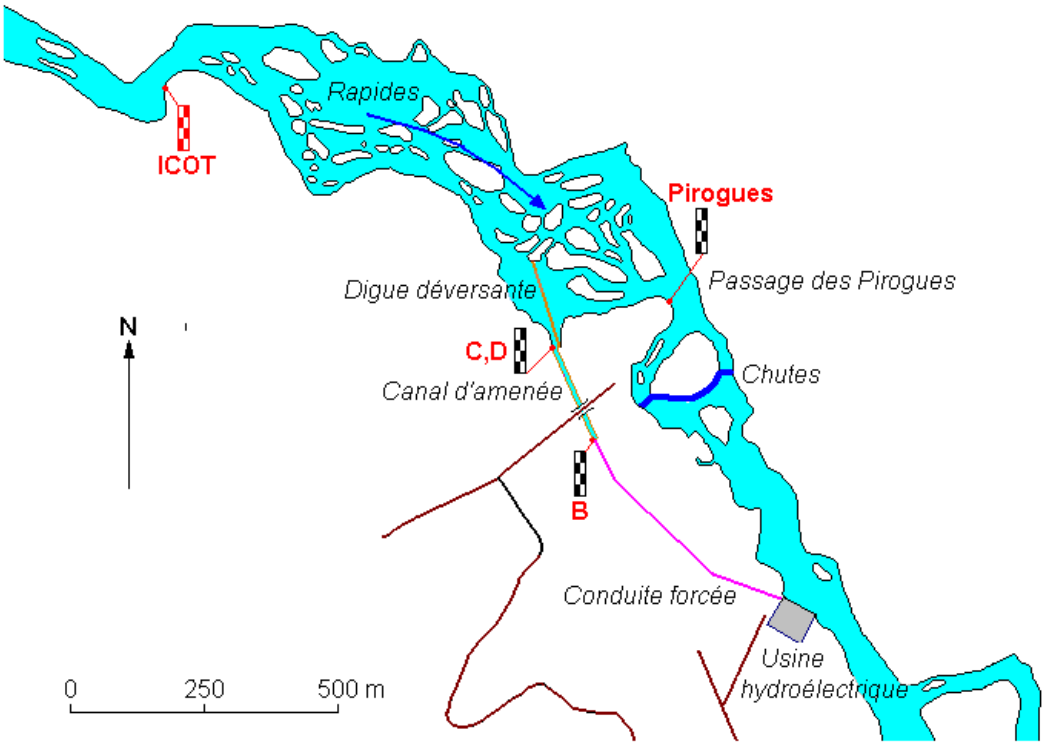


Figure 1
La Mbali à Boali (Usine). Emplacement des différentes stations

Le 8 avril 1964, la borne hydrologique est rattachée en altitude. Située à 30 m au sud-sud-ouest de la station, son altitude est de 511,55 m. Le zéro de la station ICOT est à l'altitude de 506,67 m.

Les relevés commencent le 17 janvier 1964 (Hiez, 1964).

Il n'y a aucune modification dans l'altitude du zéro de la station.

Stations auxiliaires (Hiez, 1964)

4 stations sont installées en 1964 dans les rapides, en amont de la digue déversante, 500m en amont de la station *Pirogues.* Elles ont été observées quelques temps pour les besoins de l'aménagement. Depuis, elles sont abandonnées.

Stations de l'Usine même

Elles sont installées sur les ouvrages de prise :

- station **B**, cimentée sur le bajoyer du canal d'amenée, à l'amont immédiat de la vanne de garde de la conduite forcée,
- station **C**, cimentée sur le bajoyer du canal d'amenée, à l'aval immédiat de la vanne de garde du canal d'amenée,
- station **D**, cimentée sur la digue déversante, coté amont, à l'amont immédiat de la vanne de garde du canal d'amenée,

Ces stations, destinées à l'exploitation de la centrale hydroélectrique, sont sans intérêt pour l'hydrologie proprement dite. Elles ne sont mentionnées ici qu'à titre purement indicatif, les hydrologues de l'ORSTOM y ayant effectué quelques mesures de débit.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Station Pirogues

Aucun relevé ne figure dans la banque de données HYDROM. En archives au Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM, les relevés sont fragmentaires et sans aucun intérêt hydrologique. En 1963-64 les mesures concernaient strictement l'exploitation de l'usine : ce n'était pas une station hydrométrique du réseau.

Station ICOT

Le tableau 1 donne le détail des mois observés à la station.

De manière générale, ces relevés sont de très bonne qualité. Dans la plupart des cas, ils proviennent de l'exploitation des enregistrements du limnigraphe.

Cependant durant la récente période 1976-1989, nous observons quelques anomalies :

- année 1976 : « décrue » du 31 janvier au 1er février, curieuse forme du limnigramme du 1er au 5 février, « décrue » du 31 octobre au 1er novembre ;
- année 1982 : « décrue » du 31 juillet au 1er août ;
- année 1985 : limnigramme de forme bien suspecte

Tableau 1- Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060704604-1 **Boali ICOT**
Rivière : Mbali
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964	*	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1966	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1967	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1968	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1969	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1972	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	-	-	C	-	C	C	C	C	C	C	C
1976	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1977	C	-	C	C	-	C	C	C	C	C	C	C
1978	C	C	C	C	C	C	C	C	-	C	C	C
1979	C	C	C	C	C	C	*	*	C	C	C	C
1980	C	C	C	C	-	-	-	-	C	C	C	C
1981	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1982	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1983	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1984	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-
1985	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C	C	C
1986	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1987	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1988	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1989	-	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

Station Pirogues

16 jaugeages y sont effectués, de 1953 à 1966. Les résultats figurent dans le tableau 2.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060704605-1 **Boali Pirogues**
Rivière : Mbali
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	13/04/1953	38	22,0
2	27/08/1953	87	71,3
3	02/09/1953	107	100
4	16/05/1963	42	32,8
5	18/05/1963	55	39,7
6	24/05/1963	39	26,8
7	06/06/1963	40	27,7
8	22/11/1963	92	84,4
9	18/01/1964	53	39,7
10	06/02/1964	49	35,3
11	05/03/1964	28	20,1
12	13/03/1964	28	22,2
13	02/04/1964	27	20,4
14	08/04/1964	34	20,6
15	21/08/1966	100	102
16	08/09/1966	113	119

Station ICOT

Le tableau 3 donne les résultats des 34 mesures de débit effectuées à cette station.

Tableau 3 - Liste des jaugeages

Station : 1060704604-1 **Boali ICOT**
Rivière : Mbali
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	25/11/1963	124	83,9
2	16/01/1964	93	51,2
3	07/02/1964	85	40,0
4	05/03/1964	71	29,6
5	13/03/1964	73	30,0
6	02/04/1964	72	33,3
7	08/04/1964	78	37,1

8	24/04/1964	59	21,1
9	01/03/1966	63	23,6
10	02/04/1966	59	20,2
11	25/04/1966	62	24,0
12	22/06/1966	85	39,6
13	30/07/1966	96	52,2
14	17/08/1966	103	56,7
15	19/08/1966	146	111
16	20/08/1966	136	97,9
17	07/09/1966	158	130
18	04/04/1967	66	26,5
19	06/04/1971	66	24,9
20	15/05/1971	50	14,3
21	25/05/1971	54	13,9
22	26/05/1971	54	14,0
23	02/02/1972	62	19,9
24	12/05/1972	43	9,10
25	12/05/1972	43	8,64
26	15/05/1973	41	8,00
27	30/03/1985	35	7,32
28	29/11/1985	83	35,9
29	20/12/1985	70	24,2
30	09/01/1986	57	15,7
31	15/01/1986	55	15,0
32	28/08/1986	114	59,5
33	24/10/1986	110	59,0
34	12/02/1990	38	7,24

5 - Étalonnage

Station Pirogues

Un seul étalonnage existe pour toute la période d'observation

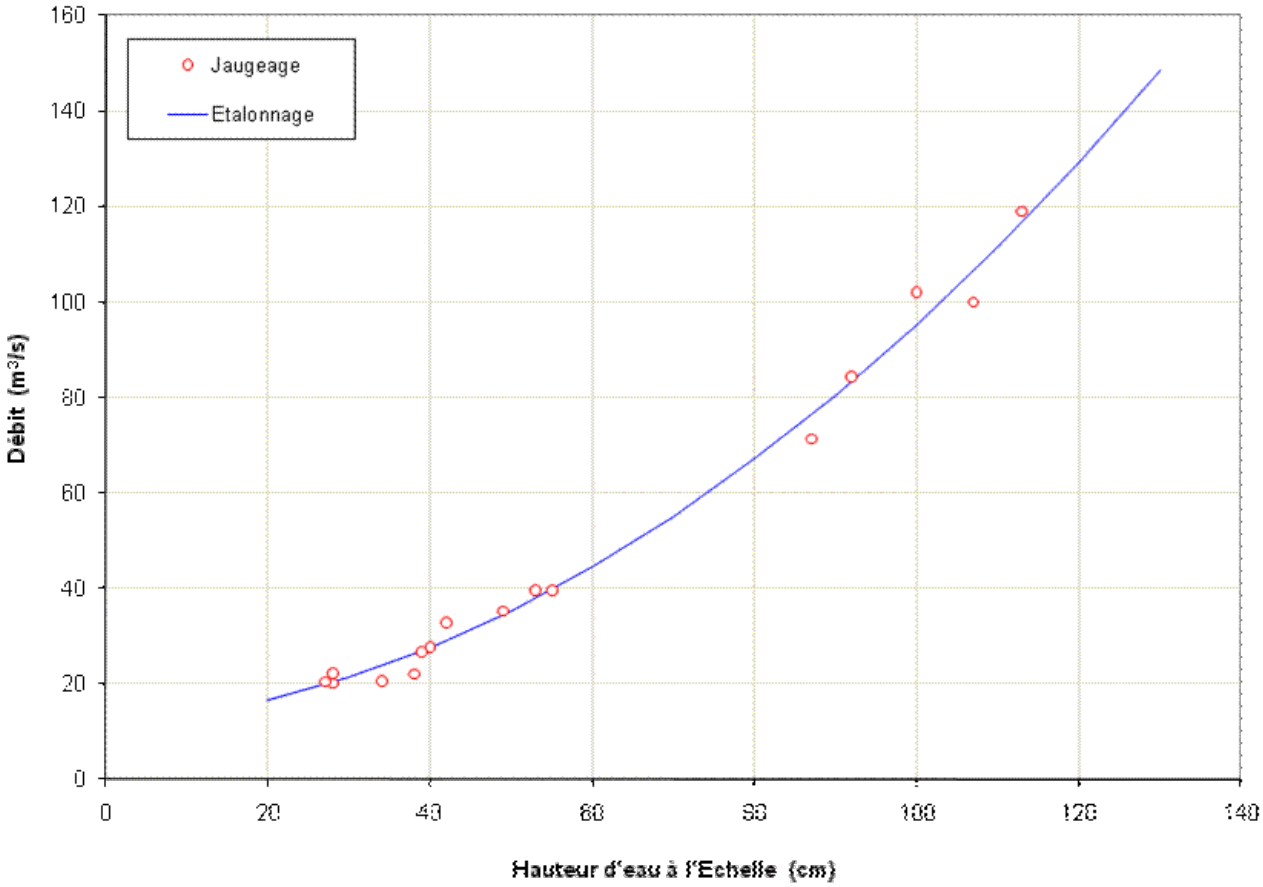


Figure 2
La Mbali à Boali (Pirogues). Etalonnage général

Station ICOT

L'extrapolation des basses eaux est assez délicate pour la période 1976-1989, lorsque la cote est inférieure à 0,35 m. Nous nous sommes mis en conformité avec les débits donnés par le gestionnaire, à défaut de jaugeage. Durant ces très sévères étiages, toute l'eau de la Mbali devait être turbinée et la valeur du débit a dû probablement être reconstituée en fonction de la puissance produite par la centrale hydroélectrique.

En ce qui concerne les hautes eaux, le barème va jusqu'à la cote 2,15 m tandis que le plus fort jaugeage est à la cote 1,58 m. L'extrapolation est un peu forte.

2 étalonnages ont été établis (figure 3) :

- étalonnage n° 1, valable de l'origine (1964), jusqu'au 1er septembre 1980 ;
- étalonnage n° 2, valable depuis le 1er septembre 1980.

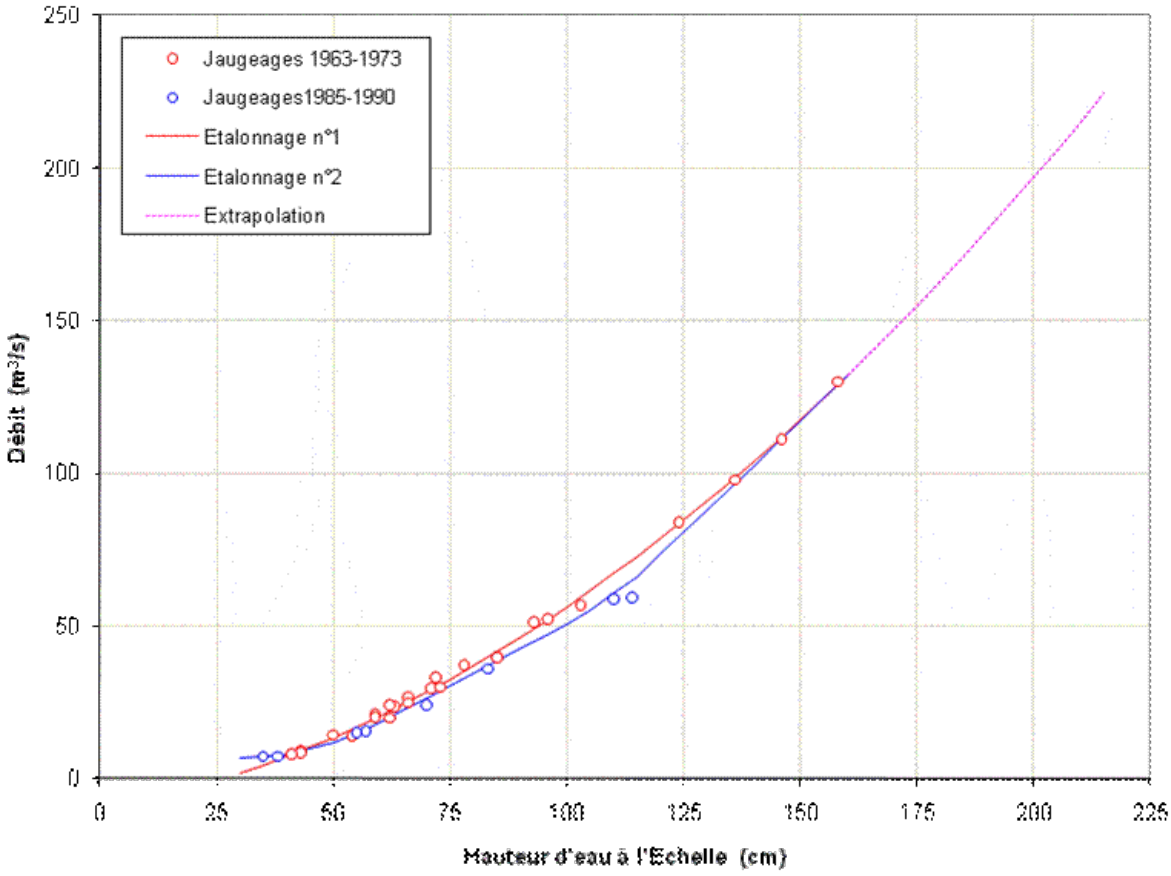


Figure 3

La Mbali à Boali (ICOT). Etalonnage général

Retour en haut du document

Liste des stations

La Louamé à Boda

1 - Aspect géographique

La Louamé (ou *Loamé*) est un affluent de rive gauche de la Lobaye. À Boda, son bassin versant n'est que de 510 km^2.

Elle était située en aval du pont de la route Boda-Bangui, en rive gauche.

Ses coordonnées géographiques étaient :

- 04°19' de latitude Nord ;
- 017°28' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude comprise entre 434 et 437 m).

2 - Historique

La station est installée par l'ORSTOM fin 1956.

Elle est démontée et abandonnée le 16 février 1964.

3 - Relevés de hauteur d'eau

Les derniers relevés dateraient de septembre 1958. Aucun document n'existe dans les archives du Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM et, *a fortiori*, dans la banque de données HYDROM.

4 - Jaugeages

2 jaugeages ont été effectués à cette station :

- le 11 novembre 1956 : h = 2,00 m Q = 8,39 m^3/s ;
- le 17 juillet 1957 : h = 3,01 m Q = 4,40 m^3/s.

Manifestement, un de ces deux jaugeages est faux.

5 – Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Mbi à Bodanga

(Bodanga figure sous le nom de Bodoupa sur la carte IGN à 1/200 000)

1 - Aspect géographique

La Mbi est une rivière dont la particularité est de tomber, à mi-parcours, de 57 m en une chute spectaculaire, dont l'aménagement hydroélectrique avait été envisagé.

La dite chute se trouve juste à l'aval du pont de la route Bakéré-Bodoupa-Bodiki. La station se trouve également à l'aval du pont : elle contrôle un bassin versant de 2 260 km^2.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°55' de latitude Nord ;
- 017°38'de longitude Est.

Rattachement altimétrique : néant (altitude 641 m).

2 - Historique

La station est installée, 30 m en aval du pont, en rive gauche, le 2 février 1965, pour une éventuelle étude de l'aménagement hydroélectrique.

Le 1er février 1967, l'élément 2-3 m est mis en place.

La station est abandonnée fin 1967

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Les relevés sont peu nombreux et assez fragmentaires car il a été très difficile de trouver un observateur :

- année 1965 : seul existe le mois de février, l'observateur ayant préféré se consacrer à la recherche diamantifère ;
- année 1966 : mars douteux, avril douteux jusqu'au 21 (date d'embauche d'un observateur), juillet douteux du 16 au 31 ;
- année 1967 : mai faux, décembre manque.

Les relevés ne figurent pas dans la banque de données HYDROM.

4 - Jaugeages

6 jaugeages ont été effectués :

- 11 décembre 1965 : h = 0,79 m Q = 21,5 m^3/s ;
- 22 mars 1966 : h = 0,59 m Q = 10,7 m^3/s ;
- 19 juillet 1966 : h = 0,86 m Q = 26,4 m^3/s ;
- 17 décembre 1966 : h = 1,06 m Q = 41,4 m^3/s ;
- 1er février 1967 : h = 0,78 m Q = 20,3 m^3/s ;
- 5 mai 1967 : h = 0,64 m Q = 11,2 m^3/s.

5 - Étalonnage

La relation hauteur-débit ne peut être définie qu'en basses et moyennes eaux (figure 1).

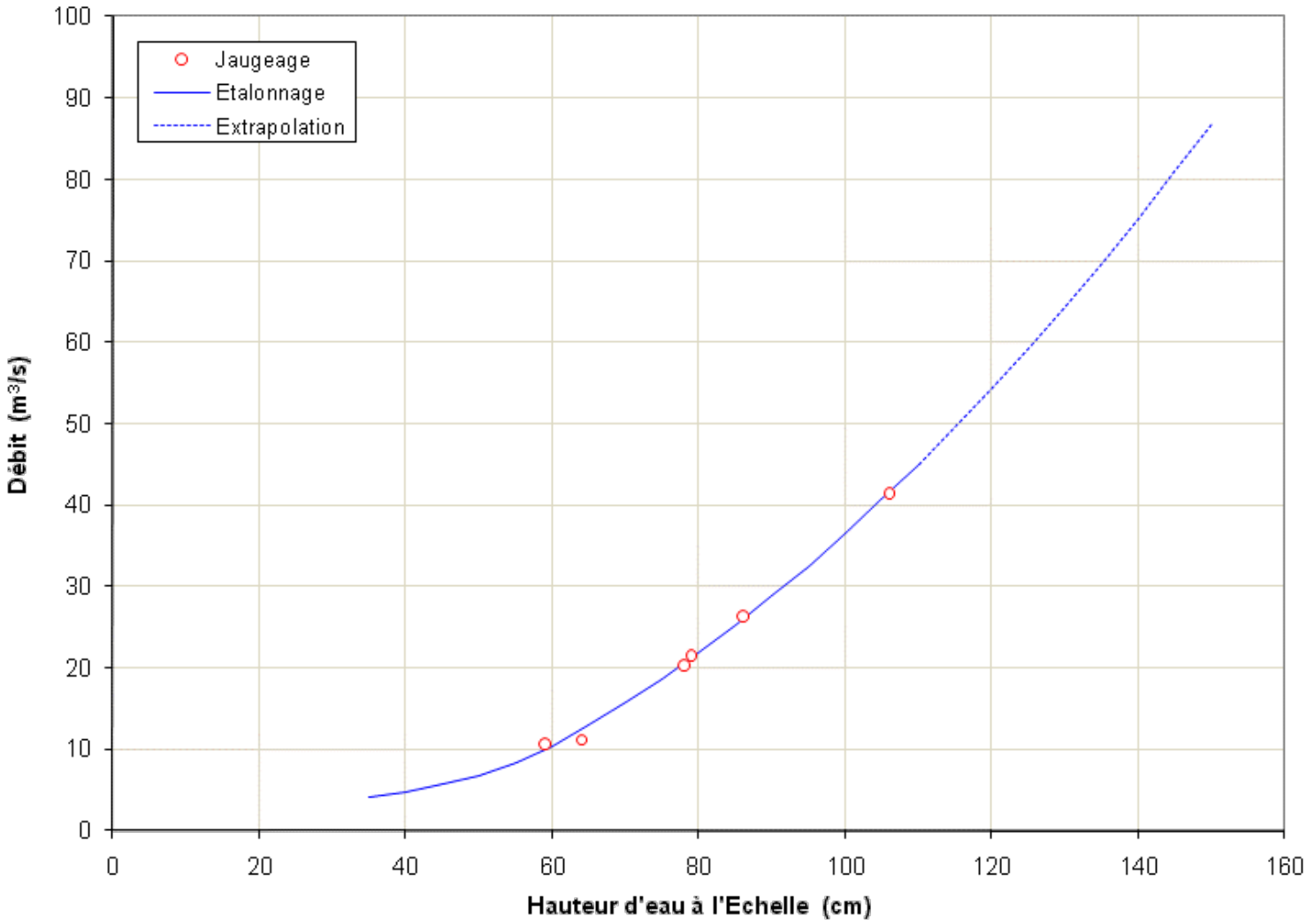


Figure 1

La Mbi à Bodanga. Etalonnage

Retour en haut du document

Liste des stations

Le Njo à Bodoupa

1 - Aspect géographique

Cette station devait servir, elle aussi, à des études hydrologiques pour un futur chemin de fer Bangui-N'Djamena. Elle se situe au pont sur la route Bossembélé-Bossangoa, à 14 km au sud de la station de la Koukoué. Le bassin versant est de 387 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 05°42' de latitude Nord ;
- 017°36' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude 579 m).

2 - Historique

La station est installée en novembre 1957, en amont du pont, coté rive droite. Elle était composée d'un élément 0-2 m, sur UPN de 60.

Le 14 décembre 1966, le zéro est rattaché en altimétrie à une borne hydrométrique qui se trouve 6,67 m plus haut. Cette borne est le sommet du tétraèdre isocèle en ciment, coiffant le poteau carré principal du parapet aval, coté Bossembélé.

La station a été abandonnée en août 1966.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne l'inventaire des observations faites de 1957 à 1966 à cette station.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060705005-1 **Bodoupa**
Rivière : Njo
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	C
1958												
1959	-	-	-	-	-	-	*	*	*	-	-	-
1960	-	-	-	-	-	C	C	C	C	C	*	C
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	*	C	-	-	C	C	C	*	C	*

1963	*	C	C	C	*	C	C	*	C	C	-	*
1964	C	C	*	C	C	C	*	C	*	C	C	*
1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1966	C	C	*	C	C	C	C	-	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

- les relevés sont à peu prés corrects, mais très fragmentaires, de 1957 à juillet 1962 ;
- la période août-octobre 1962 est douteuse, sinon fausse ;
- l'année 1963 est douteuse ;
- les années 1964, 1965 et 1966 sont fausses.

4 - Jaugeages

4 jaugeages ont été effectués à cette station.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060705005-1 Bodoupa
Rivière : Njo
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	20/11/1956	186	10,2
2	21/11/1957	174	4,60
3	17/05/1958	135	2,10
4	16/07/1958	141	2,39

5 - Étalonnage

Le petit nombre de jaugeages et la mauvaise qualité des observations ne permettent pas d'effectuer une traduction en débit.

Retour en haut du document

Liste des stations

La Ouara à Bogou

1 - Aspect géographique

Cette station se situe au bac de la route Zémio-Djéma, en rive gauche. Elle contrôle un bassin versant de 7 330 km^2.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°53' de latitude Nord ;
- 025°22' de longitude Est.

Référence altimétrique : il n'existe pas de référence altimétrique par rapport au niveau de la mer (altitude de 583 m d'après la carte au 1/200 000).

2 - Historique

La station est installée par les *Travaux publics* centrafricains le 20 février 1971. Elle est constituée des éléments 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m, 4-5 m et 5-6 m, tous fixés sur supports métalliques (UPN de 80), en rive gauche.

Une borne hydrométrique se trouve en rive gauche, côté ouest de la route, près d'un gros arbre. La dénivelée avec le zéro de la station est de - 7,55 m.

Les observations sont effectuées par les *Travaux publics* centrafricains.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Les relevés de 1971 à 1974 sont dans la banque de données HYDROM, comme l'indique le tableau 1.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702802-1 **Bogou**
Rivière : Ouara
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971	-	*	C	C	C	C	C	C	C	*	C	-
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	-	*	C	C
1973	-	-	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C
1974	C	C	*	C	C	C	C	*	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

La qualité des observations est très moyenne, sinon mauvaise :

- en 1971, les mois d'avril, mai, juin et juillet sont suspects (variation brusque du niveau du dernier jour du

mois au premier jour du mois suivant) ;

- en 1972, le mois de février est douteux (crue entre le 31 janvier et le 1er février), de même que mai et juillet ;
- en 1973, juin et juillet sont faux, les relevés journaliers sont recopiés d'un mois sur l'autre, à de rares exceptions ;
- par contre, en 1974, la crue suspecte du 14 au 20 janvier se retrouve sur le limnigramme de Dembia.

4 - Jaugeages : néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

Le Boué à Bomassana (ou *Bomasana*)

1 - Aspect géographique

Comme d'autres stations, celle-ci devait servir pour les études hydrologiques pour un futur chemin de fer Bangui-N'Djamena. Elle situe sur la route Bossembélé-Bossangoa, à 13 km au sud de la station du Njo. Le bassin versant est de 84 km^2 seulement.

Les coordonnées géographiques sont :

- 05°35' de latitude Nord ;
- 017°36' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude 602 m).

2 - Historique

La station est installée en 1957, au pont sur la Boué, en amont immédiat et en rive gauche.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Les relevés commencent en décembre 1957. L'arrêt des observations a eu lieu en 1959.

Aucun relevé n'est disponible ni dans la Banque de données HYDROM, ni en archive au Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM.

4 - Jaugeages

2 jaugeages ont été effectués :

- 16 mars 1958, h = 0,115 m Q = 0,66 m^3/s ;
- 9 novembre 1960, h = 0,30 m Q = 2,07 m^3/s.

5 - Étalonnage

Il n'y a pas d'étalonnage pour cette station.

Retour en haut du document

Liste des stations

La Lessé à Bombé (ou *Boumbé*)

1 - Aspect géographique

La station de Bombé se trouve sur la route Bangui-Mbaïki, au pont sur la Lessé. À cet endroit, son bassin versant mesure 1 300 km^2. Comme l'Ombella, en savane péri-forestière, la Lessé coule sur crypto-karsts.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°07' de latitude Nord ;
- 018°14' de longitude Est.

Référence altimétrique : la référence altimétrique est :

- jusqu'au 28 février 1971, le repère de nivellement général, matricule GU.16, d'altitude 358,537 m (*IGN 1957*), sur l'ancien pont. Ce repère a disparu avec la destruction du pont ;
- depuis le 28 juillet 1971, un repère de nivellement, posé par la *Société Française de Travaux Publics* (SOFRA T.P.), sur le nouveau pont, côté amont en rive droite. Ce repère serait à l'altitude de 356,304 m (*IGN 1957*).

La Lessé : on note l'envahissement du cours d'eau par les jacinthes d'eau (*Eichomia crassipes*) (*Photo Y. Boulvert*)

2 - Historique

La station est installée le 7 mai 1958, en rive gauche, à l'aval de l'ancien pont. Elle est constituée de 3 éléments : 0-1 m, 1-3 m et 3-5 m, tous sur supports métalliques. En réalité, l'élément 3-4 m est un 7-8 m, par manque de matériel

disponible sur place.

Le 10 décembre 1963, la station est trouvée en bon état.

Le 14 février 1964, l'élément 0-1 m est changé et les éléments 3-5 m sont recalés par rapport à 1-3 m qui ne semble pas avoir bougé.

Le 22 juillet 1965, la station est rattachée en nivellement. Son zéro est à l'altitude de 353,07 m (*IGN 1957*).

Un contrôle, le 10 août 1966, indique que les éléments n'ont pas bougé en altitude.

Le 24 février 1967, il est constaté que, du fait de l'érosion, l'élément 4-5 m s'est affaissé de quelques centimètres, l'élément 3-4 m est un peu enfoui et que les éléments 1-2 m et 2-3 m sont branlants.

Le 5 mai 1967, l'élément 0-1 m est consolidé et le 13 mai un élément 4-5 m est reposé provisoirement (à cause d'un orage).

La station est remise en état le 20 mars 1970, en ayant préalablement mesuré les décalages suivants :

- élément 4-5 m enfoncé de 47 cm ;
- éléments 1-2 m et 2-3 m enfoncés de 9,5 cm ;
- éléments 0-1 m et 3-4 m sans décalage de niveau.

La station est détruite le 23 février 1971, par suite de la démolition du pont. Un nouveau pont est construit quelques mètres en aval du précédent.

Le 18 juillet 1971, pose d'une nouvelle station sur un des piliers du nouveau pont. Le zéro de l'échelle est à l'altitude de 353,05 m (nivellement SOFRA T.P.). Le 28 juillet 1971, pose d'un nouveau repère de nivellement sur le pont (altitude : 356,304 m).

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

L'inventaire des relevés de hauteur d'eau est donné par le tableau 1.

Les relevés ne montrent guère de lacunes ni de mois manquants. Malheureusement la qualité des observations n'est pas toujours très bonne :

- en 1958, il y a de curieux paliers à la cote 1,00 m lors de la décrue bien que l'élément 0-1 m soit en place, d'octobre à décembre ;
- en 1959 : décrue du 30 septembre au 1er octobre, crue du 31 octobre au 1er novembre ;
- en 1960 : septembre, octobre et novembre sont douteux ;
- les relevés de juin 1961 à mars 1962 sont faux ;
- novembre 1963 est faux ;
- l'année 1965 est fausse.

À partir de 1966, les relevés sont corrects. Vu la taille du bassin versant, un limnigraphe eut été fort utile.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060703905-1 **Bombé**
Rivière : Lessé
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

1958	-	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C
1959	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	-
1960	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1962	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	-
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1964	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1965	C	-	C	-	-	-	*	-	C	C	C	C
1966	-	-	C	-	C	C	-	*	C	C	C	C
1967	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1968	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C
1969	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	C	*	-	-	-	-	C	C	C	*	C	C
1972	C	C	C	C	C	C	-	-	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	-	C	*	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

15 jaugeages ont été réalisés sur cette station, dont les résultats sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060703905-1 **Bombé**
Rivière : Lessé
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	10/05/1958	115	6,00
2	22/07/1965	56	2,70
3	10/08/1966	171	7,48
4	28/10/1969	284	11,0
5	20/03/1970	58	1,87

6	15/12/1971	142	2,90
7	27/12/1971	133	2,37
8	19/01/1972	124	1,87
9	20/07/1972	130	1,86
10	28/12/1972	151	3,59
11	26/04/1973	115	1,63
12	10/12/1986	120	2,53
13	30/01/1987	110	1,11
14	19/04/1987	107	0,755
15	01/10/1987	153	4,60

5 - Étalonnages

Les 5 premiers jaugeages intéressent la station installée à l'aval de l'ancien pont. La courbe de tarage est de forme bien curieuse, surtout pour une station installée à l'aval d'un pont. Néanmoins les points de mesure s'alignent assez bien pour que nous conservions ce tarage. On trouve parfois des courbes de ce genre si les rives sont assez boisées pour une rivière pas trop importante : les petits arbres surplombant le cours d'eau freinent l'écoulement à partir d'une certaine cote ; puis l'eau monte et le supplément de débit dû aux débordements l'emporte largement sur l'effet de freinage. C'est cependant moins évident à partir d'un pont, mais nous sommes ici en zone forestière.

Les 10 derniers jaugeages, concernant la nouvelle station sur le nouveau pont, donnent une courbe de tarage plus classique (figure 1) que nous avons raccordé à la première, du fait de l'existence d'un jaugeage antérieur effectué à une cote supérieure. Il fallait choisir ...

Les hautes eaux sont mal définies car l'extrapolation est très importante :

- pour la première courbe, le plus fort jaugeage est à la cote 2,84 m pour une extrapolation jusqu'à 4,30 m ;
- pour la seconde, le plus fort jaugeage est à la cote 1,53 m pour une extrapolation jusqu'à 4,00 m.

Il ne faudra pas se faire grande illusion sur la précision des débits de crue. Par contre la station paraît stable en basses et moyenne eaux, comme l'indique les jaugeages réalisés de 1971 à 1987.

Aussi 2 étalonnages ont été réalisés :

- étalonnage n° 1, correspondant à la station de l'ancien pont, valable de 1958 au 28 février 1971 ;
- étalonnage n° 2, valable depuis le 28 février 1971.

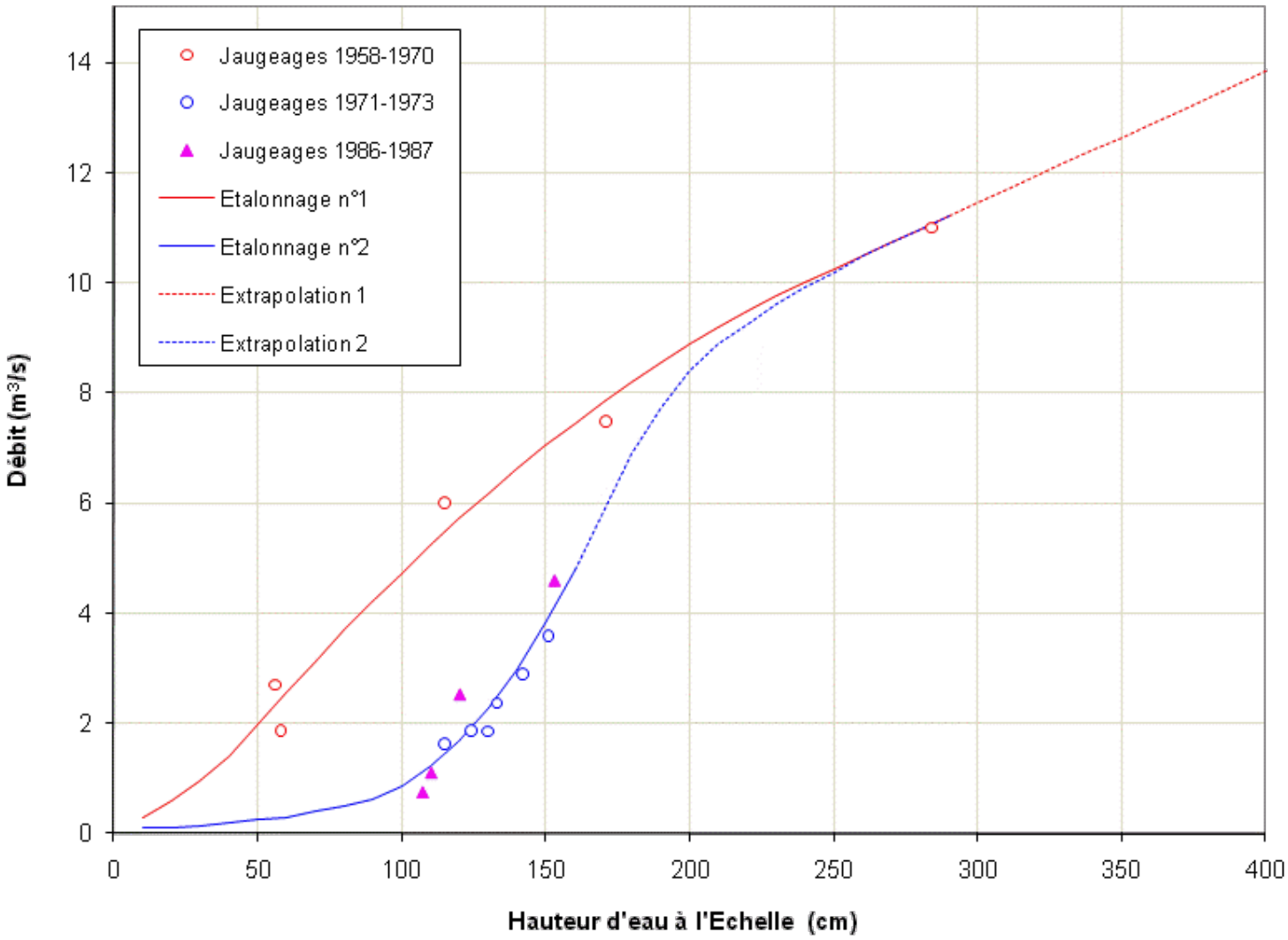


Figure 1

La Lessé à Bombé. Etalonnage général

[Retour en haut du document]

Liste des stations

La Mpoko à Bossélé - Bali

1 - Aspect géographique

Située au pont de la route Bangui-Bossembélé (à 22 km seulement de Bangui), cette station est très en aval des précédentes : le bassin versant qu'elle contrôle couvre ici 10 460 km^2. Mais à cette station, la Mpoko n'a pas encore reçu les apports de la Pama.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°32' de latitude Nord ;
- 018°28' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule G.be.64, situé sur le parapet du pont, en rive gauche et coté aval. Son altitude est de 357,354 m (*IGN 1957*).

La Mpoko à Bossélé-Bali (*Photo Y. Boulvert*)

2 - Historique

La station est installée par l'ORSTOM en 1957, les premiers relevés commençant en octobre de cette année-là.

Le 19 avril 1958, les éléments sont recalés et cimentés. Il avait été constaté les altitudes (*IGN 1957*) suivantes :

- élément 0-1 m : 349,70 m ;
- élément 1-2 m : 349,73 m ;
- élément 2-3 m : 349,70 m ;

- élément 3-5 m : 349,76 m.

Ce jour-là, la station estt composée des éléments 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m et 3-5 m, tous calés avec un zéro à 349,70 m.

L'élément 0-1 m disparaît en mars 1965.

Il faut attendre le 19 juillet 1967 pour que la station soit à nouveau vérifiée et recalée à 349,70 m (*IGN 1957*). Auparavant les éléments étaient aux altitudes suivantes :

1-2 m : 349,70 m

2-3 m : 349,64 m

3-5 m : 349,70 m

L'élément 0-1 m est reposé le 18 mai 1966. Il disparaît avec les hautes eaux de 1968 et sera remis en place le 7 février 1969.

Le 30 janvier 1973, une nouvelle station est installée, probablement par les *Travaux publics* centrafricains, en amont de l'élément 0-1 m. Cette nouvelle station donne des hauteurs plus grandes de 59 cm.

Un limnigraphe OTT type *XX* est installé le 4 mai 1973, en amont du pont et en rive droite.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

L'inventaire des relevés de hauteur d'eau est donné par le tableau 1.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702515-1 **Bossélé-Bali**
Rivière : Mpoko
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C
1958	C	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1959	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1960	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1965	C	C	*	-	-	*	*	C	C	C	C	*
1966	-	-	-	-	*	C	*	C	C	C	C	C
1967	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1968	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1969	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Les mois manquants et les lacunes sont peu importants. D'autre part la qualité des observations est bonne.

4 - Jaugeages

La station est bien étalonnée grâce à 34 jaugeages dont les résultats figurent dans le tableau 2.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702515-1 **Bossélé-Bali**
Rivière : Mpoko
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	30/09/1957	399	306
2	07/11/1957	290	250
3	12/05/1958	102	74,3
4	19/09/1958	175	142
5	16/10/1958	205	171
6	29/01/1964	79	52,0
7	19/07/1965	116	100
8	18/05/1966	84	66,3
9	23/07/1966	103	80,6
10	09/09/1966	471	386
11	13/09/1966	345	270
12	28/09/1966	309	240
13	10/02/1967	84	61,4
14	24/10/1968	238	189
15	13/03/1970	76	43,6
16	18/03/1970	67	41,0
17	11/05/1971	43	22,6

18	29/06/1973	24	14,0
19	31/07/1973	34	18,4
20	31/07/1973	34	21,6
21	18/03/1974	16	11,2
22	28/11/1985	88	48,3
23	13/12/1985	69	41,9
24	06/01/1986	50	25,9
25	14/01/1986	43	21,1
26	14/04/1986	1	6,00
27	29/08/1986	160	110
28	23/10/1986	150	107
29	30/09/1987	132	88,5
30	11/10/1987	95	57,0
31	18/09/1988	374	233
32	27/10/1989	185	124
33	10/04/1990	20	4,60

5 - Étalonnage

La forme particulière de la courbe de tarage, en basses eaux (figures 1 et 2) est due à l'influence du pont. En moyennes et hautes eaux, la relation hauteur-débit est linéaire. Le jaugeage n° 32 s'écarte beaucoup de la courbe de tarage ... sauf si nous diminuons la cote de 59 cm, ce qui prouverait que sa hauteur de référence correspond à la nouvelle échelle de 1973. Il conviendra de vérifier cela à l'avenir.

Malgré de bons relevés de hauteur d'eau, cette station n'est pas très précise à cause des modifications de la section de contrôle du pont, occasionnées par des troncs et branches d'arbres, charriés par le courant, et qui viennent fréquemment s'agglutiner sur ses piles à chaque crue (voir la photo ci-dessus).

L'extrapolation des hautes eaux n'est pas exagérée : le plus fort jaugeage est à la cote 4,71 m et le barème d'étalonnage va jusqu'à 6,00 m.

Finalement il n'existe qu'une seule relation hauteur-débit, valable depuis 1957. L'extrapolation des hautes eaux n'est pas exagérée : le plus fort jaugeage est à la cote 4,71 m et le barème d'étalonnage va jusqu'à 6,00 m.

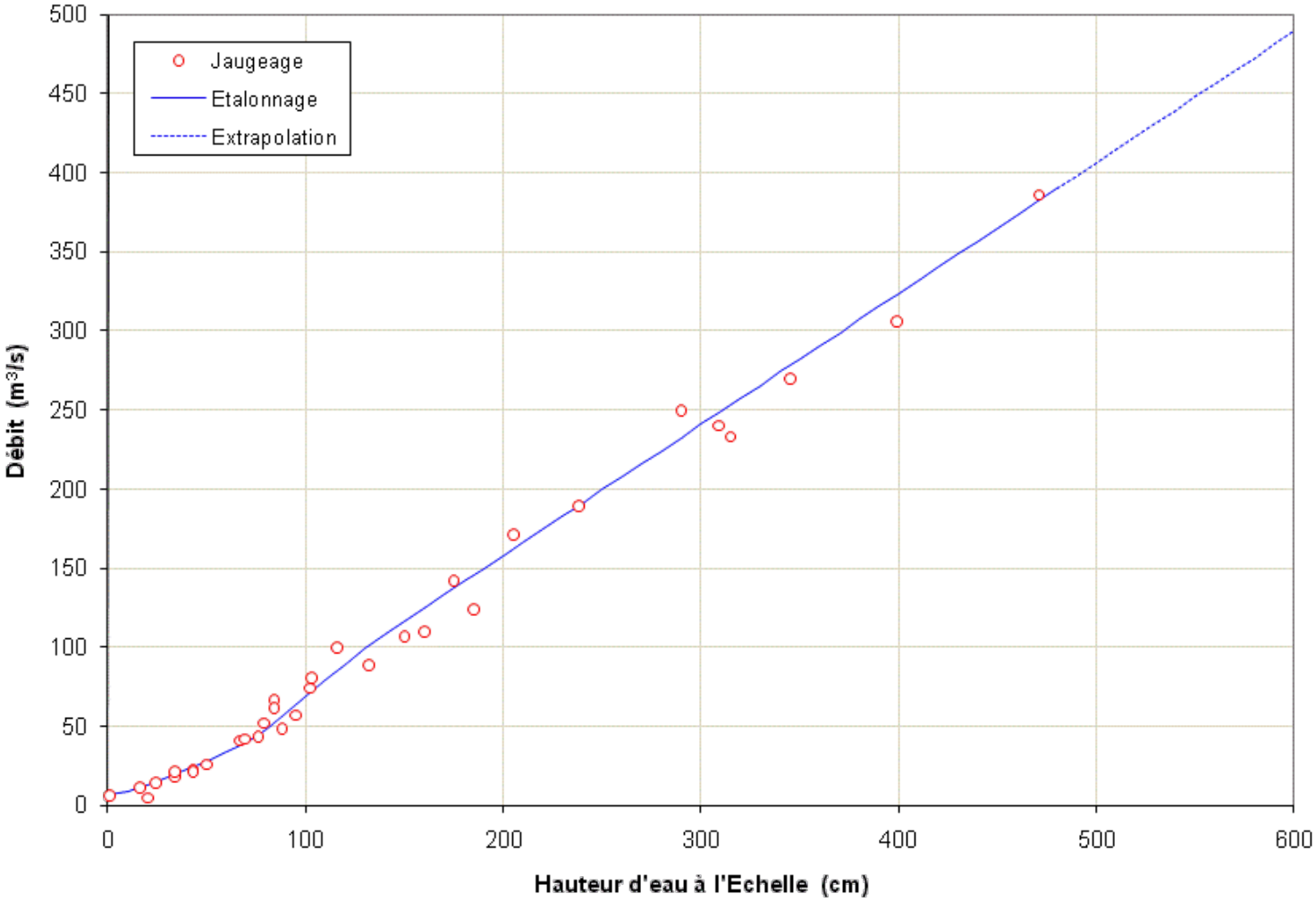


Figure 1

La Mpoko à Bossélé-Bali. Etalonnage général

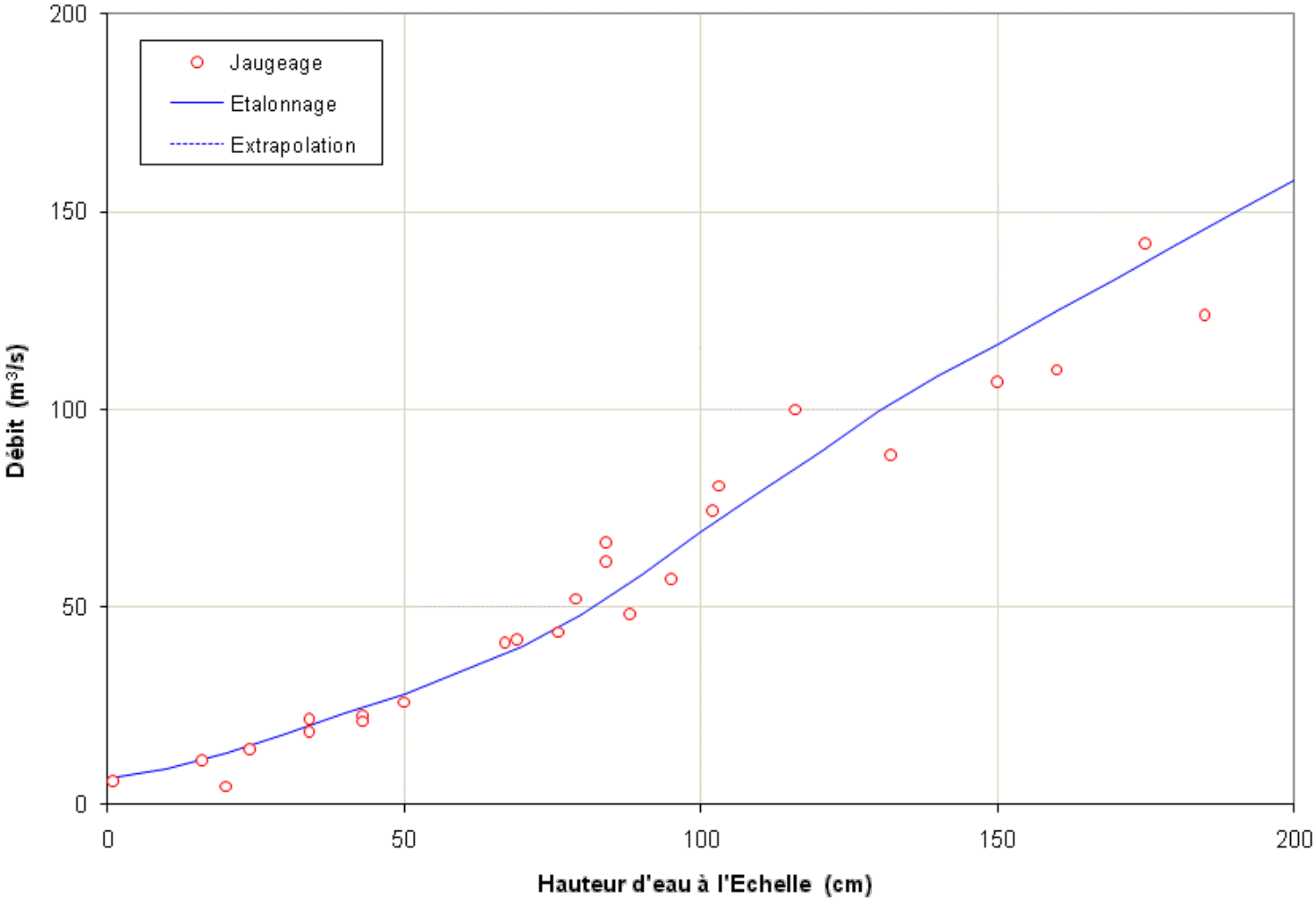


Figure 2

La Mpoko à Bossélé-Bali. Etalonnage des basses eaux

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Ombella à Bossélé (Pont au kilomètre 105 de la route Bangui-Bambari)

1 - Aspect géographique

La station de Bossélé (pont au kilomètre 105) est totalement isolée au milieu du piémont crypto-karstique oubanguien, le long de la route Bangui-Bambari. A cet endroit, le bassin versant de l'Ombella fait 3 020 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 05°10' de latitude Nord ;
- 018°52' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule GT.47, situé sur le mur en aile de la culée rive droite, coté amont. Son altitude est de 380,686 m (*IGN 1957*).

2 - Historique

La première station est installée le 7 septembre 1951. Elle comporte l'élément 0-1 m sur support en bois, l'élément 1-2 m cimenté sur la culée du pont, 2-3 m sur UPN de 80 et enfin les éléments 3-6 m également cimentés sur la culée.

Le 25 novembre 1966, l'élément 0-1 m, qui a disparu, est remplacé. La station est nettoyée et le rattachement altimétrique effectué.

Le zéro de la station est à l'altitude de 375,58 m (*IGN 1957*).

Le 19 janvier 1969, un élément négatif 9-10 m est mis en place.

Un limnigraphe OTT type *XX* est installé le 8 mars 1969 et mis en route le 17 du même mois.

La station est reconstruite le 3 janvier 1973, avec un décalage de 1 m en dessous de l'élément négatif (élément 9-10 m remplacé par un élément 1-2 m). D'après les jaugeages, il semblerait que, entre le 15 janvier 1973 et le 01 avril 1985 (date exacte inconnue) ces décalages soient effectivement de 2 m pour les éléments 1-2 m *mais de 3 m pour les éléments supérieurs*.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 indique ce qui a été observé sur l'Ombella.

Les observations ne sont pas de très bonne qualité et le manque d'observateur disponible a imposé très vite, aux hydrologues de l'ORSTOM, l'installation d'un limnigraphe.

- l'année 1953 est douteuse ;
- en 1954, les relevés sont faux depuis octobre ;
- les années 1957 à 1959 sont fausses, de même que 1961 et 1962 ;
- depuis avril 1963, les observations sont douteuses ;
- l'année 1966 est suspecte ;

- 1967 est douteux, sinon faux ;
- 1968 est faux depuis avril inclus ;
- 1969 serait bon ;
- le mois d'octobre 1970 est faux.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060705303-1 K**m 105 de la route Bangui-Bambari**
Rivière : Ombella
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1953	-	*	*	*	*	*	C	*	C	C	*	*
1954	C	C	C	C	*	*	*	C	C	C	-	-
1955	-	-	-	C	C	C	*	C	C	C	C	-
1956	-	-	*	C	*	-	-	-	-	-	-	-
1957												
1958												
1959												
1960												
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	C
1963	C	C	C	C	C	C	C	-	-	C	C	*
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1966	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1967	-	-	-	*	-	*	*	C	*	C	C	*
1968	C	C	C	C	C	*	C	*	C	-	C	C
1969	*	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	*	*	C	C	C	*	-	*
1971	C	*	*	C	C	*	*	*	C	*	*	*
1972	*	C	C	C	*	C	C	*	C	-	*	C
1973	C	C	C	C	C	C	*	*	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C

1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

Le tableau 2 donne les résultats des 40 mesures de débit effectuées par l'Orstom à cette station.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060705303-1 K**m 105 de la route Bangui-Bambari**
Rivière : Ombella
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)	Auteur
1	17/02/1953	- 38	9,70	
2	01/05/1953	- 64	6,80	
3	26/07/1953	8	20,0	
4	22/11/1953	62	28,0	
5	11/10/1954	308	84,0	
6	17/04/1955	- 45	10,0	
7	11/03/1956	- 22	14,2	
8	26/09/1960	132	46,3	
9	26/11/1966	86	31,1	*Oberlin*
10	17/06/1967	6	17,8	*Oberlin*
11	16/09/1967	201	57,3	*Ranc*
12	08/08/1968	54	26,0	*Randon*
13	09/08/1968	75	30,6	*Randon*
14	09/08/1968	85	34,1	*Randon*
15	09/08/1968	96	34,9	*Randon*
16	17/01/1970	- 30	11,8	
17	03/04/1970	- 85	5,92	
18	14/12/1970	8	15,0	*Callède*
19	15/04/1971	- 71	6,34	*Callède*
20	28/04/1971	- 94	4,08	*Callède*
21	18/11/1971	- 30	10,5	*Yakon*

22	18/11/1971	- 30	10,2	*Yakon*
23	11/04/1972	- 107	3,27	*Arquisou*
24	10/05/1972	- 111	2,80	*Callède*
25	05/01/1973	- 88	4,73	*Mailhac*
26	01/02/1974	- 110	3,27	*Arquisou*
27	08/03/1974	- 119	1,91	
28	08/01/1975	- 106	3,65	*Yakon*
29	01/04/1985	80	2,11	
30	12/02/1987	97	3,14	
31	22/04/1987	112	4,80	
32	24/04/1987	114	10,2	
33	29/04/1987	105	4,44	
34	20/11/1987	148	7,20	
35	08/04/1988	74	1,71	
36	25/09/1988	658	98,4	
37	01/10/1988	613	85,0	
38	28/10/1988	490	67,0	
39	15/12/1988	199	16,0	
40	27/03/1990	81	2,20	

5 - Étalonnage

Un seul étalonnage a été établi, valable de 1953 à 1975. Les relevés de 1973 à 1975 ont été recalés avant saisie informatique.

La courbe de tarage a été tracée avec les hauteurs d’eau des jaugeages 1985-1990 corrigées comme indiqué au paragraphe 2.

La station est apparemment stable, mais avec une nette dispersion des points de mesure (figures 1 et 2).

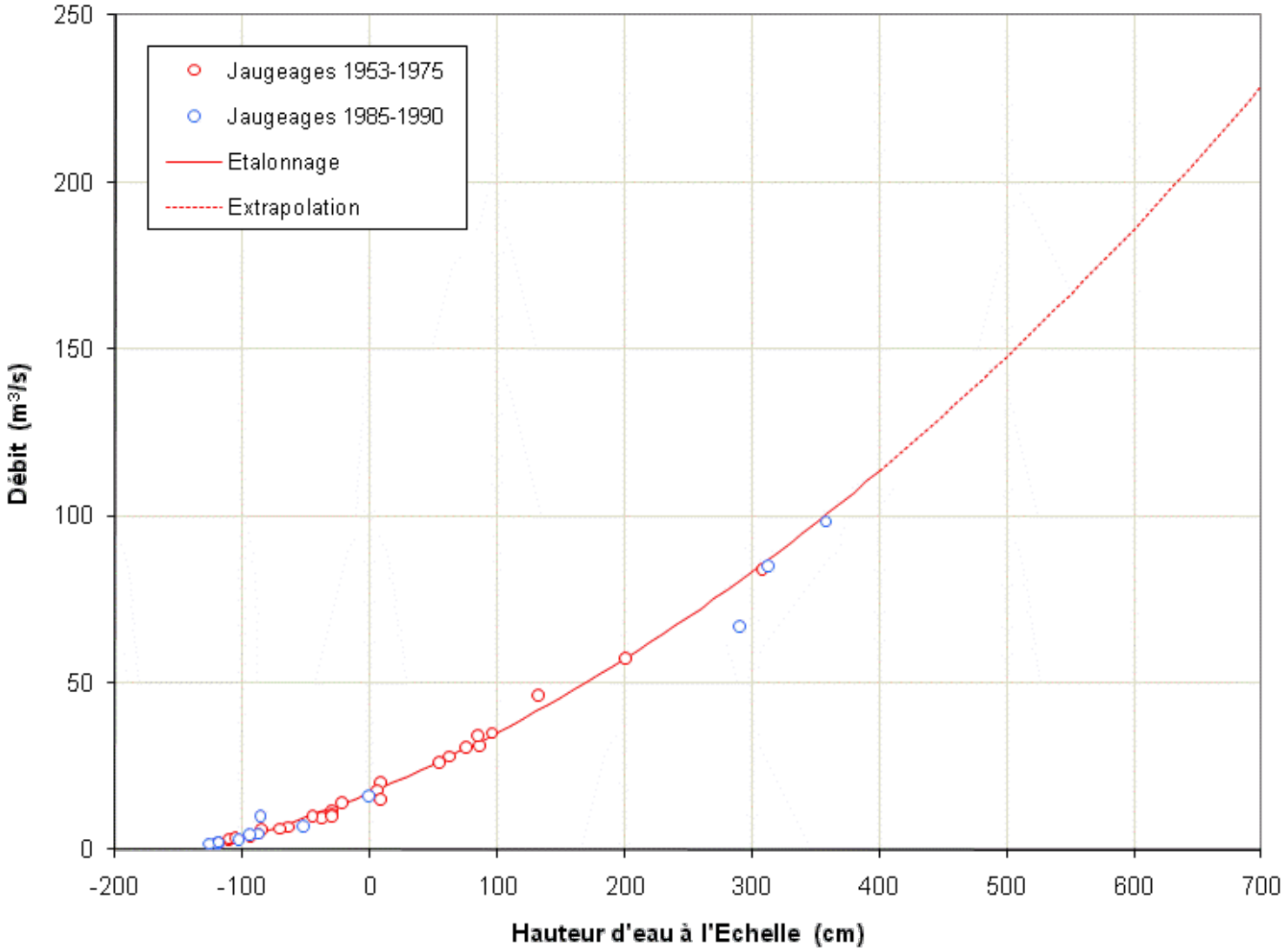


Figure 1

L'Ombella à Bossélé (km 105): Etalonnage général

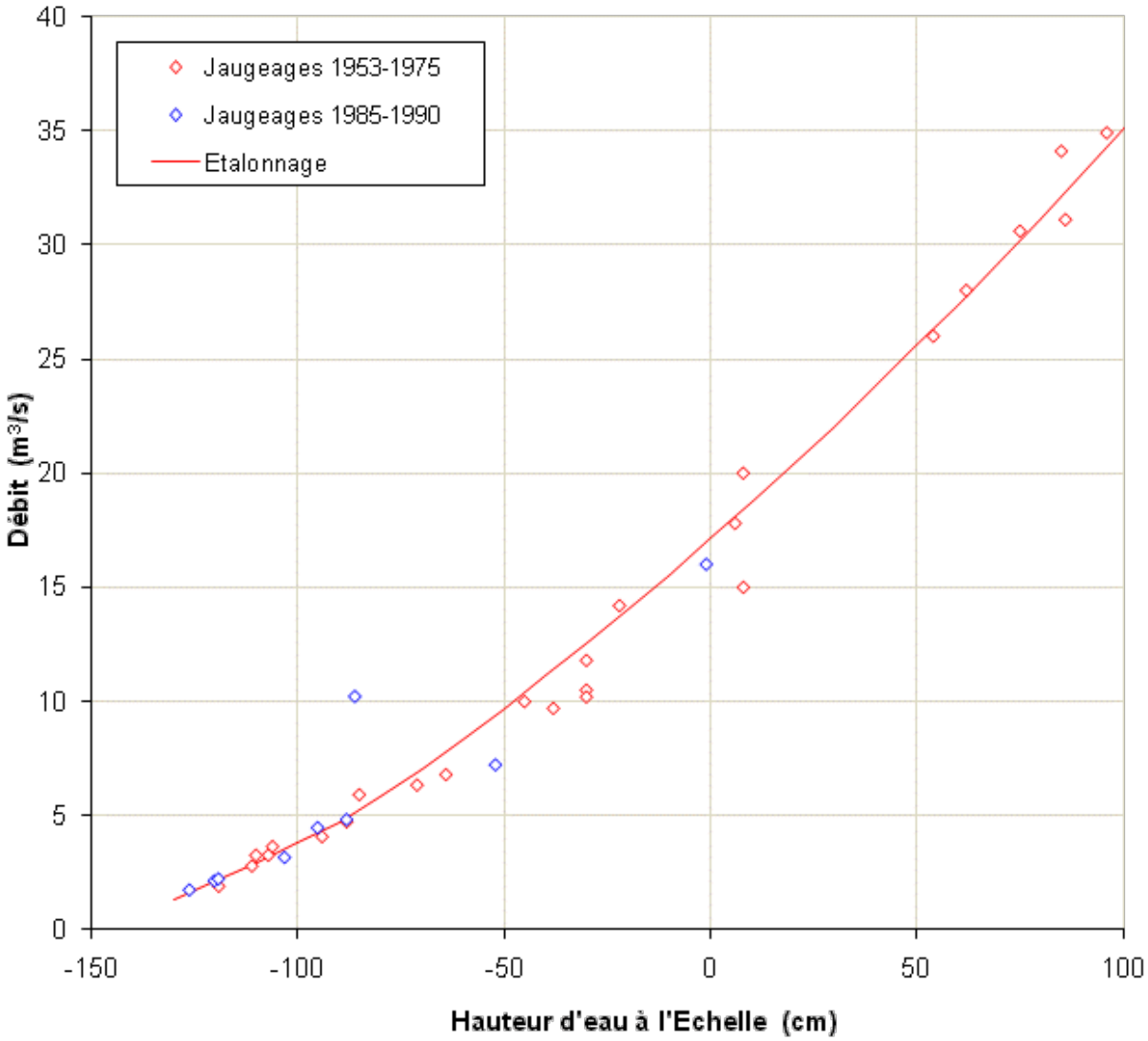


Figure 2

L'Ombella à Bossélé (km 105): Etalonnage des basses eaux

Retour en haut du document

Liste des stations

La Mpoko à Boudélé

1 - Aspect géographique

La station se trouve à l'emplacement de l'ancien bac (disparu depuis 30 ou 35 ans) de la route Bodoupa-Bogangolo. Elle contrôle un bassin versant de 3 670 km².

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°38' de latitude Nord ;
- 017°49' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude 551 m).

2 - Historique

La station est installée le 14 décembre 1966. Elle se situe 20 m en aval du bac, en rive droite.

Elle est constituée d'un seul élément 1-2 m, provisoire. Une borne hydrologique (disque de béton dégagé sur le socle du support de câble du bac, en rive droite, coté ancrage) est 5,81 m plus haute que le zéro de la station.

La station est abandonnée faute de lecteur.

3 - Relevé de hauteur d'eau

Il n'existe aucun relevé de hauteur d'eau.

4 - Jaugeages

Un seul jaugeage est effectué, au moment de l'installation de la station :

- 14 décembre 1966 : h = 1,97 Q = 39,3 m^3/s.

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Kotto à Bria

1 - Aspect géographique

A Bria, la Kotto a reçu, depuis le bac de Yalinga, les apports du Njii (ou *Ndji*) et du Boungou. Son bassin versant est de 60 590 km^2.

La station est située 100 m en amont du bac de la route Bria-Ouadda, coté Bria (rive droite).

Ses coordonnées géographiques sont :

- 06°32' de latitude Nord ;
- 022°00' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule F.ab.24, situé sur le soubassement de la station météorologique. Son altitude est de 583,045 m (*IGN 1956*).

2 - Historique

La station est installée le 24 avril 1954, avec une borne hydrologique située 5,43 m plus haut que le zéro des éléments.

Elle est constituée de 5 éléments sur UPN de 80.

La station est remise en état (éléments 0-1 m et 2-3 m) le 11 mars 1965. La dénivelée "Zéro-Borne" est de 5,45 m, valeur contrôlée à nouveau le 8 décembre 1967.

Le 31 août 1971, la station est rattachée à la référence altimétrique. Le Zéro de la station est : 553,62 m (*IGN 1956*).

Borne hydrologique : 559,08 m (*IGN 1956*) (la dénivelée *Zéro-Borne* est maintenant de 5,46 m).

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

La station a été assez régulièrement observée depuis son installation, comme l'indique le tableau 1.

Malheureusement, la qualité des observations n'est pas très bonne.

- en 1956, il y une « crue » les premiers jours de juillet et d'octobre ;
- en 1959, les relevés sont très douteux, voire faux ;
- il y a une « décrue » de 13 cm entre le 31 décembre 1962 et le 1er janvier 1963 alors que d'un jour à l'autre la baisse du niveau de la Kotto est de 2 cm ;
- janvier et février 1965 sont faux (les observations n'ont pas été enregistrées dans la Banque de données HYDROM) ;
- de même, l'année 1967 et janvier à juillet 1968 ont été éliminés car faux ; ils ne figurent pas dans la Banque de données HYDROM.

Les observations ont été effectuées par l'ORSTOM jusqu'en 1971, et ensuite par les *Travaux publics* centrafricains à partir de cette année là.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060701804-1 **Bria**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1954	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1955	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1956	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	*
1957	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1958	*	C	C	C	C	C	C	C	*	*	*	C
1959	C	*	*	C	C	*	C	C	C	C	C	*
1960	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1963	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1965	*	-	*	C	C	C	C	*	C	C	C	*
1966	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1967												
1968	*	-	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C
1969	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

15 jaugeages ont été effectués à Bria et les résultats de ces mesures sont donnés par le tableau 2.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060701804-1 **Bria**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	24/04/1954	50	80,0

2	08/04/1963	88	113
3	27/01/1964	68	104
4	07/12/1967	139	206
5	15/09/1968	365	621
6	16/02/1969	62	92,5
7	15/01/1970	89	113
8	28/03/1970	69	104
9	23/01/1971	72	106
10	17/04/1971	60	81,7
11	01/09/1971	384	651
12	21/09/1972	258	403
13	22/09/1972	255	394
14	06/04/1973	47	75,0
15	12/01/1987	-109	43,8

Il est dommage de ne pas avoir d'autres mesures en très basses eaux, entre +49 et -109 cm. Ceci aurait permis de mieux préciser la relation hauteur-débit dans cet intervalle de hauteur d'eau, bien que pour la période 1954-1975, la hauteur d'eau de la Kotto ne soit jamais descendue en dessous de 0,20 m. Il est bien probable qu'entre 1973 et 1987 la station ait été décalée de 1 m : le jaugeage n°15 correspondrait alors à la cote -0,09 m.

Cette station est intéressante car elle est située à l'aval du bassin gréseux de Ouadda (dont les réserves hydrogéologiques sont importantes).

5 - Étalonnage

Un seul étalonnage a été établi. Il est valable depuis 1954. L'extrapolation des hautes eaux est importante : le plus fort jaugeage a été effectué avec une hauteur d'eau de 3,84 m tandis que l'étalonnage va jusqu'à 6,00 m.

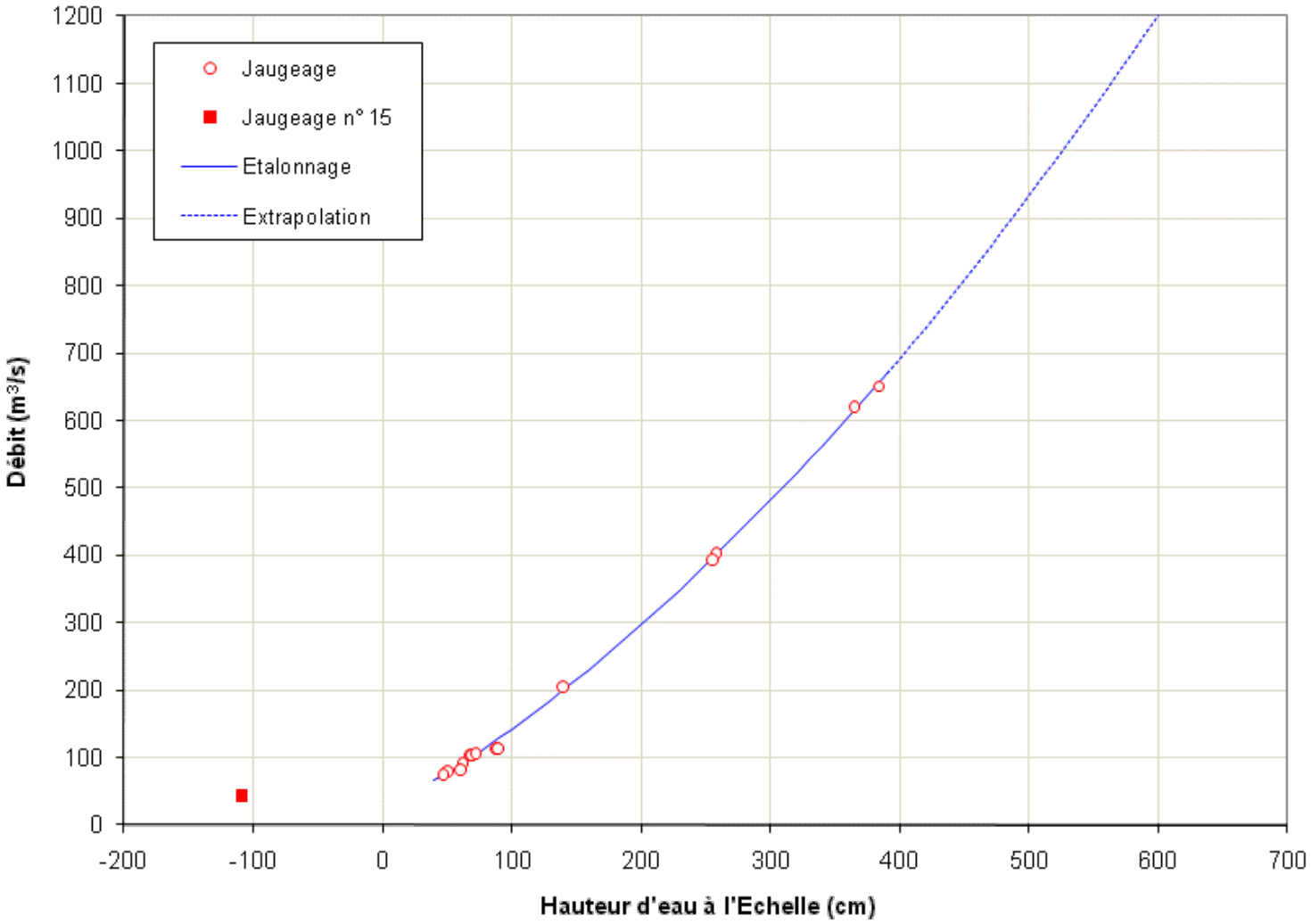


Figure 1

La Kotto à Bria. Etalonnage général

[Retour en haut du document]

Liste des stations

La Ouara à Dembia

1 - Aspect géographique

La Ouara, longue de 528 km, est un affluent de rive droite du Mbomou. Elle draine un bassin versant de 19 590 km² à Dembia.

La station hydrométrique de Dembia est située au droit du bac de la route Bangassou-Zémio, en rive gauche. Malheureusement il n'y a que 300 m entre le bac et le confluent : de ce fait, la station est influencée par le niveau du Mbomou.

Les coordonnées géographiques sont :

- 05°06' de latitude Nord ;
- 024°27' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule RS.47, d'altitude 539,173 m (*IGN 1959*) scellé dans une borne.

2 - Historique

La station est installée le 7 juillet 1953, avec pose des éléments de basses eaux le 21 décembre de la même année. Elle est constituée de 5 éléments (0-1 m, 1-2 m, 2-4 m, 4-6 m et 6-8 m) sur supports métalliques.

Le rattachement altimétrique est effectué le 4 avril 1967 et contrôlé le 21 juillet de la même année.

L'élément 6-8 m est remplacé le 31 août 1968. Le 13 janvier 1969, ce sont les éléments 2-4 m et 4-6 m qui sont remplacés.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Comme l'indique le tableau 1, la station a été assez régulièrement observée jusqu'à fin 1969, date à laquelle nous avons cessé d'observer une station où la relation hauteur-débit était imprécise du fait de l'influence du niveau du Mbomou. Ces observations sont recommencées en 1972, cette station étant officiellement prise en charge par les *Travaux publics* centrafricains.

La qualité des observations est, dans l'ensemble, satisfaisante bien qu'un peu imprécise (l'observateur ne sait pas bien lire les centimètres sur l'échelle limnimétrique).

Quelques mois sont à éliminer car faux. Il s'agit de :

- avril et mai 1957 ;
- février 1958 ;
- novembre 1967.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702805-1 **Dembia**

Rivière : Ouara
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1953	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C	C	*
1954	C	*	*	*	*	C	C	C	C	C	C	C
1955	C	*	*	*	C	C	C	*	C	C	C	*
1956	C	-	C	-	*	C	C	C	C	C	C	C
1957	C	C	C	*	-	-	C	C	C	C	C	C
1958	C	*	C	C	C	C	*	C	C	*	C	*
1959	C	C	C	C	C	*	*	C	C	C	C	*
1960	-	C	C	-	*	*	C	C	-	*	*	C
1961	*	-	C	C	C	C	C	C	C	-	*	C
1962	*	*	-	*	C	C	C	C	C	-	-	*
1963	C	-	*	-	C	C	C	*	C	C	C	C
1964	C	-	-	*	*	C	C	C	C	C	C	C
1965	*	*	-	-	-	*	C	C	C	C	*	*
1966	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	*	C
1967	C	*	C	C	C	C	C	C	C	*	-	*
1968	*	C	C	*	C	C	C	*	C	C	C	C
1969	*	C	C	C	C	C	C	*	C	C	*	*
1970												
1971												
1972	-	C	*	*	C	C	C	-	C	*	C	*
1973	C	C	C	C	C	C	*	*	C	*	C	C
1974	C	*	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	*	*	*	C	*	C	-	-	-	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

19 jaugeages ont été effectués à Dembia. Les résultats figurent dans le tableau 2.

La station étant influencée par le niveau du Mbomou, la dispersion est importante, comme l'indique la figure 1

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702805-1 **Dembia**
Rivière : Ouara
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	07/07/1953	120	81,0
2	15/07/1953	246	160
3	25/12/1953	72	36,0
4	12/08/1954	296	191
5	09/09/1954	476	354
6	05/06/1960	125	39,4
7	15/04/1962	134	41,0
8	17/06/1963	315	129
9	25/08/1963	411	191
10	12/11/1965	509	267
11	04/03/1967	47	14,7
12	21/07/1967	256	163
13	30/08/1968	463	291
14	31/08/1968	457	277
15	13/01/1969	185	57,0
16	23/02/1987	37	11,6
17	12/01/1989	46	9,40
18	05/03/1990	3	3,40
19	09/06/1990	90	21,3

5 - Étalonnage

G. Oberlin, puis J. Callède, ont essayés de traiter la station comme étant non-univoque, en utilisant les hauteurs d'eau du Mbomou soit à Zémio soit à Bangassou. Les résultats ont été décevants, ce qui a justifié l'abandon de la station en 1970.

S. Pieyns a préféré considérer la station comme instable et a établi deux étalonnages :

- l'étalonnage n° 1 est valable du 01 janvier 1953 au 31 décembre 1959 ;
- l'étalonnage n°2 est valable à partir du 01 janvier 1960.

Compte tenu des difficultés pour traiter la station comme non-univoque, nous nous sommes ralliés à la solution de S. Pieyns.

Les étalonnages sont donnés en figure 1.

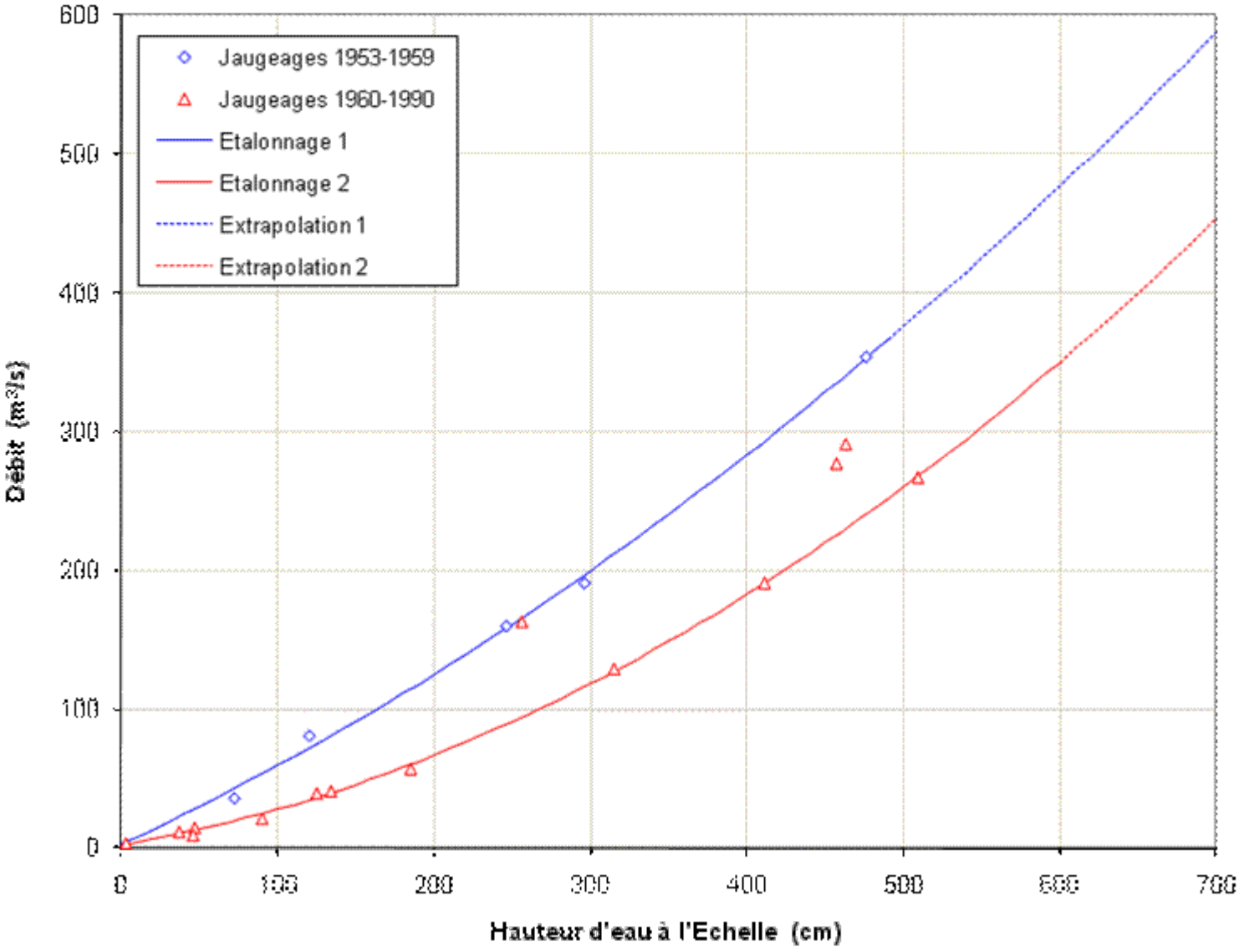


Figure 1

La Ouara à Dembia. Etalonnage général

[Retour en haut du document]

Liste des stations

La Ngoangoa à Djéma

1 - Aspect géographique

Cette station n'est observée qu'à partir de 1973.

Affluent de la Ouara, la Ngoangoa a un bassin versant de 7 580 km^2 à la station hydrométrique de Djéma, située à 61 km du confluent de ces deux rivières.

Les coordonnées géographiques sont :

- 06°03' de latitude Nord ;
- 025°19' de longitude Est.

Référence altimétrique : il n'y a pas de référence altimétrique (altitude de l'ordre de 570 m).

La station est située au bac de la route Djéma-Dembia, en rive gauche.

2 - Historique

La station est installée et exploitée par les *Travaux publics* centrafricains, le 21 février 1971.

Elle est constituée des éléments 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m, 4-5 m et 5-6 m montés sur UPN de 80.

Une borne hydrologique, située en rive gauche sur le bord de la route, à 8 m de l'élément 5-6 m, se trouve 6,08 m plus haute que le zéro de la station.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne l'inventaire des relevés de hauteur d'eau qui existent dans la banque de données HYDROM.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060704005-1 **Djéma**
Rivière : Ngoangoa
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	C	C	C	C	C	-	C	C	C	C	-	C
1974	C	C	C	C	C	-	C	C	*	*	-	-
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Les relevés, parfois fragmentaires, paraissent corrects.

4 - Jaugeages : néant

5 – Etalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Dongo (RDC)

1 - Aspect géographique

La station est située à 109 km en aval de Mongoumba. Elle est installée dans la crique située en amont des anciennes installations de M. Wherlen.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 02°43' de latitude Nord ;
- 018°24' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant.

2 - Historique

La station aurait été installée en 1935.

Elle est abaissée de 2,09 m le 30 août 1953 afin de la mettre en concordance avec une station installée en rive droite, le 11 avril 1952, par les baliseurs des *Voies navigables* de l'ex-AEF. Cette station congolaise était elle-même en concordance avec une autre située 23 km en aval, à la plantation de café de Boyélé (et dont nous n'avons aucune trace en archives).

Son zéro se situe à 9,01 m sous le repère A, matérialisé contre le soubassement, côté Oubangui, de l'huilerie située en aval de la station.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Nous ne disposons que des observations figurant dans l'*Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi* et seulement pour quelques années, alors que les observations ont commencé en 1935.

- année 1951 : octobre (du 5 au 31), novembre, décembre ;
- année 1952 : janvier (du 1er au 24), juin (du 5 au 30), juillet à décembre (relevés signalés douteux par l'*Annuaire*, à cause du décalage de la station) ;
- année 1953 : janvier (du 8 au 31), février (du 1er au 18 et du 25 au 28), mars à novembre, décembre (du 1er au 21) ;
- année 1957 : janvier (du 1er au 10), février à mai, juillet (du 9 au 31), août à décembre ;
- année 1958 : janvier, mai (du 20 au 31), juin, juillet, août (du 1er au 20), septembre (du 9 au 30), octobre à décembre ;
- année 1959 : janvier, avril à décembre.

Les observations sont correctes dans l'ensemble.

4 - Jaugeages *:* néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Dongou

1 - Aspect géographique

La station de Dongou est située à 89 km en aval de Dongo, immédiatement en amont de la pointe rocheuse.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 02°02' de latitude Nord ;
- 018°03' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant.

2 - Historique

Une première station a dû être installée en 1937.

Il est signalé que, le 12 avril 1950, une nouvelle station est mise en place « à l'emplacement de celle de l'année précédente ».

Elle comporte :

- un élément de hautes eaux, de 4 m à 7,95 m ;
- un élément de basses eaux, de -0,20 m à 5 m.

Le zéro de cette station correspond à la cote 0,21 m de la station de 1949.

Une borne hydrologique, en ciment, donne une dénivelée de -10,35 m avec le zéro de cette station de 1950.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Les documents indiquent que des relevés ont été effectués de 1937 à 1943, sans que ceux-ci figurent dans nos archives. Nous ne possédons que :

- année 1948 : mois de mai et juin;
- année 1949 : mois de mai (le 1er manque), juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre (où il manque les observations du 7 au 31);
- année 1950 : mois d'avril (sauf du 1er au 11), mai et juin (où il manque les observations du 28 au 30).

Ces observations sont cohérentes.

4 - Jaugeages *:* néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Mbari à Fodé

1 - Aspect géographique

Cette station contrôle un bassin versant de 13 900 km^2. Elle est située à 27 km en aval du confluent Mbari-Zako.

Elle se trouve au bac de la route Bangassou-Yalinga-Bakouma.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°29' de latitude Nord ;
- 023°19' de longitude Est.

Référence altimétrique : borne de nivellement général, matricule FR.23, située au bord de la route, côté Ouest et à 50 m de la rive droite du Mbari. Le repère de nivellement général, scellé dans la borne, est à l'altitude 507,23 m. Le sommet de la borne est à 507,64 m tandis qu'un rivet (sur la base de la borne) est à 507,14 m. Malheureusement nous ignorons quelle référence altimétrique a été utilisée lors du rattachement en altitude de la station.

2 - Historique

La station est installée, le 26 février 1971, par les *Travaux publics* centrafricains.

Le zéro de la station est à 8,17 m sous la référence altimétrique (mais laquelle ?).

En novembre 1972, la station est indiquée détruite. Les relevés reprennent en juillet 1973, sans aucune précision sur le calage altimétrique de la station.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

La station est observée par les *Travaux publics* centrafricains.

Le tableau 1 montre qu'il existe de nombreuses lacunes dans les relevés.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702205-1 **Fodé**
Rivière : Mbari
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971	-	*	C	C	*	-	-	-	-	-	-	-
1972	*	*	C	*	*	C	C	*	*	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	*	C	*	*	*	C
1974	C	C	-	-	C	C	*	*	*	*	*	C

1975	*	C	*	C	*	-	-	-	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

En 1973, juillet-août sont faux (la cote à la station passe de 1,54 m le 31 juillet à 0,10 m le 1er août). Novembre-décembre sont également faux : la cote passe de 1,19 m le 30 novembre à 1,79 m le 1er décembre. De même, il a été indiqué une cote de 0,82 m le 31 décembre et 0,51 m le 1er janvier 1974.

4 - Jaugeages : néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Impfondo

1 - Aspect géographique

La station d'Impfondo se trouve à 49 km en aval de Dongou.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 01°37' de latitude Nord ;
- 018°04' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant.

2 - Historique

La première station est installée par la mission Roussilhe en 1910, date des premiers relevés (Roussilhe, 1913).

Plusieurs stations se sont succédées, la dernière connue en archives datant du 29 avril 1949. Ce jour-là, des éléments en aluminium sont cloués sur les anciens qui étaient en bois peint. La station est constituée d'un élément de basses eaux et d'un élément de hautes eaux. Le décalage altimétrique entre ces 2 éléments est pratiquement nul, une erreur initiale dans le calage de l'élément de hautes eaux ayant été corrigée le 4 août 1949.

Un repère hydrologique est constitué par « le dessous du culot d'une cartouche de fusil » (le calibre n'est pas indiqué ...) scellée dans la partie supérieure du Pilier astronomique d'Impfondo. La dénivelée avec le zéro de la station est de -11,12 m. Par rapport à la plate-forme en ciment qui constitue la partie inférieure dudit Pilier, la dénivelée est de -10,04 m.

Remarque :

L'*Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi* (Devrœy, 1948-1959) indique que le zéro de la station serait à l'altitude de 336,12 m.

Cette valeur est erronée : elle correspond exactement à l'altitude du zéro de la station de Bangui. D'ailleurs, à la frontière Centrafrique-Congo, l'altitude la plus basse de l'Oubangui est 325 m.

Un document nous indique les décalages « approximatifs » des zéros des diverses stations antérieures à 1949, par rapport à cette dernière :

- du 1er juin au 9 août 1937 : +6 cm ;
- du 10 août au 12 décembre 1937 : - 4 cm ;
- du 13 décembre 1937 au 1er février 1938 : +6 cm ;
- du 2 février au 27 juillet 1938 : - 9 cm ;
- du 28 juillet au 10 décembre 1938 : - 25 cm
- du 11 décembre 1938 au 16 avril 1939 : - 9 cm ;
- du 16 avril au 3 septembre 1939 : décalage inconnu ;
- du 3 septembre 1939 au 1er juillet 1942 : +1 cm ;
- du 2 juillet au 23 juillet 1942 : - 23 cm ;
- du 24 juillet au 23 novembre 1942 : - 25 cm ;
- du 24 novembre 1942 au 16 juillet 1943 : - 23 cm ;
- du 17 juillet au 1er août 1943 : décalage inconnu ;
- du 2 août au 9 août 1943 : - 16 cm ;
- du 10 août au 23 novembre 1943 : - 25 cm ;
- du 24 novembre 1943 au 18 août 1944 : - 16 cm ;
- du 19 août au 12 décembre 1944 : - 25 cm ;

- du 13 décembre 1944 au 16 mars 1945 : - 16 cm ;
- du 17 mars au 16 mai 1945 : décalage inconnu ;
- du 16 mai au 20 août 1945 : - 26 cm ;
- du 21 août au 13 décembre 1945 : - 6 cm ;
- du 14 décembre 1945 au 1er mai 1946 : - 9 cm ;
- du 2 au 15 mai 1946 : décalage inconnu ;
- du 16 mai au 4 août 1946 : - 20 cm ;
- du 5 août au 30 novembre 1946 : - 25 cm ;
- du 1er au 31 décembre 1946 : décalage inconnu ;
- du 1er janvier au 30 avril 1947 : - 20 cm.

Lors de l'installation de la station, le 29 avril 1949, il a été constaté un décalage de - 28 cm entre la nouvelle station et l'élément de basses eaux de l'ancienne (la nouvelle étant 28 cm plus basse). Ce décalage est de - 38 cm pour l'élément de hautes eaux.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

La station a été observée en 1910, 1912, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945 et 1946 sans que nous ne possédions ces relevés dans nos archives.

Nous avons seulement :

- année 1947 : janvier à avril, 1er de juillet ;
- année 1949 : avril (du 25 au 29), mai (du 11 au 31), juin à octobre ;
- année 1950 : avril (du 8 au 30), mai à juillet, août (du 1er au 13).

Les observations sont de bonne qualité.

4 - Jaugeages

Aucun jaugeage n'a été effectué directement à cette station. Mais, vers 1964, les *Voies navigables* décidaient de confier à *Électricité de France* (Laboratoire national d'hydraulique de Chatou) les études pour l'amélioration de la navigation dans le voisinage de l'île de Boburu, soit de 15 à 25 km en aval d'Impfondo (EDF, 1966).

À cet effet, 4 campagnes de mesures de débit ont été réalisées par l'ORSTOM en 1964 et 1965. Nous possédons en archives les résultats de 3 de ces campagnes. Les jaugeages ont été rattachés à 2 stations provisoires (H1 et H2) et, en décembre 1964, des relevés ont également été faits sur la station d'Impfondo, ce qui a permis d'y rattacher H1 et H2.

Ramenés à la cote à la station d'Impfondo, les résultats de ces jaugeages sont :

- 5 et 6 février 1964 : h = 1,16 m Q = 2 540 m³/s ;
- 8 au 10 février 1964 : h = 1,05 m Q = 2 430 m³/s ;
- 4 et 5 décembre 1964 : h = 5,21 m Q = 10 400 m³/s ;
- 6 au 12 décembre 1964 : h = 4,79 m Q = 9 210 m³/s ;
- 14 au 16 janvier 1965 : h = 2,08 m Q = 3 880 m³/s ;
- 17 et 18 janvier 1965 : h = 1,97 m Q = 3 590 m³/s.

5 - Étalonnage

La figure 1 donne l'esquisse de la courbe de tarage.

L'historique de la station, de 1950 à 1964, étant inconnu, il n'a pas été possible d'effectuer la conversion hauteur-débit du maigre échantillon dont nous disposions.

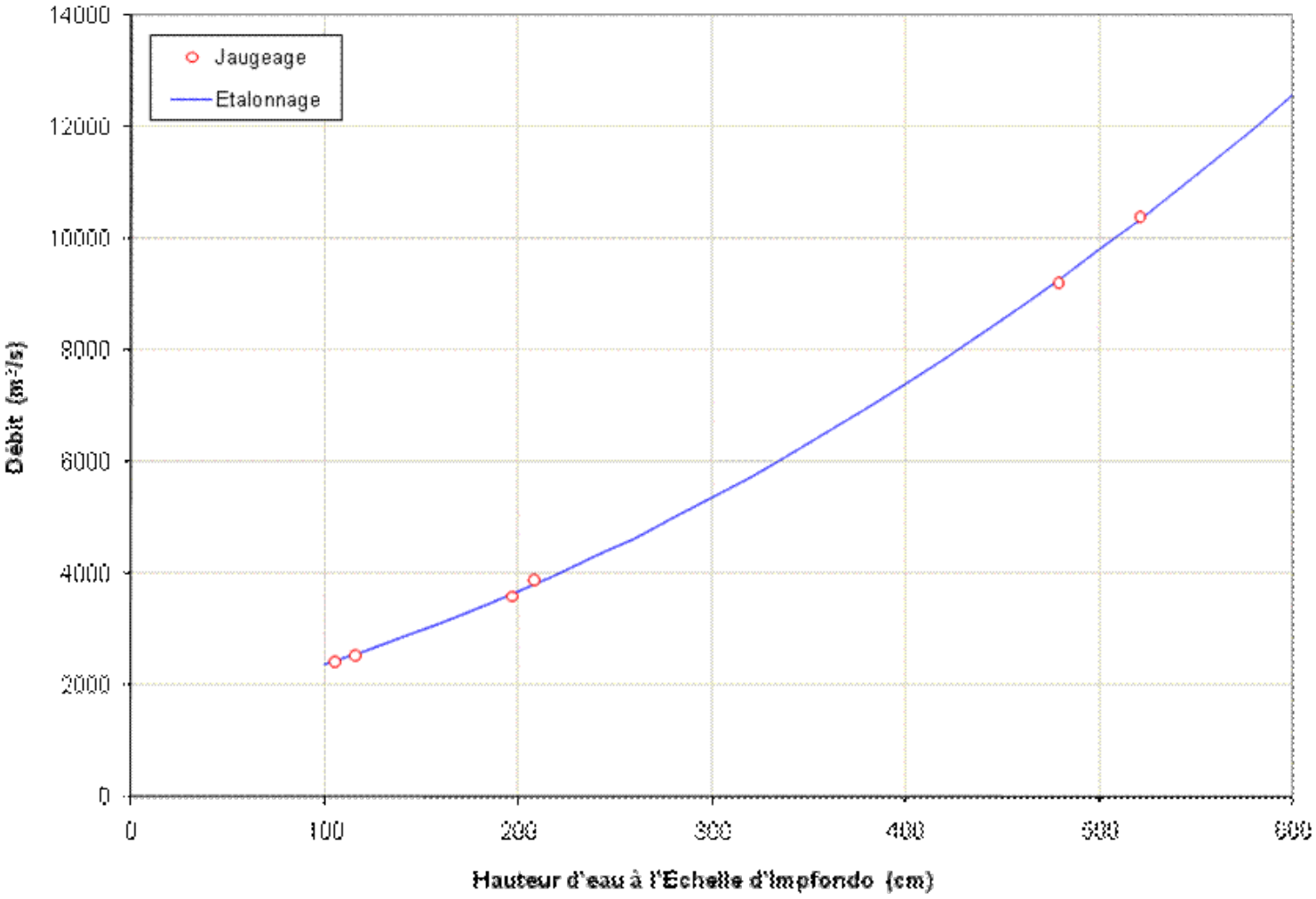


Figure 1

L'Oubangui à Impfondo. Etalonnage général

Retour en haut du document

Liste des stations

La Kotto à Ira - Banda

1 - Aspect géographique

Cette station est située 82 km en aval de Bria et contrôle un bassin versant de 70 430 km^2, la Kotto ayant reçu les apports de la Banga.

Elle se trouve au bac de l'ancienne piste Bakouma-Ippy, coté amont et en rive droite.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°56' de latitude Nord ;
- 022°08' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (le bac serait entre les altitudes 543 et 536 m).

2 - Historique

La station est installée le 13 janvier 1970 par l'ORSTOM, pour le compte des *Travaux publics* centrafricains. A cette époque, ceux-ci étudiaient une liaison routière Bambari-Bakouma pour l'exploitation du gisement uranifère de Bakouma. Un pont sur la Kotto était prévu 15 km plus en aval, sur les rapides de Ngolo (soubassement rocheux et vallée rétrécie).

Elle est constituée par 6 éléments, tous sur UPN de 80.

Une borne hydrologique, près de l'élément 5-6 m, se trouve 6,25 m au-dessus du zéro de l'échelle.

La station est visitée le 14 avril 1975, avec remise en état de l'élément 0-1 m.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

La Banque de données Hydrom possède les relevés des observations de 1970 à 1975.

Il y a quelques mois manquants. Les observations, effectuées par les *Travaux publics*, sont satisfaisantes.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060701807-1 **Ira-Banda**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	*	C	C	C	C	C	C	-	-	-	-	-
1971	-	*	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C
1972	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

1974	*	-	-	-	-	*	C	C	C	C	C	*
1975	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

Seulement 2 jaugeages ont été effectués sur cette station, dont voici les résultats :

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060701807-1 **Ira-Banda**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)	Auteur
1	13/01/1970	90	133	*Gréard*
2	01/04/1970	58	90,4	*Gréard*

5 - Étalonnage :

Le nombre de jaugeage est insuffisant pour pouvoir esquisser tout étalonnage.

Retour en haut du document

Liste des stations

La Lobaye à Kédingué - Yawa

1 - Aspect géographique

La station est située au bac sur la Lobaye, sur la route Bangui-Boda-Carnot. À cet endroit, le bassin versant de la Lobaye est de 11 170 km².

Les coordonnées géographiques sont :

- 04°21' de latitude Nord ;
- 017°04' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule GU.58, d'altitude 521,680 m (*IGN 1956*), situé au village de Kédingué-Yawa.

2 - Historique

La station est installée par l'ORSTOM en août 1957 et les lectures commencent le 17 septembre de la même année. Les éléments vont de 2 à 7 m, la cote 200 cm correspondant au zéro de la station.

Le 12 décembre 1963, il est constaté que le support de l'élément 4-5 m a été renversé par un arbre et que les éléments 3-4 m, 5-6 m et 6-7 m sont décalés entre eux de quelques centimètres.

Le 14 février 1965, il est noté que la station est à reprendre complètement et que l'observateur ne travaille pas sérieusement (relevés envoyés avant la fin du mois).

La station est remise en état le 21 juin 1965, les éléments 3 à 6 m sont remplacés par des éléments 1 à 4 m en se servant, pour le calage, de l'ancien élément 5-6 m. L'élément 0-1 m n'est pas installé (trop d'eau).

Le 16 août 1966, il est constaté que la station a été endommagée par le bac et que les éléments 1-2 m et 2-3 m sont tordus. Un nivellement de contrôle est effectué le 17 août. À cette date, les éléments 1-2 m et 2-3 m sont réinstallés. Un repère hydrologique provisoire est mis en place : c'est un clou enfoncé à 1,5 m du sol dans l'arbre sur lequel est attaché le câble du bac, en rive gauche. La dénivelée entre ce clou et la cote 1,00 m est de 2,723 m (il n'y a toujours pas d'élément 0-1 m). Les éléments 3-4 m et 4-5 m, de 1965, sont en bon état.

Les 19 et 20 février 1967, l'élément 2-3 m est scellé. Une borne hydrologique est installée à 2 m du pied du premier manguier, sur le côté droit de la route (en allant du bac vers Kédingué-Yawa), soit à 100 m environ de la station et à 6 m de la route. Cette borne est rattachée au repère GU.58 : son altitude est de 468,78 m (*IGN 1956*). La borne est à 8,12 m au-dessus de la cote 1,00 m, ce qui donne l'altitude du zéro de la station à 459,66 m (*IGN 1956*).

Le 10 mai 1967, l'élément 0-1 m est enfin posé. Il disparaîtra le 9 février 1972 et sera remplacé le 19 avril de la même année.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 indique que les relevés de hauteur d'eau, à Kédingué-Yawa, sont fractionnaires et incomplets.

Tableau 1- Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702012-1 **Kédingué-Yawa**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C

1958	C	C	C	C	C	C	*	C	C	*	C	C
1959	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C	-
1960	-	-	C	C	C	*	C	C	*	C	C	C
1961	C	C	C	*	C	C	-	C	C	*	C	*
1962	C	C	C	C	*	C	C	C	*	*	C	*
1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1964												
1965	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*	*	*
1966	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1967	*	*	-	-	*	*	*	*	C	*	*	-
1968	*	*	*	*	*	*	*	C	C	C	C	C
1969	C	-	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	C	C	C	C	*	*	C	C	C	C	C	C
1972	C	*	-	*	C	C	C	C	-	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	C	-
1975	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

De plus, bon nombre d'observations sont fausses ou pour le moins douteuses :

- « décrue » entre le 30 septembre et le 1er octobre 1957 ;
- l'année 1961 n'est pas de bonne qualité ;
- l'année 1962 est plus que douteuse, tout comme 1963 ;
- relevé de septembre 1965 posté le 26 ... avec le mois complet ;
- février-mars 1966 douteux ;
- « décrue » entre le 30 novembre et le 1er décembre 1966 ;
- "décrue" entre le 31 janvier et le 1er février 1968 ;
- le mois de mars 1969 paraît bien fort ;
- « décrue » entre le 30 novembre et le 1er décembre 1970 ;
- « crue » entre le 30 juin et le 1er juillet 1973 ;
- « crue » entre le 31 décembre 1973 et le 1er janvier 1974.

Malgré tout, il y a une corrélation certaine avec les stations plus en aval (Mbata).

Depuis 1971, la station est observée par les *Travaux publics* centrafricains.

4 - Jaugeages

Les résultats des 23 jaugeages à la station figurent dans le tableau 2.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702012-1 **Kédingué-Yawa**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	02/07/1952	332	105
2	17/09/1957	432	181
3	31/10/1957	427	194
4	25/01/1958	345	116
5	02/07/1958	332	102
6	26/08/1958	398	162
7	08/06/1959	334	116
8	15/09/1960	409	178
9	14/12/1960	399	157
10	12/12/1963	358	129
11	17/08/1966	196	152
12	24/08/1966	215	179
13	19/02/1967	136	116
14	06/05/1967	114	94,0
15	10/05/1967	98	73,1
16	21/04/1968	130	98,2
17	11/11/1968	234	192
18	01/04/1969	126	103
19	05/01/1970	151	116
20	19/11/1970	196	161
21	17/04/1971	115	95,0
22	01/04/1987	52	51,5
23	05/10/1989	221	163

5 - Étalonnage

La figure 1 montre qu'il y a une certaine dispersion dans les mesures, surtout en hautes eaux.

L'extrapolation des hautes eaux est un peu forte, le barème allant jusqu'à 3,60 m tandis que le jaugeage le plus haut est à 2,34 m. Les basses eaux sont bien définies.

Il y a 2 étalonnages, qui se déduisent l'un de l'autre par une translation de 2 m sur les hauteurs d'eau :

- l'étalonnage n° 1 est valable de 1957 au 1er juin 1965 ;
- l'étalonnage n° 2 est valable à partir du 1er juin 1965 jusqu'à fin 1975.

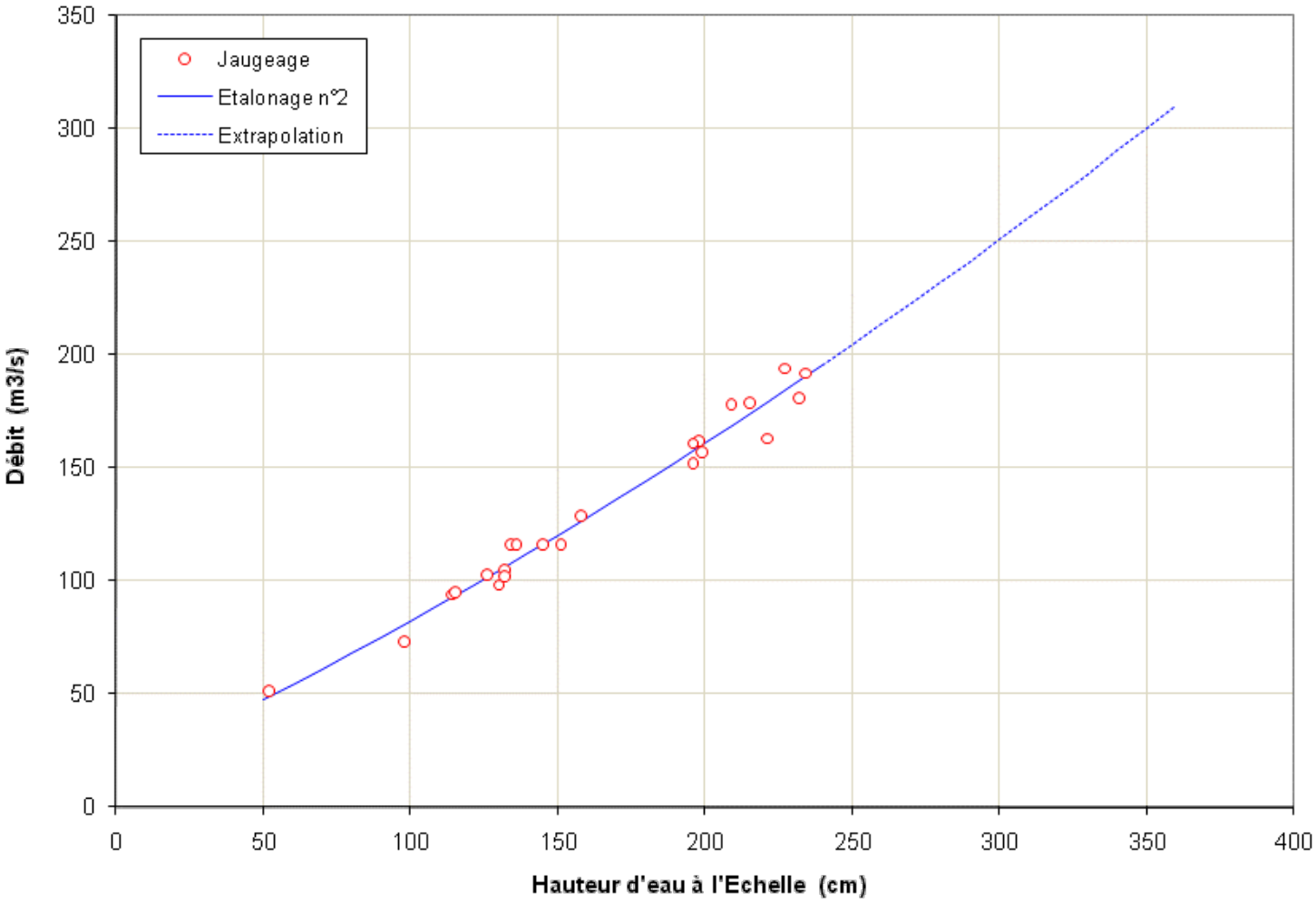


Figure 1

La Lobaye à Kédingué-Yawa. Etalonnage n°2

[Retour en haut du document]

Liste des stations

L'Oubangui à Kemba

1 - Aspect géographique

La station est située en réalité sur le Mbomou, mais le confluent Mbomou-Uele n'est qu'à 500 m seulement en aval. Aussi cette station mesure-t-elle en réalité les variations du niveau de ces deux rivières, c'est-à-dire les variations du niveau de l'Oubangui proprement dit.

La station contrôle un bassin versant de 315 000 km^2.

Elle se trouve au village même de Kemba, 20 m en amont d'un chemin d'accès au Mbomou. Elle est constituée d'un seul élément 0-7 m.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°08' de latitude Nord ;
- 022°26' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude de l'ordre de 400 m).

2 - Historique

La station est installée par les *Voies navigables* antérieurement à 1952. Cette année-là les relevés sont effectués de façon très irrégulière.

L'élément est signalé penché et branlant le 25 juillet 1967.

Le 16 janvier 1969, la station est rattachée à un repère hydrologique : sommet de la seconde marche, angle sud-ouest, du magasin de Symphorien Goundou. Le zéro de la station est 8,11 m plus bas.

Déjà, en 1969, les relevés étaient transmis par radio BLU aux *Voies navigables* de Bangui, pour les besoins de la navigation.

Le 11 décembre 1972, la station est signalée à réparer.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne la liste des observations disponibles dans la banque de données HYDROM.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700108-1 **Kemba**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

1969	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1970	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1971	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1972	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1973	*	*	*	*	*	*	*	-	*	-	*	*
1974	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

La période commence en 1968. Les lacunes sont peu nombreuses et concernent surtout les dimanches et jours fériés. La qualité des observations est très bonne.

4 - Jaugeages : néant

5 – Etalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Kotto à Kembé

1 - Aspect géographique

La station de Kembé est à 5 km en aval du pont de la route Bambari-Bangassou, le long de la route Kembé-Nganda-Ouango. Elle se trouve au droit des anciennes installations de la *Franco-Centrafricaine des Tabacs* (FCAT), filiale de la *SEITA.*

Entre Ira-Banda et Kembé, la Kotto ne reçoit pas de grands tributaires : aussi son bassin versant n'est que de 77 750 km² (pour 70 430 km² à Ira-Banda). Par contre, les 193 km de son cours, entre ces 2 stations, sont parsemés de rapides et de chutes, dont la plus importante (20 m de dénivellation) se situe juste en amont du pont de la route Bambari-Bangassou.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°36' de latitude Nord ;
- 021°55' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude de la station entre les cotes 423 et 409 m).

2 - Historique

La première station est posée et observée par les *Travaux publics* centrafricains, probablement en mai 1948, les premières observations commençant le 11 de ce mois.

Une borne hydrologique, située à 50 m de la rive, à gauche du chemin d'accès, est à 6,13 m au-dessus du zéro de la station.

Les observations cessent le 19 février 1949 (échelle à sec).

Elle est réinstallée par l'ORSTOM le 14 avril 1952, avec une dénivelée "Zéro-Borne" de 6,45 m (les archives indiquent une dénivelée de 7,45 m).

La station est trouvée en mauvais état le 18 novembre 1965 ; le 23 février 1967 elle est complètement détruite mais la borne hydrologique est retrouvée.

La station est reconstruite les 16 et 17 juillet 1967, avec une dénivelée "Borne-Zéro" de 7,45 m (comme l'indiquaient les archives). Très vite, les jaugeages successifs indiquent un décalage de 1 m entre les zéro des stations de 1952 et 1967 : la dénivelée à prendre en compte le 16 juillet 1967 aurait dû être 6,45 m).

Le 7 janvier 1969, l'élément 2-3 m est remplacé. Les éléments 0-1 m et 1-2 m ont disparus. L'élément 1-2 m est remplacé le 17 mars 1970.

Le 24 avril 1971, la station est en bon état.

L'élément 0-1 m est installé le 27 mars 1973.

Un limnigraphe OTT type *XX* est installé le 26 février 1974.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 dresse l'inventaire des observations à la station de Kembé.

Les relevés manquent surtout durant les périodes 1965-1969 car inexploitables ou fractionnaires. D'une façon générale les observations sont le plus souvent de mauvaise qualité.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060701810-1 **Kembé**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1948	-	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C
1949	C	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1950												
1951												
1952	-	-	-	*	C	C	*	*	-	-	-	*
1953	C	C	C	-	-	-	C	C	C	C	C	C
1954	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1955	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	-	*	C	-	-	C	C	C	*
1957	*	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	*	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	*
1959	*	C	C	C	-	C	C	C	C	C	C	C
1960	C	*	*	C	C	C	C	C	C	*	C	C
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1963	C	C	C	C	C	*	-	*	-	-	-	-
1964	C	C	C	C	C	C	-	C	C	C	C	C
1965	C	C	C	C	C	*	-	-	-	-	*	C
1966	*	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-
1967	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*	*
1968	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*	*
1969	-	-	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C

1970	*	-	*	C	C	C	C	C	C	*	C	*
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1972	-	*	C	C	C	C	*	C	C	C	C	*
1973	C	C	*	C	C	-	C	C	C	C	C	*
1974	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

- le 1er janvier 1960 : « crue » de 10 cm par rapport au 31 décembre 1959 ;
- année 1956 : « crue » de 35 cm le 3 janvier (ne figure pas à Bria), « crue » de 20 cm entre le 31 octobre et le 1er novembre, de 30 cm entre le 30 novembre et le 1er décembre ;
- année 1959 : le limnigramme présente une forme curieuse : c'est une succession de crues et de décrues journalières. La période du 25 septembre au 5 octobre est manifestement fausse ;
- les années 1960 et 1961 sont suspectes, bien que la même forme dans le limnigramme se retrouve à Kembé et à Bria pour 1961 ;
- l'année 1964 est douteuse, sinon fausse : « crues » de 9 cm entre le 29 février et le 1er mars, de 39 cm entre le 30 avril et le 1er mai. Décembre est douteux (erreurs de lecture de 1 m) sinon faux ;
- juin à septembre 1965 sont faux et ne figurent pas dans la Banque de données HYDROM ;
- l'année 1966 est fausse à partir d'avril (éléments disparus mais lectures existantes) ;
- l'année 1967 est fausse jusqu'en juillet (même motif) ;
- en novembre 1971, il y a une brutale « décrue » de 104 cm entre le 31 octobre et le 1er novembre, alors qu'elle n'est que de 5 cm de part et d'autre de ces dates ;
- année 1973 : un relevé le « 31 » novembre ;
- année 1974 : même anomalie.

4 - Jaugeages

Le tableau 2 donne les résultats des 26 mesures de débit effectuées à la station de Kembé.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060701810-1 **Kembé**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	15/04/1952	39	115
2	28/04/1953	15	101
3	20/07/1953	187	432
4	17/12/1953	70	178

5	04/09/1954	298	754
6	20/09/1954	331	892
7	06/10/1954	354	943
8	16/03/1956	67	176
9	14/08/1957	60	143
10	19/04/1962	68	175
11	19/05/1963	118	274
12	29/08/1963	324	917
13	18/11/1965	174	424
14	17/07/1967	291	472
15	21/08/1968	521	1110
16	22/08/1968	527	1240
17	23/08/1968	531	1260
18	17/03/1970	164	170
19	18/01/1971	165	172
20	23/04/1971	131	104
21	27/08/1971	386	697
22	30/03/1973	98	63,0
23	31/03/1973	101	67,0
24	13/04/1974	100	66,5
25	23/04/1978	100	78,8
26	02/04/1987	79	54,2

5 - Étalonnage

Ces jaugeages ont permis de tracer une courbe de tarage avec une précision suffisante (figure 1). La station paraît stable en basses, moyennes et hautes eaux. L'interpolation des basses eaux est inutile, le jaugeage n° 26 (2 mars 1987) étant effectué à une cote plus basse que les minima observés de 1948 à 1975. Celle des hautes eaux n'est pas excessive : le barème va jusqu'à la cote 6,40 m tandis que le plus fort jaugeage est à la cote 5,31 m.

3 étalonnages ont été établis, qui ne se distinguent l'un de l'autre que par une translation du zéro de la station.

- l'étalonnage n° 1 correspond à la station de 1948 (validité : 1er janvier 1948 au 13 avril 1952) ;
- l'étalonnage n° 2 correspond à la station de 1952 (validité : 14 avril 1952 au 15 juillet 1967) ;
- l'étalonnage n° 3 correspond à la station de 1967 (validité : à partir du 16 juillet 1967).

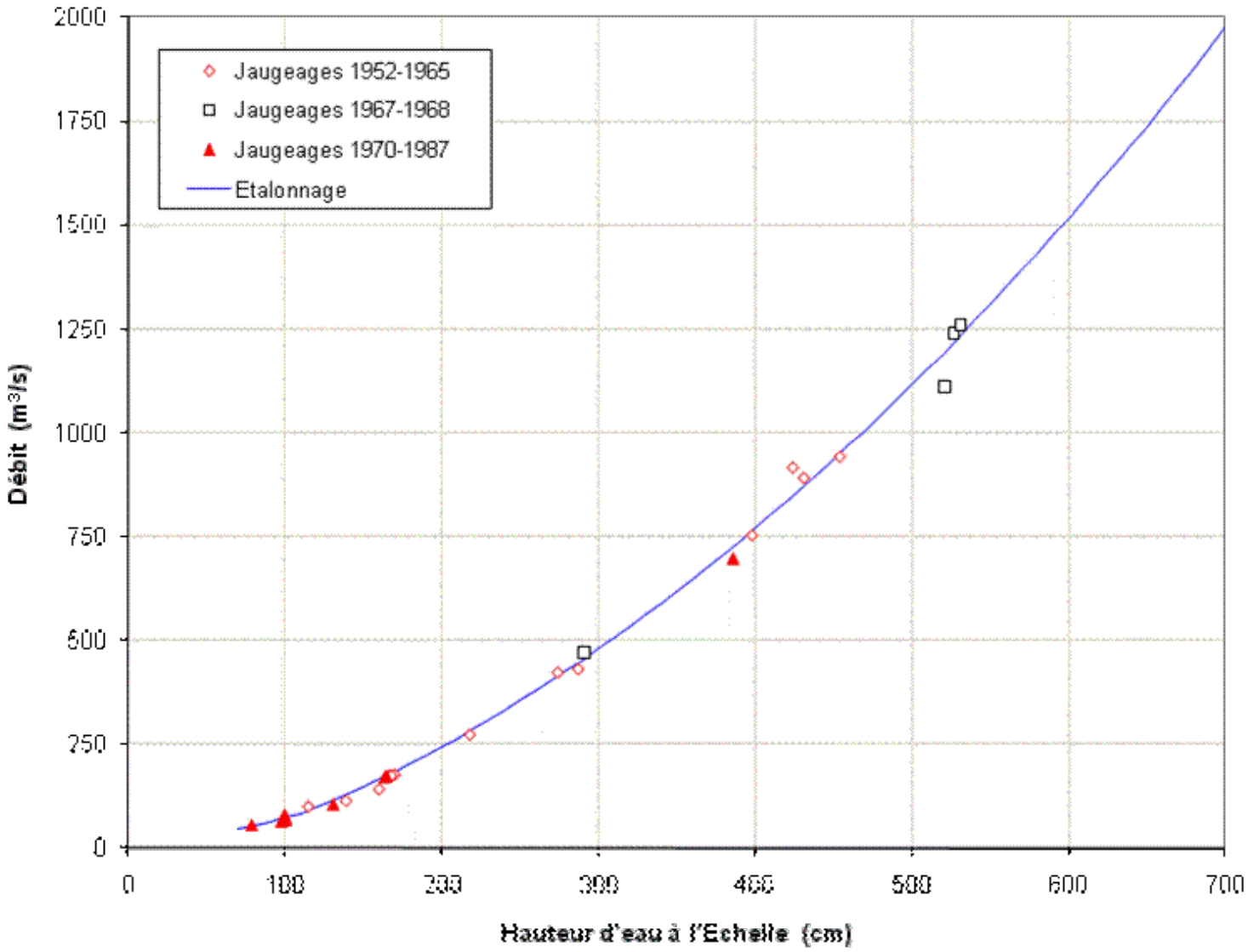


Figure 1

La Kotto à Kembé. Etalonnage général

(les hauteurs d'eau des jaugeages 1952-1965 ont été majorées de 100 cm)

[Retour en haut du document]

Liste des stations

La Kéré à Kéré

1 - Aspect géographique

La Kéré est un affluent de rive droite du Mbomou. La station hydrométrique de Kéré est située à 16 km en amont du confluent Kéré-Mbomou. Elle est installée au droit du bac de la route Zémio-Obo et contrôle un bassin versant de 3 790 km^2.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°21' de latitude Nord ;
- 025°45' de longitude Est.

Référence altimétrique :

La référence altimétrique était le repère de nivellement général, matricule RS.86, d'altitude 569,221 m (*IGN 1959*). Ce repère était situé sur une borne astronomique de l'IGN, à proximité immédiate du bac. Début 1968, les abords du bac ont été refaits et le bulldozer a renversé la borne astronomique. Nous avons constaté qu'un repère en bronze, typiquement IGN, avait été installé sur une petite borne en ciment, prouvant que le rattachement altimétrique du repère de nivellement général avait été fait avant ces travaux d'aménagement. Malheureusement, il n'a pas été possible de retrouver ce rattachement ni à l'annexe de l'IGN à Bangui, ni au service du Nivellement général de l'IGN à Paris, ni dans les archives des *Travaux publics* centrafricains. En 1970, nous nous sommes rattachés au repère de nivellement général le plus voisin (à cependant 6 km de distance ...), matricule RS.85, d'altitude 573,703 m (*IGN 1959*). Une borne hydrologique a été installée au droit de la station, en bordure de route et à 16 m de l'élément 6-7 m.

Les références altimétriques sont :

- repère de nivellement RS.86, sur la borne astronomique renversée : 569,08 m ;
- borne hydrologique : 568,93 m ;
- repère IGN en bronze : 568,99 m.

(toutes ces altitudes étant dans le système *IGN 1959*).

2 - Historique

La station est installée, toujours au droit du bac de la route Zémio-Obo, le 11 juillet 1953, avec un zéro calé à 8,27 m sous le repère RS.86.

Le zéro de la station est à l'altitude 560,95 m (*IGN 1959*).

Les éléments 0-1 m et 1-2 m, posés en décembre 1953, sont remis en place le 10 août 1954. L'élément 1-2 m est, en fait, un élément 5-6 m.

Les relevés cessent en 1955 et 1956. Ils reprennent le 19 août 1957 sur une station présentant les zéros suivants :

- élément 1-2 m et 2-3 m : 560,94 m ;
- élément 3-4 m : 560,85 m (altitudes *IGN 1959*).

Il semblerait que la station ait été reconstruite en 1958 (probablement fin février). Le 25 août 1958, la dénivelée entre

le zéro de la station et le repère RS.86 est de 7,51 m.

Le zéro de la station 1958 est : 561,71 m (*IGN 1959*).

Le 9 mars 1967, on constate qu'il ne reste que les éléments 4-5 m et 5-7 m, penchés et en état très moyen. Les éléments inférieurs à 4 m ont disparu.

La station est refaite le 3 septembre 1968, avec pose des éléments 2 à 7 m calés par rapport au seul élément (6-7 m) qui reste de l'ancienne station. La borne hydrologique est installée, avec une dénivelée de 7,16 m par rapport au zéro de la station.

Les éléments 0-1 m et 1-2 m sont installés le 11 janvier 1969.

Le rattachement altimétrique de la borne hydrologique, par rapport au repère de nivellement général RS.85, est effectué le 23 mars 1970. Ce rattachement montre que la station 1968 est installée 6 cm plus haut que celle de 1958.

Zéro de la station 1968 : 561,77 m (*IGN 1959*)

3. Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne l'inventaire des relevés limnimétriques effectués à cette station.

Les lacunes sont nombreuses et la qualité des observations laisse le plus souvent à désirer :

- 1953 : année bien observée ;
- 1954 : il y a contradiction, en période de décrue, entre une mesure de débit effectuée le 23 décembre 1953 (h = 110 cm) et le relevé du 1er janvier 1954 (h = 130 cm). Les mois de janvier et de février sont à éliminer, de même que novembre et décembre (crue subite le 1er novembre) ;
- 1957 : relevés corrects ;
- 1958 : relevés corrects jusqu'au 1er avril, faux ensuite jusqu'en août inclus. Les mois d'octobre et novembre paraissent bien observés ;
- de 1959 à 1967 : tous les relevés sont systématiquement faux ;
- depuis 1968 : les relevés sont fragmentaires mais paraissent exacts.

La station, observée à l'origine pour l'ORSTOM, a été reprise en compte officiellement en 1971 par les *Travaux publics* centrafricains.

Tableau 3.8 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060701605-1 **Kéré**
Rivière : Kéré
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1953	-	-	-	-	-	-	*	C	*	-	*	*
1954	C	C	C	C	C	C	*	*	C	C	-	-
1955												
1956												
1957	-	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C	C

1958	C	*	*	C	C	C	*	*	-	*	C	-
1959	-	-	-	*	C	*	*	*	-	C	*	*
1960	C	*	C	C	C	*	C	*	*	C	-	*
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	*	C	*	C	-	-	C
1963	C	-	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1964	C	-	C	C	C	C	-	C	C	*	C	C
1965	C	*	C	C	-	C	C	*	*	C	*	-
1966												
1967												
1968	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	-
1969	*	C	C	*	C	C	C	C	C	C	-	C
1970	C	C	*	-	C	-	-	-	-	-	-	-
1971	C	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

18 jaugeages ont été réalisés de 1953 à 1989 (tableau 2).

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060701605-1 **Kéré**
Rivière : Kéré
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	11/07/1953	330	26,0
2	23/12/1953	110	2,10
3	05/08/1954	229	16,0
4	11/09/1954	557	51,0
5	15/09/1954	602	64,0
6	11/04/1955	154	3,90
7	19/08/1957	300	3,90
8	09/03/1967	40	2,22

9	04/09/1968	278	26,2
10	05/09/1968	266	24,4
11	05/09/1968	264	23,2
12	06/09/1968	257	22,1
13	07/09/1968	247	21,8
14	11/01/1969	66	2,73
15	23/03/1970	53	3,43
16	18/02/1987	21	1,08
17	21/02/1987	47	3,23
18	14/01/1989	21	1,10

5 - Étalonnages

La station est assez bien étalonnée (figure 1)

L'extrapolation des hautes eaux n'est pas très importante : le dernier jaugeage a été effectué pour une cote à l'échelle (1968) de 6,02 m alors que la relation hauteur-débit va jusqu'à 7,20 m. Les derniers jaugeages (1987 à 1989) montrent que la station est stable en basses eaux (figure 2).

Malgré le peu de qualité des observations, nous avons établi 6 étalonnages pour cette station :

- étalonnage n° 1, correspondant à la station installée en 1953, valable du 11 juillet 1953 au 31 décembre 1955 ;
- étalonnage n° 2, correspondant à la station de 1957, pour les éléments 0-3 m, valable du 1er janvier 1955 au 20 octobre 1957 ;
- étalonnage n° 3, toujours pour la station 1957, mais pour les éléments supérieurs à 3 m, valable du 20 octobre 1957 au 5 décembre 1957 ;
- étalonnage n° 4, toujours en 1957, lorsque la hauteur d'eau à la station est inférieure à 3 m, du 6 décembre 1957 au 31 mars 1958 ;
- étalonnage n° 5, pour la station installée en 1958, du 1er avril 1958 au 2 septembre 1968 ;
- enfin étalonnage n° 6, pour la station installée en septembre 1968, toujours valable depuis le 3 septembre 1968.

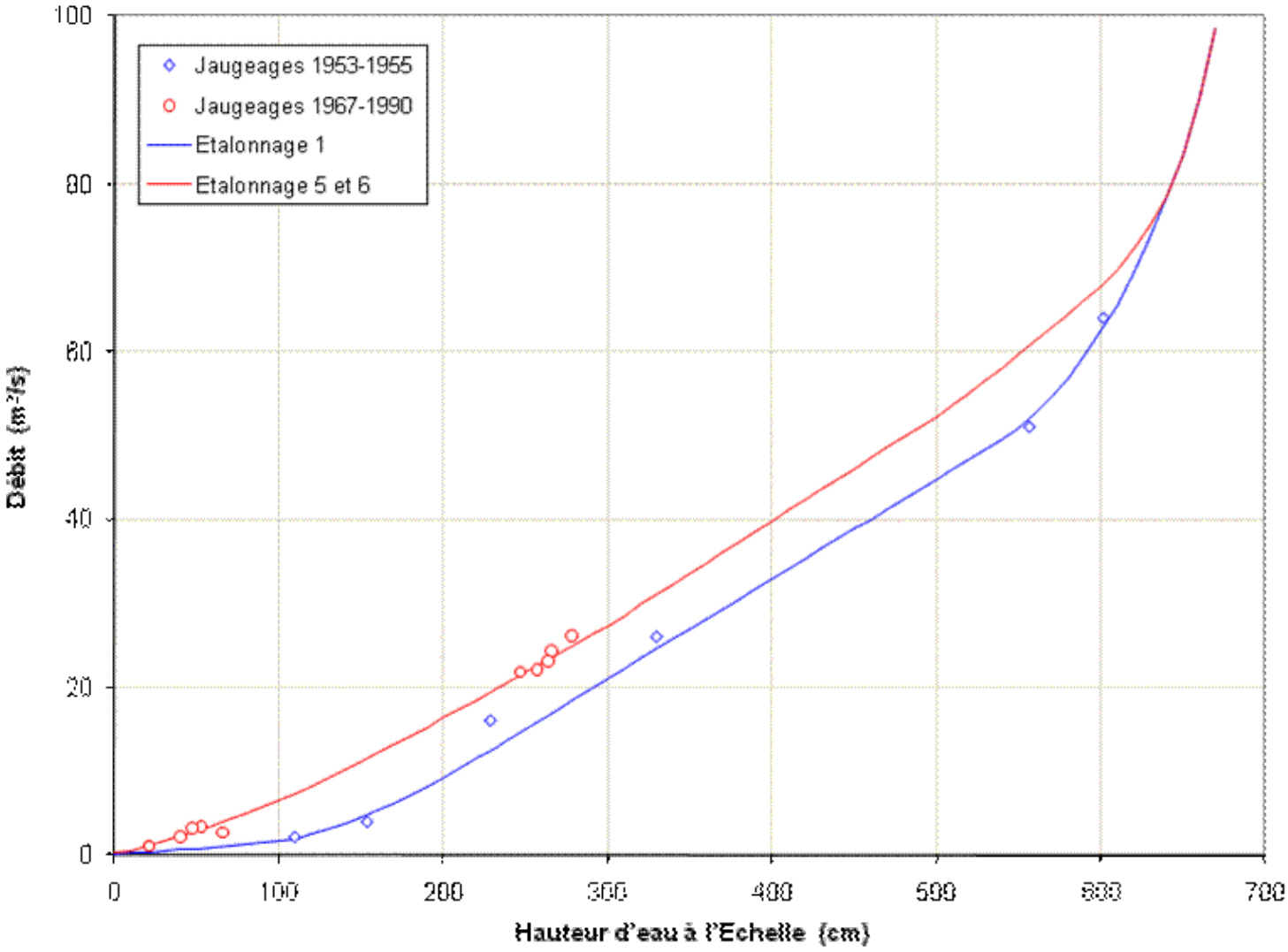


Figure 1

La Kéré à Kéré : Etalonnage général

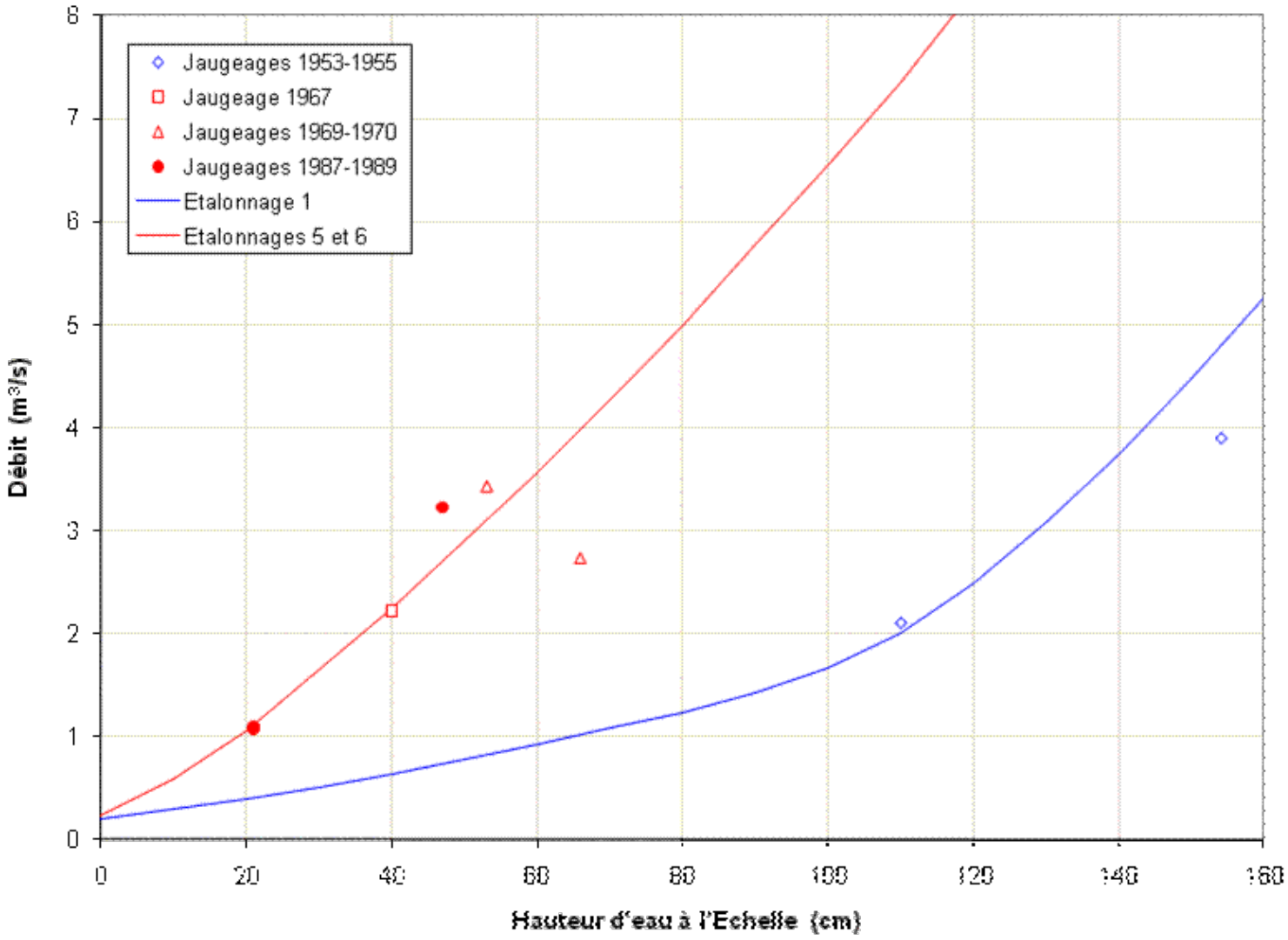


Figure 2

La Kéré à Kéré. Etalonnage des basses eaux

[Retour en haut du document]

Liste des stations

L'Oubangui à Kouango

1 - Aspect géographique

La station de Kouango se situe à 176 km en aval de Mobaye et à 5 km en amont du confluent Ouaka-Oubangui. Elle contrôle un bassin versant de 435 000 km^2.

Elle est située au droit de la résidence administrative.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°59’ de latitude Nord ;
- 019°58' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général (borne astronomique), matricule 0-XXXVII, d'altitude 372,095 m (*IGN 1957*).

2 - Historique

La station aurait été installée, par la mission Darnault (1927) très probablement, sinon vers 1928 par les *Voies navigables* qui ont assuré les observations jusqu'en 1952.

La station est réinstallée le 31 mars 1953 par l'ORSTOM, les éléments ayant été emportés par la crue de 1952. Les éléments inférieurs sont installés le 14 mars 1956.

Le 30 juillet 1967, la station est rattachée en altimétrie. Le zéro de la station est à l'altitude 361,55 m (*IGN 1957*). A cette date la station est en bon état : éléments 0-3 m et 3-7 m sur supports métalliques.

Le 25 février 1969, la station est en mauvais état.

Les observations sont arrêtées fin décembre 1969.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 dresse l'inventaire des relevés.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700110-1 **Kouango**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1947	-	-	*	C	C	C	C	-	C	C	C	C
1948	C	*	C	-	-	C	C	C	C	C	-	-
1949												

1950												
1951												
1952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C
1953	C	C	*	*	*	C	*	*	C	C	C	*
1954	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C	-
1955	C	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1956	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1957	C	*	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	C	C	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1959	C	C	-	-	C	-	C	C	C	C	C	C
1960	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	*	C	-	-	-	-	-	-	C	-	-	*
1963	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	*
1964	*	C	C	C	*	-	*	C	C	C	C	*
1965	C	C	C	C	C	C	-	C	C	-	-	*
1966	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1967	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1968	C	C	C	C	*	C	C	C	C	-	-	-
1969	-	*	C	C	*	*	C	C	-	-	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Les relevés n'ont pas trop de lacunes ou de mois manquants, sauf pendant la période 1949-1952, correspondante à l'abandon de la station par les *Voies navigables* avant qu'elle ne soit reprise par l'ORSTOM.

La qualité est correcte dans l'ensemble, sauf pour :

- mars et avril 1963, douteux sinon faux ;
- juillet 1964 douteux ;
- janvier à mars 1965, douteux sinon faux.

4 - Jaugeages : néant

5 - Etalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Libenge (RDC)

Libenge, en République Démocratique du Congo, est la station hydrométrique en rive gauche la plus amont sur l'Oubangui.

1 - Aspect géographique

La ville de Libenge se situe sur un bras de l'Oubangui, de l'autre coté de Mongoumba. À cet endroit là, le fleuve se sépare en 2 bras, laissant au milieu l'île de Libenge.

La superficie du bassin versant est de 553 900 km^2 (comme pour Mongoumba).

Les coordonnées géographiques de la station sont :

- 03°39' de latitude Nord ;
- 018°38' de longitude Est.

Référence altimétrique : borne du service des *Voies navigables*, établie en 1953, sur l'accotement de l'Avenue du Commerce, légèrement en amont du parapet de l'aqueduc situé un peu en aval de l'*Ubangi-Club*. Suite à un nivellement Bangassou-Lisala-Libenge (origine : repère de nivellement général à Bangassou, matricule FST, d'altitude 480,264 m dans le système *IGN 1957*), effectué en 1959 par *l'Institut géographique du Congo*, son altitude est de 341,57 m (*IGN 1957*).

2 - Historique

Une première station est installée en 1909, sans que nous connaissions l'altitude de son zéro.

Une seconde station a fonctionné depuis 1932, avec un zéro à l'altitude 334,32 m (*IGN 1957*).

Elle est reconstruite arbitrairement en décembre 1952, avec un zéro à l'altitude 334,23 m (*IGN 1957*).

Le 7 août 1953, la station est refaite, de manière à être en concordance avec celle de Mongoumba. Son zéro est alors à 332,40 m (*IGN 1957*). Cette altitude demanderait à être vérifiée (communication des *Voies navigables*).

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Aucune observation ne figure dans la banque de données HYDROM. Nous ne disposons que des valeurs figurant dans les fascicules de l'*Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi* et encore de façon très partielle (Devrœy, 1948-1959), à savoir :

- relevés bimensuels de 1932 à 1947 ;
- relevés journaliers de 1952 à 1959.

En 1951, J. Yayer jugeait que « pendant de longues périodes, les observations de Libenge ont été très mauvaises ; le zéro a changé plusieurs fois sans que l'on sache de quelle quantité ni à quelle époque » (Yayer, 1951).

4 - Jaugeages : néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Lilanga (RDC)

1 - Aspect géographique

La station se trouve à 75 km en aval de Mobenzélé. Elle est située à 140 m environ en amont de l'ancienne maison d'habitation de M. Wauters.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 00°14' de latitude Nord ;
- 017°51' de longitude Est.

Référence altimétrique : voir l'Historique.

2 - Historique

La station commence à fonctionner le 1er juillet 1948, mais cette date paraît suspecte car des jaugeages y ont été effectués de 1937 à 1939. Il est fort probable que la station de 1937 ait disparu.

La station de 1948 est située à l'amont du poste à bois Wauters (OTRACO). Un repère hydrologique consiste en un fer encastré dans une borne-repère cimentée, située légèrement en aval de la station et établie le 19 mars 1937 par les *Voies navigables*. La dénivelée repère-station est de 4,70 m. Ce repère hydrologique a disparu avant 1980.

L'historique est inconnu entre le 31 décembre 1953 et le 17 décembre 1956. À cette date, la station est détruite puis reconstruite le 7 février 1957.

Elle est située alors à 140 m en amont de la maison de M. Wauters. Le repère hydrologique est constitué par le seuil d'entrée de la maison. La dénivelée avec le zéro de la station est de 5,86 m. Il y a également une dénivelée de 5,70 m entre le zéro de la station et une borne S.V.N 1957 établie dans le jardin entourant la maison, à 12 m en aval du seuil d'entrée.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Nous ne disposons que de quelques années de relevés :

- année 1951 : complète ;
- année 1952 : janvier à avril, mai (du 1er au 21), octobre (du 27 au 31), novembre, décembre ;
- année 1953 : janvier à septembre, octobre (du 1er au 20), décembre (du 9 au 31) ;
- année 1957 : février (8 au 28), mars à décembre ;
- année 1958 : complète ;
- année 1959 : janvier, février.

Les relevés sont de bonne qualité.

4 - Jaugeages

8 jaugeages ont été exécutés par MM. Heris, Piret, Pauwels, Dubois et Penez (*Service des Voies navigables* du Congo belge) à Lilanga, de 1937 à 1939. Les résultats des mesures sont (Yayer, 1951) :

- 19 mars 1937 : h = 0,50 m Q = 2 200 m³/s ;
- 16 novembre 1937 : h = 4,56 m Q = 11 900 m³/s ;
- 24 février 1938 : h = 0,50 m Q = 2 080 m³/s ;
- 14 mars 1938 : h = 0,40 m Q = 1 990 m³/s ;
- 25 mars 1938 : h = 0,13 m Q = 1 640 m³/s ;

- o 5 mai 1938 : h = 0,36 m Q = 2 020 m³/s ;
- o 6 août 1938 : h = 3,58 m Q = 8 950 m³/s ;
- o 22 mai 1939 : h = 1,05 m Q = 3 314 m³/s.

5 - Étalonnage

La figure 1 donne l'allure de la relation hauteur-débit. Mais comme nous ignorons l'historique de la station de 1937 et vu le maigre échantillon disponible, la traduction en débit n'a pas été faite.

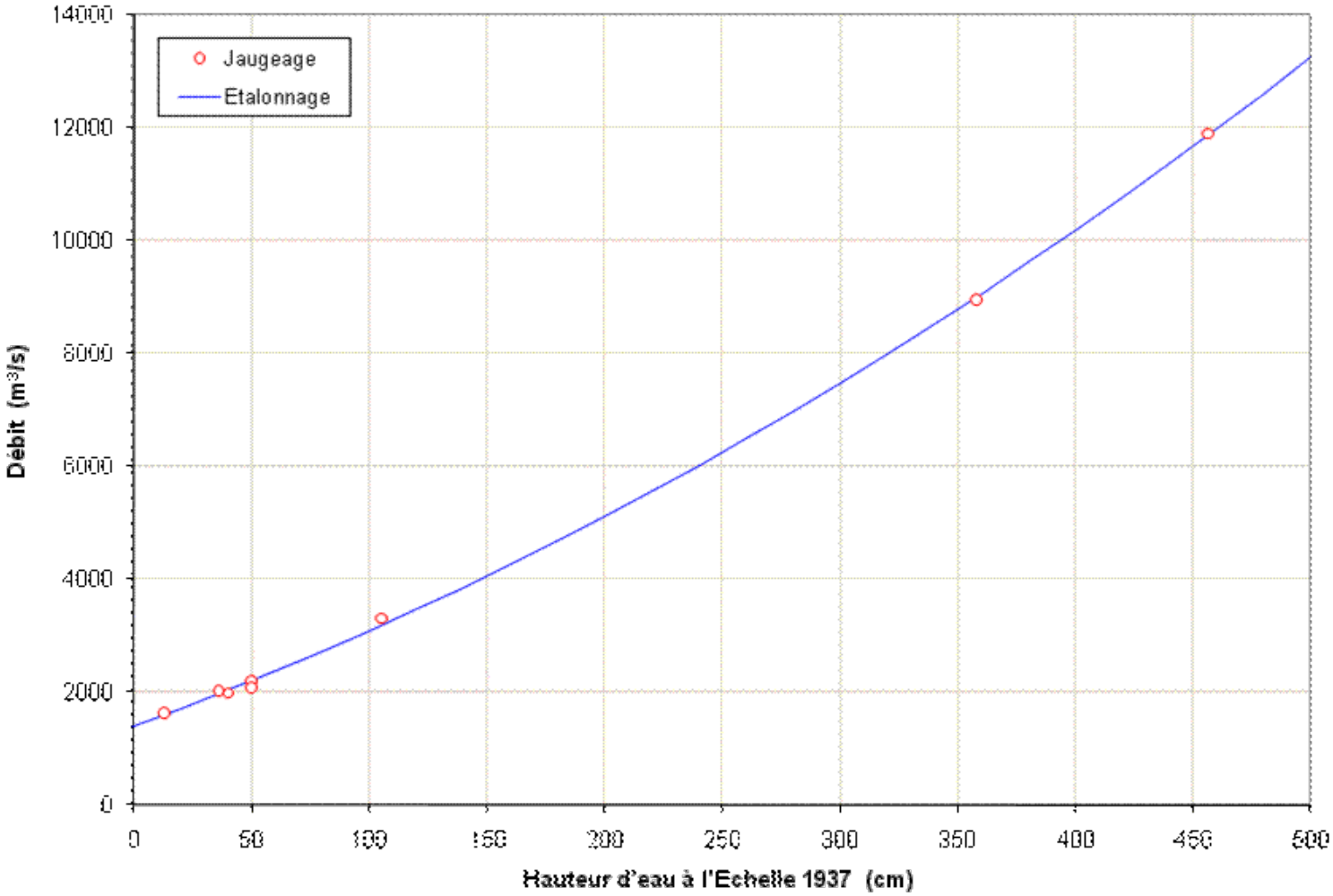


Figure 1

L'Oubangui à Lilanga. Etalonnage général (Station de 1937)

[Retour en haut du document]

Liste des stations

L'Oubangui à Limassa

1 - Aspect géographique

La station de Limassa est installée à l'aval immédiat du confluent Kotto-Oubangui. Le bassin versant, à la station, est de 398 500 km^2.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°14' de latitude Nord ;
- 022°02' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude de l'ordre de 394 m).

2 - Historique

Une première station est crée en 1973 par les *Voies navigables*. Les relevés sont transmis par radio BLU à Bangui pour les besoins de la navigation.

En 1989, ce même service demande à l'ORSTOM de lui installer un système de collecte et de télétransmission via le satellite Météosat. Ce système commence à fonctionner le 17 juillet 1990.

Quatre télétransmissions par jour sont reçues par les stations de réception directe de l'ORSTOM installées à Bangui et à Brazzaville. Les résultats sont ensuite transmis localement aux *Voies navigables* par téléphone.

Sont télétransmis : hauteur de l'Oubangui, pluie à la station, température de l'air et température de l'eau.

La station de télétransmission est située 200 m environ en aval de la première station de 1973, déplacement rendu nécessaire pour pouvoir pointer correctement l'antenne vers le satellite Météosat.

Une borne hydrologique est située 6 m en aval de la station. Sa dénivelée avec le zéro de la nouvelle station est de - 8,21 m.

L'ancienne station donnerait des hauteurs d'eau systématiquement plus faibles : le décalage est de 2,49 m (5,00 m à l'ancienne station correspond à 7,49 m à la nouvelle).

D'après G. Chalandon *le zéro de 1973 était calé à 391,00 m environ, en concordance avec le zéro de Bangui. Pour la nouvelle station Orstom, le zéro serait à 388,5 m environ.* Ceci confirme bien le décalage de 2,49 m.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne l'inventaire des relevés effectués sur l'ancienne station.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700112-1 **Limassa**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	-	-	-	-	*	*	*	*	*	*	*	*
1974	*	*	*	C	C	*	C	*	*	*	*	*
1975	*	*	*	-	*	*	*	*	*	C	*	*

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Les lacunes sont peu nombreuses et liées aux dimanches et jours fériés. La qualité des observations est très bonne.

4 - Jaugeages : néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

Le Mbari à Loungouba

1 - Aspect géographique

La station se situe au pont de la route Bambari-Bangassou, à 17 km de Bangassou. À cet endroit, le Mbari est encore à 15 km de son confluent avec le Mbomou.

La superficie du bassin versant, au droit de la station, est de 23 600 km². Les principaux affluents du Mbari sont la Ganga, le Kobou et le Nzako. C'est dans le Nzako que se jette le Mpatou.

Les coordonnées géographiques de la station sont :

- 04°44' de latitude Nord ;
- 022°41' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule FT.139, scellé dans le parapet du pont. Son altitude est : 476,828 m (*IGN 1959*).

2 - Historique

La station est installée le 21 avril 1952, en rive droite, coté aval. 5 éléments émaillés, de couleur jaune, sont scellés sur la première pile du pont.

Le zéro de la station est à 7,39 m sous le repère de nivellement général, c'est-à-dire à l'altitude de 469,44 m (*IGN 1959*).

Sans relevés de 1960 à 1966 faute de lecteur, la station était en très bon état le 12 mars 1967, date à laquelle les observations reprennent.

Le 15 janvier 1969, un nivellement montre que le zéro de la station est toujours à l'altitude de 469,44 m.

Un élément 9-10 m est installé le 11 avril 1974. Cet élément, placé sur un support métallique, est en réalité un élément négatif (le sommet de l'élément est la même altitude que le zéro de la station) ceci pour mesurer le niveau de la rivière en cas d'étiage sévère.

3 - Relevé des hauteurs d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 montre que les relevés limnimétriques de cette station présentent de nombreuses lacunes, en particulier de 1960 à 1966.

La qualité des observations n'est pas très bonne :

- en 1952, en septembre-octobre, le niveau de la rivière ne dépasse pas 1,95 m, valeur observée 19 fois en 37 jours consécutifs ;
- en janvier 1953, il y a erreur de lecture du 9 au 15 ;
- en 1954, il y a une « crue » entre le 31 janvier et le 1er février, tout comme entre le 30 avril et le 1er mai ;
- pour 1956, juin est douteux et la période juillet/septembre est fausse ;
- les années 1957 et 1958, complètement fausses, ne figurent pas dans la banque de données HYDROM ;
- en 1972, les observations sont fausses du 24 novembre au 10 décembre. Elles ne figurent pas dans la banque de données HYDROM ;

- en 1973, janvier est douteux (« crue » le 1er janvier) et février-mars sont faux ;
- l'année 1974 est fausse d'avril à décembre ;
- l'année 1975 est fausse en totalité.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702210-1 **Loungouba**
Rivière : Mbari
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1952	-	-	-	*	*	*	*	C	C	C	C	-
1953	*	*	*	*	C	C	C	C	C	*	C	*
1954	C	C	C	C	C	C	*	*	*	*	C	C
1955	C	C	C	C	-	C	*	C	*	C	C	*
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	C
1957												
1958												
1959	-	-	-	*	*	C	C	C	C	C	C	-
1960												
1961												
1962												
1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-
1964												
1965												
1966												
1967	-	-	*	C	C	C	C	C	C	*	*	*
1968	*	*	*	*	*	C	C	C	C	C	C	C
1969	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	C	C	-	C	C	C	-	*	C	C	C	-
1972	*	-	-	-	*	C	C	C	*	C	*	*
1973	C	*	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	*	-	C	*	C	C	C	C	C	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

18 mesures de débit ont été effectuées (tableau 2). En basses eaux, la mesure est très difficile à effectuer : la présence de barres rocheuses, en diagonale dans le lit de la rivière, interdit le franchissement en bateau pour une installation de la section de jaugeage soit 500 m en amont soit 300 m en aval du pont. La section la moins mauvaise se situe sous le pont (10 sections de 13 m chaque).

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702210-1 **Loungouba**
Rivière : Mbari
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	20/04/1952	40	31,4
2	04/07/1953	78	86,0
3	18/07/1953	144	190
4	16/08/1954	183	235
5	06/09/1954	336	480
6	25/08/1968	243	361
7	15/01/1969	96	120
8	09/10/1969	332	556
9	18/03/1970	62	75,4
10	19/01/1971	57	74,0
11	21/04/1971	41	40,3
12	26/08/1971	120	139
13	26/09/1972	160	173
14	08/03/1973	20	14,2
15	13/03/1973	18	12,9
16	19/03/1973	13	9,79
17	11/04/1974	22	13,7
18	03/11/1988	165	210

5 - Étalonnages

L'extrapolation de la courbe de tarage est raisonnable : les plus forts jaugeages ont été effectués avec des hauteurs

d'eau de 3,36 m et 3,32 m alors que le barème d'étalonnage va jusqu'à 4,11 m.

Les basses eaux sont bien définies.

L'écart de débit entre les jaugeages n° 4 et 8 fait que S. Pieyns considère qu'il y a eu un détarage entre 1960 et 1966.

Au vu de la médiocre qualité des observations, cette hypothèse est retenue en définitive.

Il y a donc 2 étalonnages (Figure 1) :

- le premier est valable du 1er janvier 1952 au 31 décembre 1959 ;
- le second est valable à partir du 1er janvier 1960.

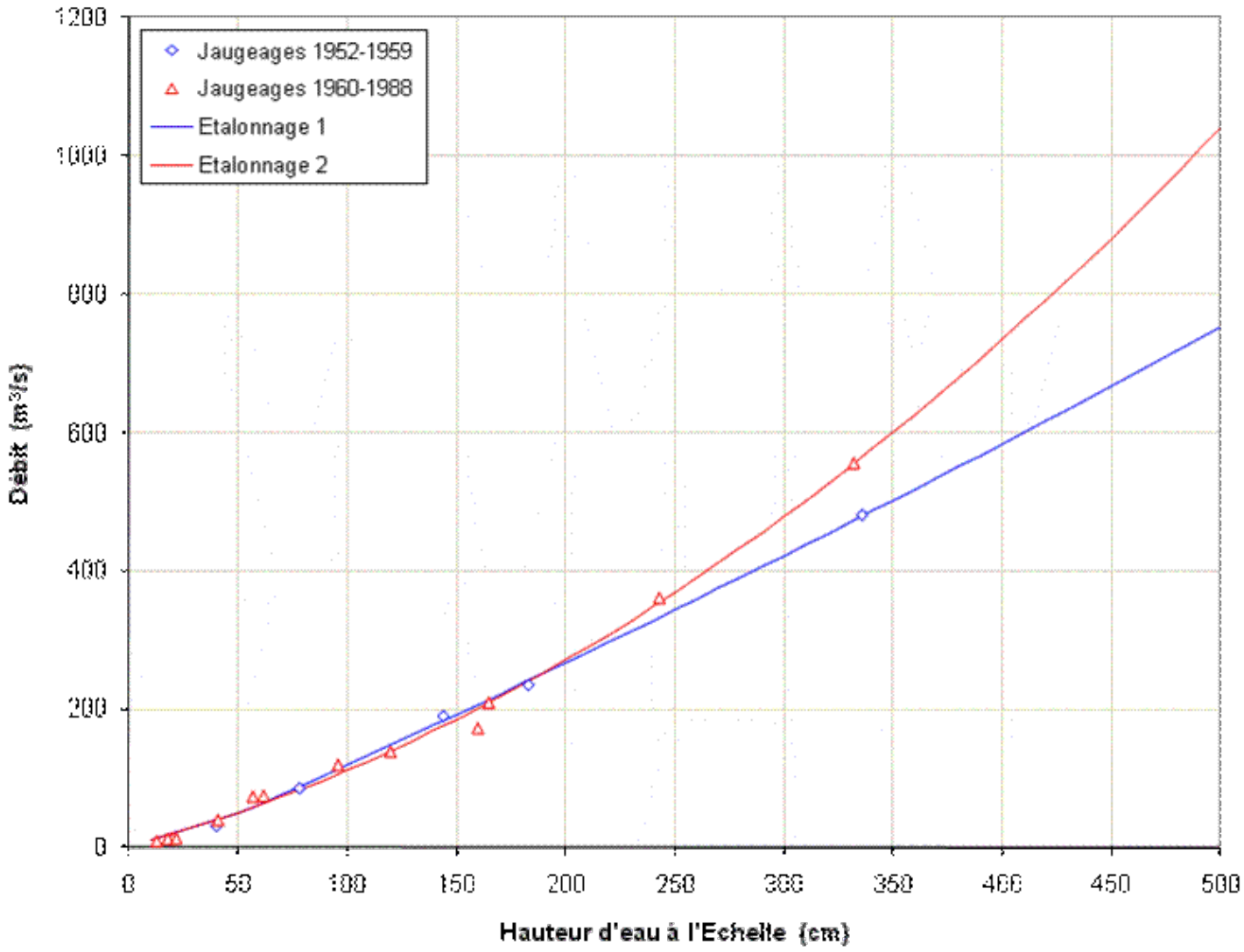


Figure 1

Le Mbari à Loungouba. Etalonnage général

[Retour en haut du document]

Liste des stations

La Boungou à Mahamat

1 - Aspect géographique

La Boungou est un affluent de rive droite de la Kotto. Son cours, en grande partie sur le plateau gréseux, est parsemé de chutes et de rapides.

La station se trouve à 3 km en aval des derniers rapides, au bac de la route Bria-Ouadda, en rive droite. Le bassin versant est de 16 800 km^2, ce qui représente 28 % de la superficie du bassin versant à Bria (60 590 km^2).

Les coordonnées géographiques de la station sont :

- 06°46' de latitude Nord ;
- 021°59' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude 570 m).

2 - Historique

La station est installée par les *Travaux publics* centrafricains le 11 avril 1971. Elle est constituée par les éléments 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m et 4-5 m, tous sur UPN de 80.

Une borne hydrologique est située en rive droite, à gauche en descendant au bac, prés d'un gros arbre. La dénivelée "Borne-Zéro de la station" est de -5,08 m.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Aucun relevé n’existe dans la Banque de données HYDROM. Dans les archives du Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM, se trouvent les relevés de la période 1973 à 1975 :

- année 1973 : année complète et observations correctes ;
- année 1974 : année complète et observations correctes ;
- année 1975 : année complète et observations correctes.

4 - Jaugeages : néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Lobaye à Mbata

1 - Aspect géographique

Bien étalonnée et bien observée, cette station est, tout comme Bangui, une station fondamentale pour la connaissance des régimes hydrologiques africains.

La station de Mbata n'est qu'à 30 km en aval de Safa. Elle est située au port de la – en 1970 – *Société d'Exploitation Forestière et Industrielle* (SEFI) et, chaque jour, la hauteur d'eau de la Lobaye est transmise par radiotéléphone BLU aux *Voies navigables* à Bangui.

Le bassin versant est de 30 300 km^2 (pour 29 600 à Safa).

Les coordonnées géographiques sont :

- 03°40' de latitude Nord ;
- 018°18' de longitude Est.

La *Référence altimétrique* est le repère de nivellement général, matricule U.ab.5, situé sur le soubassement d'une maison, au village de Mbata, au carrefour des routes allant de Mbaïki à Mongoumba avec celle allant à la SEFI (angle nord-est du carrefour). Son altitude est de 377,058 m (*IGN 1956*).

2 - Historique

La station est installée, vers 1946, par les *Voies Navigables* pour les besoins de la navigation. Cette station a son zéro à l'altitude de 337,07 m (*IGN 1956*).

Les relevés de l'ORSTOM commencent le 23 octobre 1950.

La station est reconstruite en 1952, probablement en juin, avec un zéro calé 60 cm plus bas, c'est-à-dire à l'altitude de 336,47 m (*IGN 1956*).

Un repère hydrologique est installé le 12 août 1966. C'est un petit anneau de béton dégagé sur l'angle côté Lobaye, en aval du socle du hangar situé à 25 m environ en amont de la station, à 10 m de la rive gauche de la rivière. L'altitude de ce repère est de 340,03 m (*IGN 1956*). Ce repère existe encore en 1991, mais il n'est pas certain, le hangar ayant disparu, qu'il n'ait pas bougé et donc varié en altitude.

La station est refaite le 5 février 1969, toujours au port de la SEFI, en conservant la même altitude pour son zéro (336,47 m). Deux nivellements de contrôle effectués en 1990 puis en 1991, par deux hydrologues différents, confirment que la station se trouve toujours avec un zéro à l'altitude 336,47 m. Seul, un élément de basses eaux a dû être installé, sur un UPN, en avril 1986.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 montre que la station est observée très régulièrement entre 1950 et 1975, puis de 1986 à 1989.

Mais la période 1976-1985 est pratiquement inobservée : si relevés il y a, ils ne concernent que quelques jours du mois.

Cette période mise à part, la station de Mbata est très bien observée, sans aucune erreur. La seule que nous ayons trouvée concerne une « crue » située entre le 30 juin et le 1er juillet 1952

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702016-1 **Mbata**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1951	C	C	C	C	C	C	C	*	-	-	*	*
1952	*	C	C	C	C	C	C	C	*	*	*	*
1953	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1954	C	C	*	C	*	C	C	C	C	C	C	C
1955	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1957	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1958	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1959	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1960	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1961	C	C	C	C	*	C	*	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1966	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1967	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1968	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1969	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1976												
1977												
1978	-	-	-	-	*	*	*	*	*	*	*	*
1979												
1980	*	*	*	*	-	*	*	-	-	*	*	*
1981												
1982												
1983	-	-	-	-	-	-	-	*	C	-	*	-
1984												
1985												
1986	-	-	-	-	C	C	*	*	*	*	*	*
1987	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1988	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1989	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

30 jaugeages ont été effectués à cette station, dont les résultats sont donnés par le tableau 2.

Ces jaugeages sont faits à partir d'un câble mis en travers de la rivière. Ici la seule difficulté, en bonne application de la *loi de Murphy*, provient des convois fluviaux non annoncés, qui se manifestent dès que le câble vient d'être installé : il faut détacher le câble, laisser passer le convoi et recommencer à nouveau la traversée du câble.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702016-1 **Mbata**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	23/02/1951	130	233
2	24/11/1951	240	392
3	20/04/1953	135	250
4	02/02/1955	164	280

5	16/09/1957	273	427
6	16/12/1960	210	360
7	11/12/1963	192	319
8	12/08/1966	216	378
9	22/02/1967	172	294
10	13/05/1967	136	218
11	09/11/1967	283	525
12	11/01/1968	201	333
13	23/04/1968	163	275
14	05/02/1969	157	266
15	02/04/1969	194	317
16	13/10/1969	314	562
17	29/10/1969	302	580
18	09/12/1969	228	412
19	09/02/1970	161	268
20	19/03/1970	156	266
21	18/11/1970	239	448
22	30/03/1971	156	270
23	13/05/1971	135	215
24	18/08/1973	236	406
25	19/04/1987	106	135
26	11/10/1987	204	297
27	03/10/1989	244	361
28	09/02/1990	99	124
29	04/08/1990	123	191
30	05/02/1991	83	117

5 - Étalonnages

La station est malheureusement instable et 4 étalonnages successifs ont été nécessaires :

- l'étalonnage n°1 concerne la première station et sa validité va d'octobre 1950 au 30 juin 1952. Sa période d'application est très réduite ;

- l'étalonnage n° 2, valable du 1er juillet 1952 jusqu'au 28 juillet 1962, se déduit du précédent par une simple translation de +60 cm dans les hauteurs d'eau (station reconstruite 60 cm plus bas) ;
- un premier détarage s'est produit en 1962, probablement causé par des travaux de déroctage en aval de Mbata (seuil Tavarès). Ce nouvel étalonnage est valable jusqu'en janvier 1976, date à laquelle les observations s'arrêtent ;
- les jaugeages n° 25 à 30 indiquent soit un détarage, soit une variation dans l'altitude du zéro de la station. Comme indiqué plus haut, l'altitude a été vérifiée par deux fois et une photographie récente de la station nous indique que les éléments actuels sont ceux de février 1969 (éléments fixés au pistolet à scellement sur la paroi du quai). Dans ces conditions, la seule hypothèse valable reste le détarage, occasionné probablement par une accumulation sableuse à l'aval. Ce dernier étalonnage (n° 4) a servi au traitement de la série des relevés 1986-1989.

La figure 1 donne l'allure de ces 4 courbes de tarage.

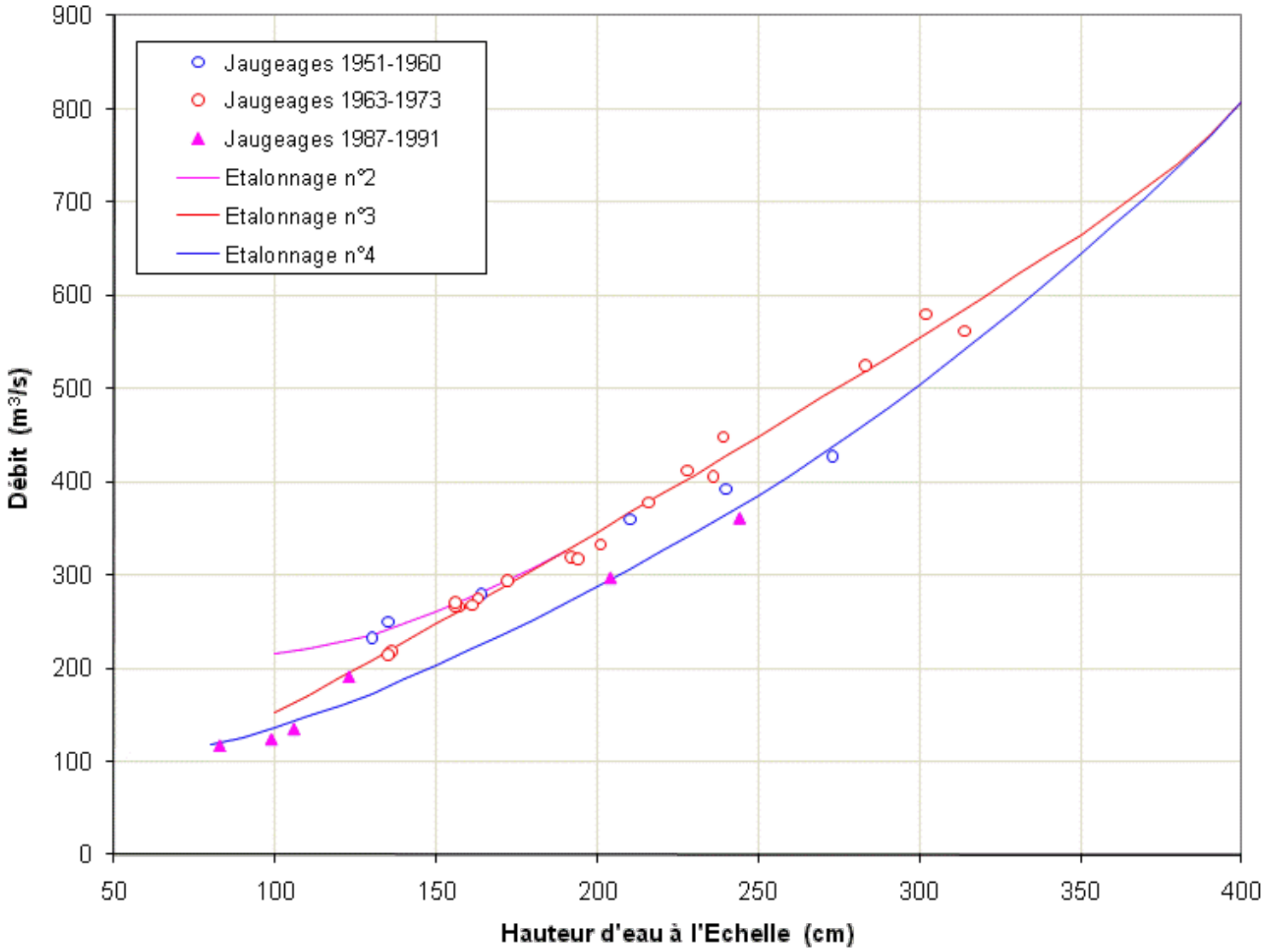


Figure 1

La Lobaye à Mbata. Etalonnage général

[Retour en haut du document]

Liste des stations

L'Oubangui à Mobaye

1 - Aspect géographique

La station de Mobaye se situe à 106 km en aval de Limassa, au droit des rapides. Entre Limassa (confluent de la Kotto) et Mobaye il n'existe pas de tributaire important : le bassin versant passe seulement de 398 500 km^2 à 403 800 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 04°19' de latitude Nord ;
- 021°11' de longitude Est.

Référence altimétrique :

La référence altimétrique a été déterminée en 1969 par la SATET (acronyme de signification inconnue) lors de l'étude topographique de l'axe routier Alindao-Mobaye.

- angle nord-ouest d'une citerne (sommet) : 388,77 m ;
- angle sud-ouest d'une dalle en ciment : 388,40 m ;
- borne hydrologique : 389,72 m.

(toutes ces altitudes en système *IGN 1957*).

Il existe 2 stations :

- une station en amont des rapides (que nous appellerons *Mobaye amont*) ;
- une seconde en aval des rapides (*Mobaye aval*).

Signalons l'existence d'une station située 26 km en aval de Mobaye, à l'usine cotonnière de Zangba, avec des relevés effectués de 1965 à 1968.

2 - Historique

Une première station est installée et observée par l'Administrateur-adjoint G. Bruel en 1897-1898, sans que l'on connaisse le calage de son zéro, conjointement avec des observations météorologiques (Bruel, 1899, 1900).

La station *Mobaye amont* est installée et exploitée par les *Voies navigables* (ou plus probablement par la mission Darnault (1947) vers 1928.

La station *Mobaye aval* est installée par l'ORSTOM le 3 février 1952, pour l'étude de l'aménagement des rapides de Mobaye. Cette station a son zéro calé 30 cm plus bas que l'échelle *Mobaye amont*.

Le zéro de l'échelle *Mobaye amont* est alors à l'altitude 379,09 m (*IGN 1957*).

La station *Mobaye aval* est fréquemment endommagée et les éléments sont décalés. Aussi la station est-elle remise en état le 18 avril 1954, tout comme d'ailleurs *Mobaye amont*. Les 2 stations ont le même zéro, d'altitude 379,12 m (*IGN 1957*).

La station *Mobaye aval* a pratiquement disparue dès 1961 et la station *Mobaye amont* ne vaut guère mieux à partir de 1966.

Début 1969, les éléments de l'échelle *Mobaye amont* étaient en très mauvais état ou avaient disparus. Seul l'élément 5-6 m paraissait n'avoir pas bougé et c'est à partir de celui-ci que la station a été refaite complètement le 13 mars 1970. Son zéro était à l'altitude 378,58 m (*IGN 1957*).

La station *Mobaye amont* est refaite le 3 avril 1973, puis le 30 mars 1974, avec toujours un zéro à l'altitude 378,58 m.

Une nouvelle station a été installée par les *Travaux publics* centrafricains en 1980, avec un zéro à l'altitude 379,05 m. Actuellement, la station est fortement perturbée par la mise en service de le centrale hydroélectrique de Mobayi-Mbongo (ex Banzyville) (voir Chapitre 9).

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

L'inventaire des lectures sur la station *Mobaye amont* est donné par la tableau 1.

Celles effectuées à la station *Mobaye aval* figurent dans le tableau 2.

La station *Mobaye amont* est observée de 1939 (année où commence la banque de donnée HYDROM pour cette station) à 1953, pratiquement sans lacune. La qualité des observations est bonne.

De 1953 à 1960, les observations sont faites sur la station *Mobaye aval*, avec quelques lacunes et surtout des mois manquants. Là aussi la qualité des observations est bonne.

Les relevés reprennent en 1962 à la station *Mobaye amont*, avec des manques de 1963 à 1966 et en 1968. La série est à peu près complète de 1969 à 1975. La qualité des observations est acceptable bien que décembre 1971 soit douteux, tout comme août à octobre 1972.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700115-1 **Mobaye (amont)**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1939	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	C
1940	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1941	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1942	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1943	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1944	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1945	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1946	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1947	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1948	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*

1949	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1950	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1951	*	-	-	C	-	C	C	C	C	C	C	C
1952	*	*	-	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1953	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-
1954												
1955												
1956												
1957												
1958												
1959												
1960												
1961												
1962	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-
1963												
1964												
1965												
1966												
1967	-	-	-	-	*	*	*	*	*	-	-	-
1968												
1969	*	-	-	-	*	*	*	*	*	*	*	*
1970	*	*	*	*	*	C	*	C	C	C	C	C
1971	C	C	-	*	-	-	*	C	C	C	*	C
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	*	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	*	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	*	*	*	*	*	*	*	*	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Tableau 2 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700114-1 **Mobaye (aval)**

Rivière : Oubangui

Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1953	*	-	-	*	*	C	C	*	C	*	C	C
1954	*	-	-	*	C	C	C	C	C	*	C	C
1955	*	-	-	C	C	C	C	*	C	C	-	C
1956	*	-	-	C	C	*	C	*	*	C	C	C
1957	*	*	*	C	C	C	C	*	*	C	C	C
1958	*	*	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1959	C	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C
1960	*	-	-	-	-	*	C	C	C	-	-	-
1961	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-	-
1962	-	*	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-
1963	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

18 jaugeages ont été effectués à Mobaye, tous par la méthode du cercle hydrographique.

Le tableau 3 donne les résultats de ces mesures.

Tableau 3 - Liste des jaugeages

Station : 1060700115-1 **Mobaye (amont)**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)	Auteur
1	09/05/1952	79	1390	*Aimé*
2	13/05/1952	89	1470	*Aimé*
3	20/11/1952	337	3930	*Tixier*
4	21/12/1952	166	1920	*Tixier*
5	27/04/1953	- 38	530	*Tixier*
6	21/07/1953	290	3390	*Tixier*
7	19/04/1954	24	886	*Tixier*
8	23/08/1954	392	4550	*Tixier*

9	26/08/1954	462	5900	*Tixier*
10	27/09/1954	500	6500	*Tixier*
11	07/10/1954	551	7400	*Tixier*
12	14/03/1970	155	1500	*Rouquerol*
13	16/01/1971	151	1470	
14	03/04/1973	- 6	308	*Mailhac*
15	03/04/1973	- 6	309	*Mailhac*
16	01/04/1974	- 3	337	*Mailhac*
17	21/04/1980	64	863	*Thébé*
18	25/04/1980	88	1090	*Thébé*

5 - Étalonnages

Station *Mobaye amont*

En utilisant les jaugeages n° 1 à n° 11 (c'est-à-dire ceux de la période 1952,1953) nous obtenons une courbe de tarage très acceptable (figure 1). Par contre les jaugeages n° 12 à 18 s'écartent de cette courbe (figure 2) de respectivement 58, 58, 61, 61, 60, 55 et 48 cm. Ceci indique un décalage systématique de l'ordre de 54 cm entre la station amont de 1954 et la station de 1970 : l'élément 5-6 m qui restait en place en 1969 avait donc bougé.

C'est à partir de l'altitude du zéro de la station de 1970 que nous avons défini, compte tenu de ce décalage de 54 cm, les altitudes du zéro des autres stations (valeurs qui figurent dans l'historique).

A partir de cette courbe, relative à la station de 1954, 5 étalonnages ont été définis, par translation du zéro :

- l'étalonnage n° 1 est valable du 1er janvier 1939 au 17 avril 1954 ;
- l'étalonnage n° 2 est valable du 18 avril 1954 jusqu'au 12 mars 1970 ;
- l'étalonnage n° 3 va du 13 mars 1970 au 25 novembre 1972 ;
- l'étalonnage n° 4 est valable du 26 novembre 1972 jusqu'au 2 mars 1973 ;
- enfin l'étalonnage n° 5 est valable depuis le 3 mars 1973.

L'extrapolation de ces étalonnages est assez importante : le plus fort jaugeage est à la cote 5,51 m (débit : 7 400 m3/s) tandis que barème va jusqu'à la cote 7,63 m (débit : 11 200 m3/s).

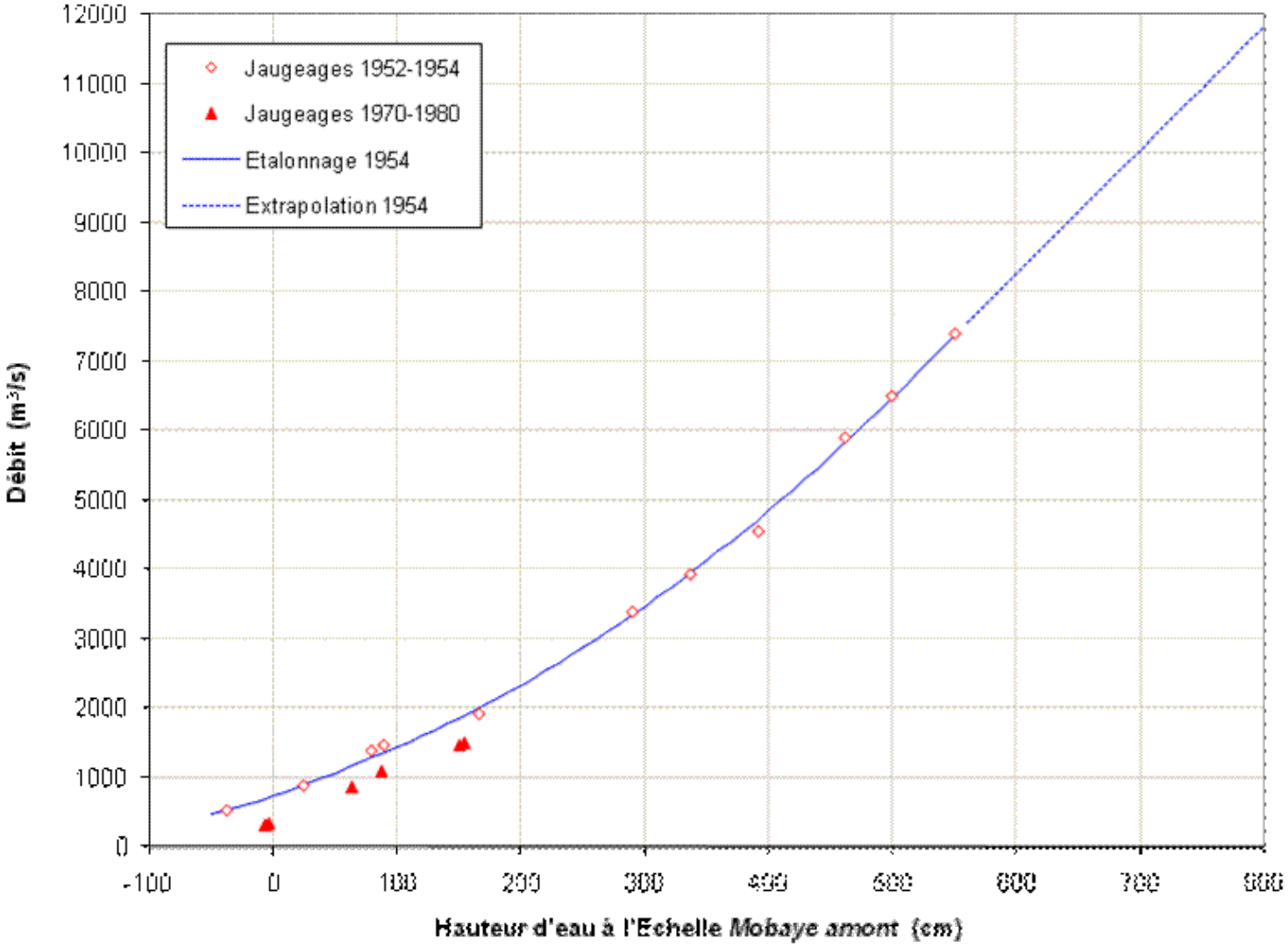


Figure 1

L'Oubangui à Mobaye (amont). Etalonnage général

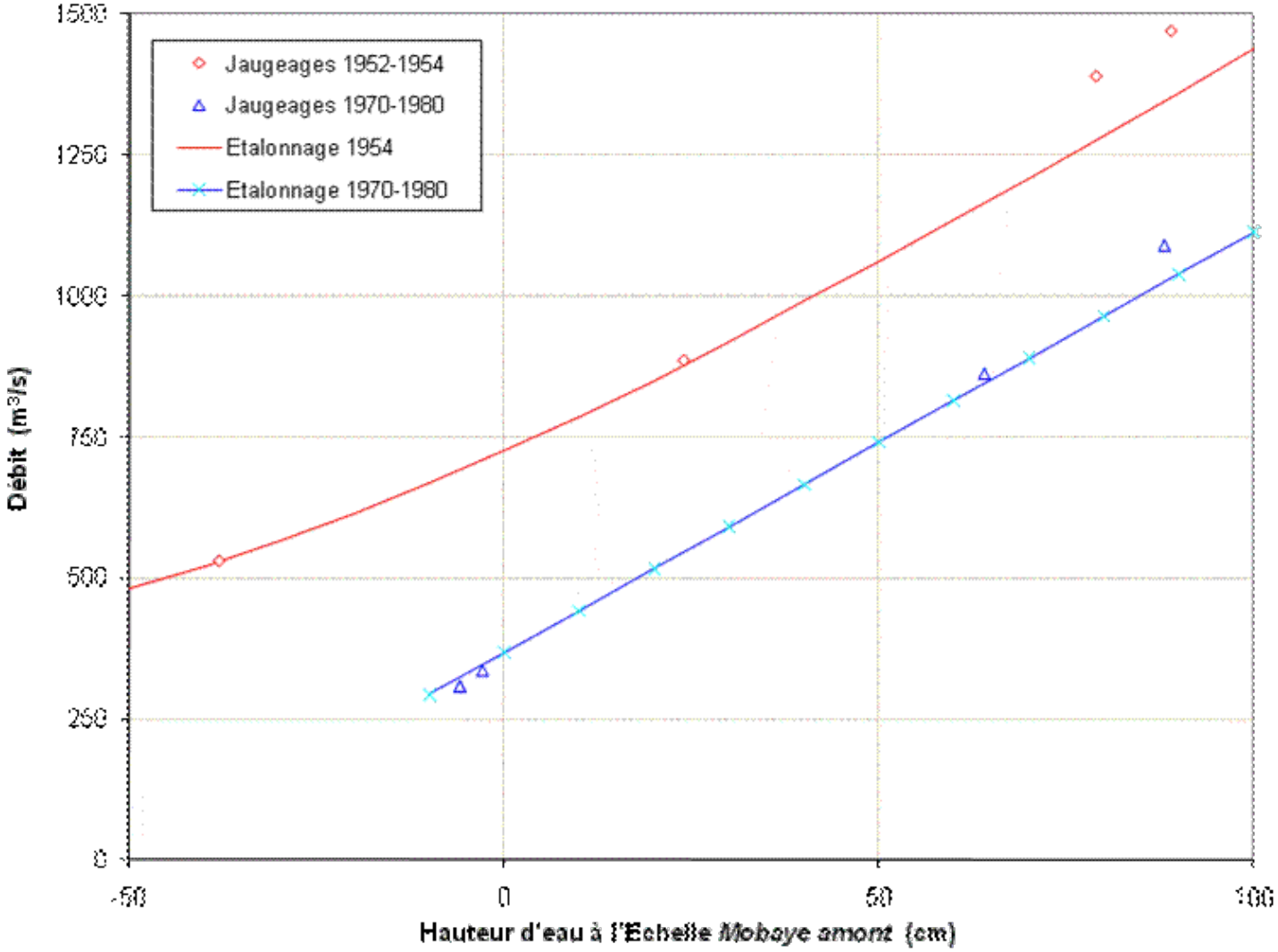


Figure 2

L'Oubangui à Mobaye (amont). Etalonnage des basses eaux

Station *Mobaye Aval*

En 1954, J. Tixier avait réalisé la correspondance entre les stations *Mobaye amont* et *Mobaye aval* (figure 3) (Tixier, 1954).

Cette relation a été utilisée pour étalonner la station aval en fonction des hauteurs et des débits de la station *Mobaye amont*.

Un seul étalonnage est utilisé de 1953 à 1963, période où des relevés existent à la station *Mobaye aval*.

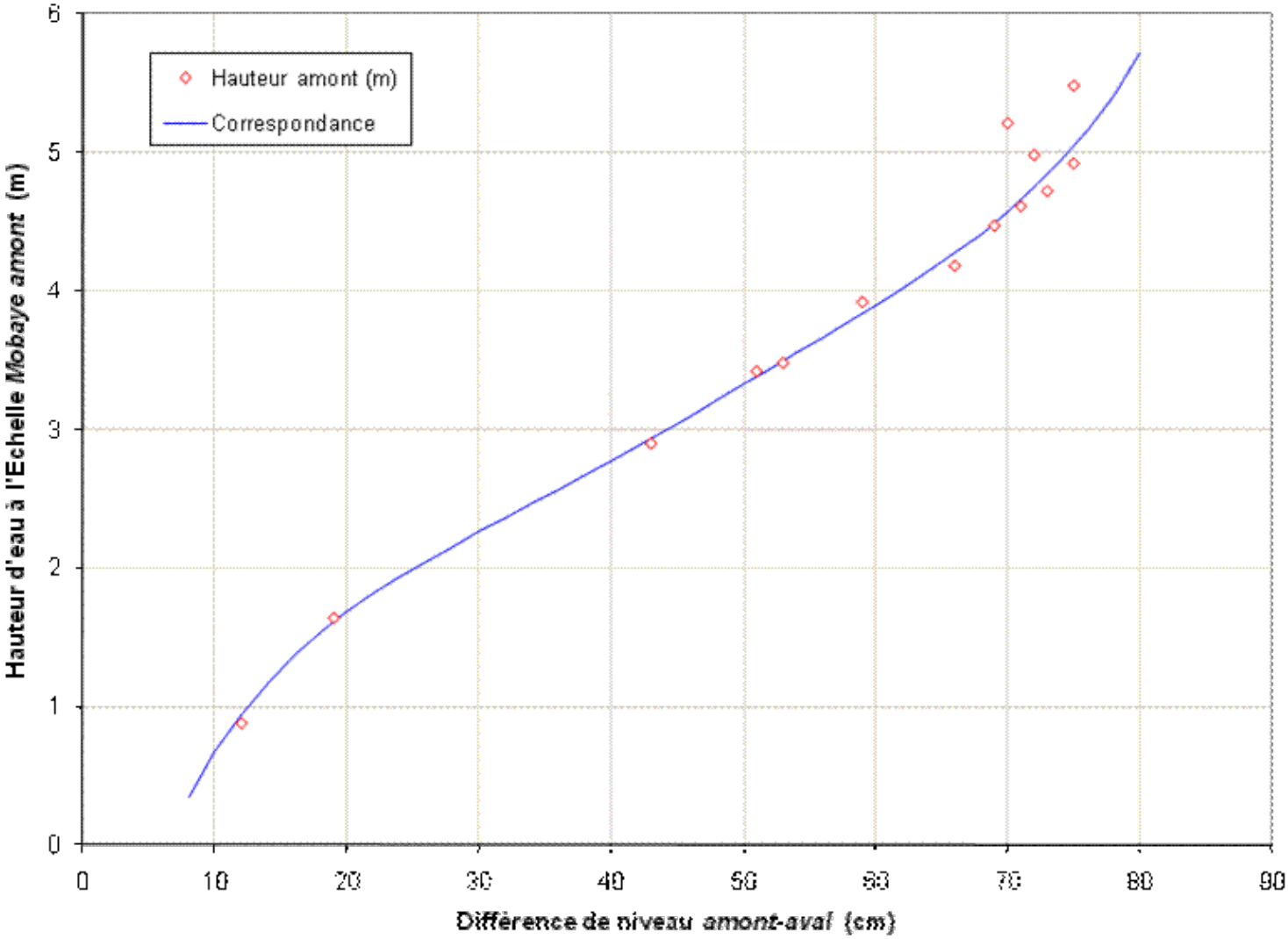


Figure 3

L'Oubangui à Mobaye. Relation en hauteur d'eau entre Mobaye-amont et Mobaye-aval (d'après J. Tixier)

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Mobenzélé

1 - Aspect géographique

La station est à 87 km en aval d'Impfondo.

Les coordonnées géographiques sont :

- 00°54' de latitude Nord ;
- 017°51' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant.

2 - Historique

Une première station est installée en 1937. Elle est reconstruite plusieurs fois, avec chaque fois un zéro différent.

Le 5 avril 1950, une nouvelle station est mise en place, à 30 m au nord-est d'un pilier astronomique qui a disparu avant 1980. Elle est composée de 2 éléments en aluminium coulé, l'un gradué de 1 m à 2,90 m et le second de 3 m à 7 m.

Un repère hydrologique se situe 9,08 m plus haut que le zéro de la station : il est constitué par la partie supérieure du pilier astronomique.

La partie supérieure du socle du pilier se trouve 7,96 m plus haut que le zéro.

Le zéro de cette station est plus bas de 23 cm que celui de la station de 1949.

L'élément 3 m à 7 m ayant été détruit, un élément de hautes eaux est mis en place le 14 août 1950. C'est un élément gradué de 3,95 m à 6,95 m. Il est situé à l'extrémité nord du village, soit à 500 m en amont de l'élément de basses eaux. Son zéro est à 7,93 m au-dessous de la borne hydrologique de la station de 1937. Les deux éléments ne se raccordent pas : il n'y a pas de lecture possible entre 3 m et 4 m.

Un document nous indique les décalages (admis provisoirement) du zéro des anciennes stations par rapport à celle de 1950 :

- année 1938 : basses eaux jusqu'au 16 juillet : - 29 cm ;
- du 17 au 31 juillet 1938 : décalage inconnu ;
- du 1er août au 16 novembre 1938 : - 44 cm ;
- du 17 novembre 1938 au 1er mai 1939 : - 29 cm ;
- du 2 au 16 mai 1939 : décalage inconnu ;
- du 16 mai au 16 juillet 1939 : - 87 cm ;
- du 17 au 31 juillet 1939 : décalage inconnu ;
- du 1er août au 16 décembre 1939 : - 44 cm ;
- du 17 au 31 décembre 1939 : décalage inconnu ;
- du 1er janvier au 1er août 1940 : - 22 cm ;

- du 2 au 16 août 1940 : décalage inconnu ;
- du 16 août au 1er décembre 1940 : - 18 cm ;
- du 2 au 15 décembre 1940 : décalage inconnu ;
- le 16 décembre 1940 : - 22 cm ;
- du 17 décembre 1940 au 31 janvier 1941 : décalage inconnu ;
- du 1er février au 1er juillet 1941 : - 80 cm ;
- du 2 au 15 juillet : décalage inconnu ;
- du 16 juillet au 16 décembre 1941 : - 18 cm ;
- du 17 au 31 décembre 1941 : décalage inconnu ;
- du 1er janvier au 1er juillet 1942 : - 30 cm ;
- du 2 au 15 juillet 1942 : décalage inconnu ;
- du 16 juillet au 1er décembre 1942 : - 45 cm ;
- du 2 au 15 décembre : décalage inconnu ;
- du 16 décembre 1942 au 16 juillet 1943 : - 63 cm ;
- du 17 au 31 juillet 1943 : décalage inconnu ;
- du 1er août au 1er décembre 1943 : - 45 cm ;
- du 2 au 15 décembre 1943 : décalage inconnu ;
- du 16 décembre 1943 au 16 janvier 1944 : - 63 cm ;
- du 17 au 31 janvier 1944 : décalage inconnu ;
- du 1er février au 1er décembre 1944 : - 45 cm ;
- du 2 au 15 décembre 1944 : décalage inconnu ;
- du 16 décembre 1944 au 1er août 1945 : - 54 cm ;
- du 1er au 15 août 1945 : décalage inconnu ;
- du 16 août au 1er décembre 1945 : - 24 cm ;
- du 2 au 15 décembre 1945 : décalage inconnu ;
- du 16 décembre 1945 au 31 mars 1949 : - 54 cm ;
- du 1er avril au 31 octobre 1949 : +22 cm.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Il y a eu des observations en 1938, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945 et 1946 mais elles ne figurent pas dans nos archives.

Nous ne disposons seulement de :

- année 1949 : avril (du 15 au 30), mai à septembre, octobre (du 1er au 20) ;
- année 1950 : avril (du 3 au 30), mai, juin (du 1er au 22).

4 - Jaugeages *:* néant

5 - Étalonnage : néant

[Retour en haut du document]

Liste des stations

La Lobaye à Mongoumba

1 - Aspect géographique

La station de Mongoumba se trouve au bac de la route Mbaïki-Mongoumba, en rive gauche, à l'amont immédiat de la rampe d'accès au bac.

Cette station est à 13 km en aval de Batalimo et à 6 km seulement du confluent Lobaye-Oubangui. Elle est donc très influencée par le niveau de l'Oubangui. La superficie de son bassin versant est de 31 100 km^2 (soit 400 km^2 de plus que Batalimo et 1 500 de plus que Safa).

Les coordonnées géographiques sont :

- 03°41' de latitude Nord ;
- 018°32' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule U.ab.9 situé au carrefour des pistes allant de Mbaïki à Zinga et à Mongoumba. Son altitude est de 338,80 m (*IGN 1956*).

2 - Historique

Une première station est installée, à une date inconnue, par les *Voies navigables* pour les besoins d'une étude du projet d'aménagement du cours inférieur de la Lobaye.

Une seconde station est installée par l'ORSTOM, à son emplacement actuel, le 23 février 1967. Elle se compose de 4 éléments superposés vissés sur un madrier, lui-même enfoncé dans le sol et fixé à un arbre à sa partie supérieure.

Les relevés ORSTOM commencent en avril 1967.

Jusqu'au 18 avril 1967, le zéro de la station est à l'altitude 332,21 m (*IGN 1956*).

Du 18 avril au 5 juin 1967, le zéro est à 332,02 m.

À compter du 5 juin 1967, le zéro de la station est à l'altitude de 332,08 m (*IGN 1956*). Ces renseignements, communiqués par les *Voies navigables*, sont en concordance avec un nivellement effectué le 12 mai 1967 par l'ORSTOM.

Un élément négatif (9-10 m) est installé le 2 avril 1975.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne l'inventaire des relevés disponibles dans la Banque de données HYDROM.

Les relevés antérieurs à janvier 1968 ne figurent pas dans cette Banque et ne sont pas dans les archives du Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702020-1 **Mongoumba**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1969	C	C	C	C	C	C	C	-	-	*	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	C	C
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1972	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	-	-	C	C	C	*	C	C	C	C
1975	C	*	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Les observations sont, d'une façon générale, de bonne qualité. Commencées par l'ORSTOM, elles sont assurées par les *Travaux publics* centrafricains depuis 1971.

Les seules remarques concernent :

- un palier en mai-juin 1969 ;
- une « décrue » entre le 30 avril et le 1er mai 1971 ;
- un palier en avril 1971 ;
- une erreur de 1 m dans les premiers jours d'août 1974 (erreur rectifiée dans la Banque de données HYDROM).

4 - Jaugeages.

Les résultats des 2 seuls jaugeages sont donnés par le tableau 2.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702020-1 **Mongoumba**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	23/02/1967	40	299
2	12/05/1967	4	240

Les cotes de ces jaugeages correspondent à la station actuelle (zéro à 332,08 m).

5 - Étalonnage

La station est influencée par le niveau de l'Oubangui. Il n'existe aucun étalonnage.

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Mongoumba

1 - Aspect géographique

Située à 4 km en aval du confluent Lobaye-Oubangui, cette station contrôle un bassin versant de 553 900 km^2.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 03°38' de latitude Nord ;
- 018°36' de longitude Est.

Référence altimétrique : inconnue (altitude voisine de 327-330 m).

2 - Historique

Une première station est installée en 1910 par la mission Roussilhe (1913).

Une seconde station date de 1937, avec des relevés effectués par les *Voies navigables*.

La station est refaite en avril 1948, puis le 12 juin 1949. Par rapport au zéro de la station de 1949, les décalages en altitude sont :

- station de 1937 :
  - élément 0-3 m plus bas de 12 cm,
  - élément 3 m et au-dessus plus bas de 17 cm ;
- station de 1948 : élément 0-3 m plus bas de 2 cm.

Le zéro de la station actuelle est en concordance avec Zinga. Il est à l'altitude de 329,49 m (nivellement effectué par les *Voies navigables*).

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Dans la banque de données HYDROM, seule existe la période 1947-1950.

Les observations sont correctes.

4 - Jaugeages : néant

4 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Kotto à Nganda

1 - Aspect géographique

Cette station se trouve à 63 km en aval de Kembé et à 11 km en amont du confluent Kotto-Oubangui. Son bassin versant est de 81 000 km^2 (pour 77 750 km^2 à Kembé).

Elle se situe au bac de la route Kembé-Nganda-Ouango, en rive droite.

Les coordonnées géographiques sont :

- 04°19' de latitude Nord ;
- 022°04' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (station située entre 337 et 333 m).

2 - Historique

La station est installée par l'ORSTOM le 20 juin 1957 et abandonnée en 1965.

Le 28 mars 1973, la station est refaite par l'ORSTOM. L'ancienne station est retrouvée et les éléments sont calés avec un zéro à la même altitude que celle de l'ancienne station.

Aucune référence sur une éventuelle borne hydrologique.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Les relevés de l'ancienne station ne figurent ni dans la Banque de données Hydrom, ni dans les archives du Laboratoire d'hydrologie. Seuls existent les relevés de la nouvelle station.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060701815-1 **Nganda**
Rivière : Kotto
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	-	-	-	-	*	*	*	*	-	*	*	*
1974	*	*	*	*	*	*	*	*	C	C	*	*
1975	*	*	*	-	*	*	*	*	*	-	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Il semblerait que les observations soient effectuées pour le compte des *Voies navigables*. Elles sont correctes dans l'ensemble, mis à part une crue brutale (la cote passe de 3,36 m à 4,50 m) entre le 31 août et le 1er septembre 1974, crue qui ne se retrouve pas sur le limnigramme de Kembé.

4 - Jaugeages : néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Lobaye à Ngotto

1 - Aspect géographique

Cette station est construite par les *Travaux publics* centrafricains et contrôle un bassin versant de 15 480 km^2.

Elle est située au bac de la route Boda-Bambio, en rive droite, en amont du confluent de la Lobaye avec la Mbaéré

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°03' de latitude Nord ;
- 017°21' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude comprise entre les points cotés 443 et 521 m).

2 - Historique

La station est installée le 18 mars 1971. Elle est constituée des éléments 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m et 3-4 m, tous sur UPN de 80.

Une borne hydrologique est située en rive droite, sur un monticule près d'un gros arbre. La dénivelée avec le zéro de la station est de - 3,60 m.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 montre que les seuls relevés de hauteur d'eau disponibles dans la banque de données HYDROM ne concernent que la période 1973-1975.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702021-1 **Ngotto**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	-	-
1975	C	C	C	-	-	-	C	C	C	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Ces relevés sont satisfaisants.

4 - Jaugeages : néant

5 - Étalonnage: néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Kémo à Ngriko

En réalité, la Kémo est formée de la réunion de la Tomi et de la Kouma. C'est la Kouma qui passe à Ngriko.

1 - Aspect géographique

Située sur un ancien pont – détruit – de la route Bangui-Bambari, cette station contrôle un bassin versant de 5 180 km^2.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°45' de latitude Nord ;
- 019°25' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude 408 m).

2 - Historique

La station est installée le 13 janvier 1953 par l'ORSTOM, sur la culée rive gauche du pont.

En septembre 1962, la station est complètement abîmée, les éléments 2-3 m et 3-4 m n'existent plus.

En mars 1965, elle a pratiquement disparue : il ne reste que l'élément 1-2 m, enterré jusqu'à 1,8 m dans les cailloux de la culée.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 montre que les observations sur cette station se sont effectuées de manière tout à fait fragmentaire.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060701505-1 **Ngriko**
Rivière : Kémo
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1954	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1955	-	-	-	-	-	-	-	C	C	-	-	*
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1957	-	C	*	-	-	-	-	*	C	C	C	-
1958	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	*
1959	C	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1960	-	-	-	-	-	*	-	-	-	C	C	C

1961	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C	C	*
1962	-	C	-	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1963	C	C	C	-	C	C	C	C	C	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

De plus, la qualité des observations est exécrable :

- en 1954, palier à 3,50 m du 10 au 15 octobre, et « escaliers » en novembre et décembre ;
- en 1956, « crue » du 20 au 21 janvier, « décrue » du 31 juillet au 1er août, du 31 octobre au 1er novembre. La forme du limnigramme est inquiétante et ne correspond sûrement pas à la réalité ;
- en 1957, « crue »du 28 février au 1er mars. Les mois de septembre, octobre et novembre sont manifestement faux ;
- l'année 1958 est fausse en totalité (il y a même un 31 septembre !) ;
- en 1960, il existe un 31 juin ! ;
- en 1961, « décrue » du 31 octobre au 1er novembre ;
- en 1962, « crue » du 31 août au 1er septembre ;
- en 1963, « décrue » du 30 juin au 1er juillet.

Cette station est une des plus mauvaises du Centrafrique, par manque d'observateur consciencieux.

4 - Jaugeages

6 jaugeages sont effectués sur cette station :

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060701505-1 **Ngriko**
Rivière : Kémo
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	13/12/1953	137	12,0
2	14/04/1954	94	3,40
3	17/04/1955	111	5,25
4	12/03/1956	143	12,8
5	27/08/1956	300	68,4
6	27/09/1960	290	59,1

5 - Étalonnage

Vu le peu de qualité des observations limnimétriques, aucune traduction en débit n'a été faite.

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Ndjoundou

1 - Aspect géographique

Cette station se trouve à 76 km en aval de Lilanga et à 20 km en amont du confluent Oubangui-Congo.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 00°20' de latitude **Sud** ;
- 017°41' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant.

2 - Historique

La station est installée en 1950 par le *Service hydrographique* congolais.

Le zéro de la station est à 5,32 m au-dessous du sommet d'une borne hydrométrique qui a disparu avant 1980.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Nous ne disposons, dans les archives du Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM, que des relevés du 29 mars au 8 juillet 1950.

Ces relevés sont corrects, sauf le 11 mai où, manifestement, la cote est fausse de 2,00 m (lire 1,22 m et non 3,22 m).

4 - Jaugeages *:* néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

Le Mbokou à Obo

1 - Aspect géographique

Cette station est la plus orientale des stations hydrométriques du Centrafrique. Elle contrôle un bassin versant de 5 960 km^2.

La station est située sur la route Obo-Djéma, au bac, et en rive gauche du Mbokou.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°24' de latitude Nord ;
- 026°30' de longitude Est.

Rattachement altimétrique : il n'y a pas de rattachement au nivellement général (altitude d'environ 532 m).

2 - Historique

Une première station est construite le 13 juillet 1953 par l'ORSTOM, sans rattachement altimétrique. Les éléments sont installés sur des supports en bois.

Les dernières lectures à cette ancienne station sont effectuées en 1959.

Le 8 mars 1967, l'hydrologue constate que la station a totalement disparu. D'après les archives, le zéro de la station « aurait été rattaché au niveau du radier, aujourd'hui disparu ». Il installe un élément provisoire, 50 m en amont du bac, sans rattachement altimétrique.

En 1971, la station est prise en compte officiellement par les *Travaux publics* centrafricains et le 17 février 1971, la réinstallent et la rattachent à une borne du service du Cadastre, située sur l'axe de la route Obo-Djéma, à 30 m environ de la rive gauche et à 15 m de l'élément 6-7 m.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne l'inventaire des relevés de hauteur d'eau à la station.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702305-1 **Obo**
Rivière : Mbokou
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1953	-	-	-	-	-	-	*	C	C	-	-	*
1954	*	-	-	*	*	C	C	C	C	C	*	C
1955	C	*	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1957	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	C	C	C	*	C	C	C	*	-	-	-	-
1959	-	-	-	-	-	-	*	*	C	-	-	-
1960												

1961												
1962												
1963												
1964												
1965												
1966												
1967												
1968												
1969												
1970												
1971	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C	C	-
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	-	C	C	C	C	C	-	-	-	-	-
1975	C	-	C	C	C	C	C	*	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Les relevés sont de bonne qualité, de 1953 à août 1958 puis de juillet 1971 à janvier 1975. Bien que ce soit toujours le même observateur depuis 1971, les observations, excellentes jusqu'à fin janvier 1975, sont totalement fausses de février à juin 1975 et très douteuses depuis.

4 - Jaugeages

Malgré les difficultés liées à l'état de la piste pour se rendre par la route de Bangassou à Obo, 10 jaugeages y ont été effectués (tableau 2).

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702305-1 **Obo**
Rivière : Mbokou
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	13/07/1953	200	17,0
2	24/12/1953	49	3,30
3	07/08/1954	270	22,0
4	12/09/1954	700	90,0
5	12/04/1955	78	5,50
6	20/08/1957	483	40,5

7	08/03/1967	67	4,14
8	19/02/1987	21	0,715
9	15/01/1989	42	1,80
10	08/03/1990	12	0,370

5 - Étalonnage

L'extrapolation n'est pas excessive : le plus fort jaugeage a été effectué avec une cote à l'échelle de 7,00 m, alors que l'étalonnage va jusqu'à 7,90 m (figure 1).

Il est assez surprenant de voir que les 3 stations successives (1953, 1967 et 1971) ont été installées avec des zéros pratiquement au même niveau alors qu'aucun rattachement altimétrique n'avait été effectué. La courbe de tarage en basses eaux (figure 2) permet difficilement de distinguer un décalage du zéro (qui, au plus, ne serait que de l'ordre d'une dizaine de centimètres) entre la station de 1953 et celle de 1971. De même, le jaugeage de 1967 se situe très bien sur la courbe hauteur-débit.

Un seul étalonnage couvre la période 1953-1975.

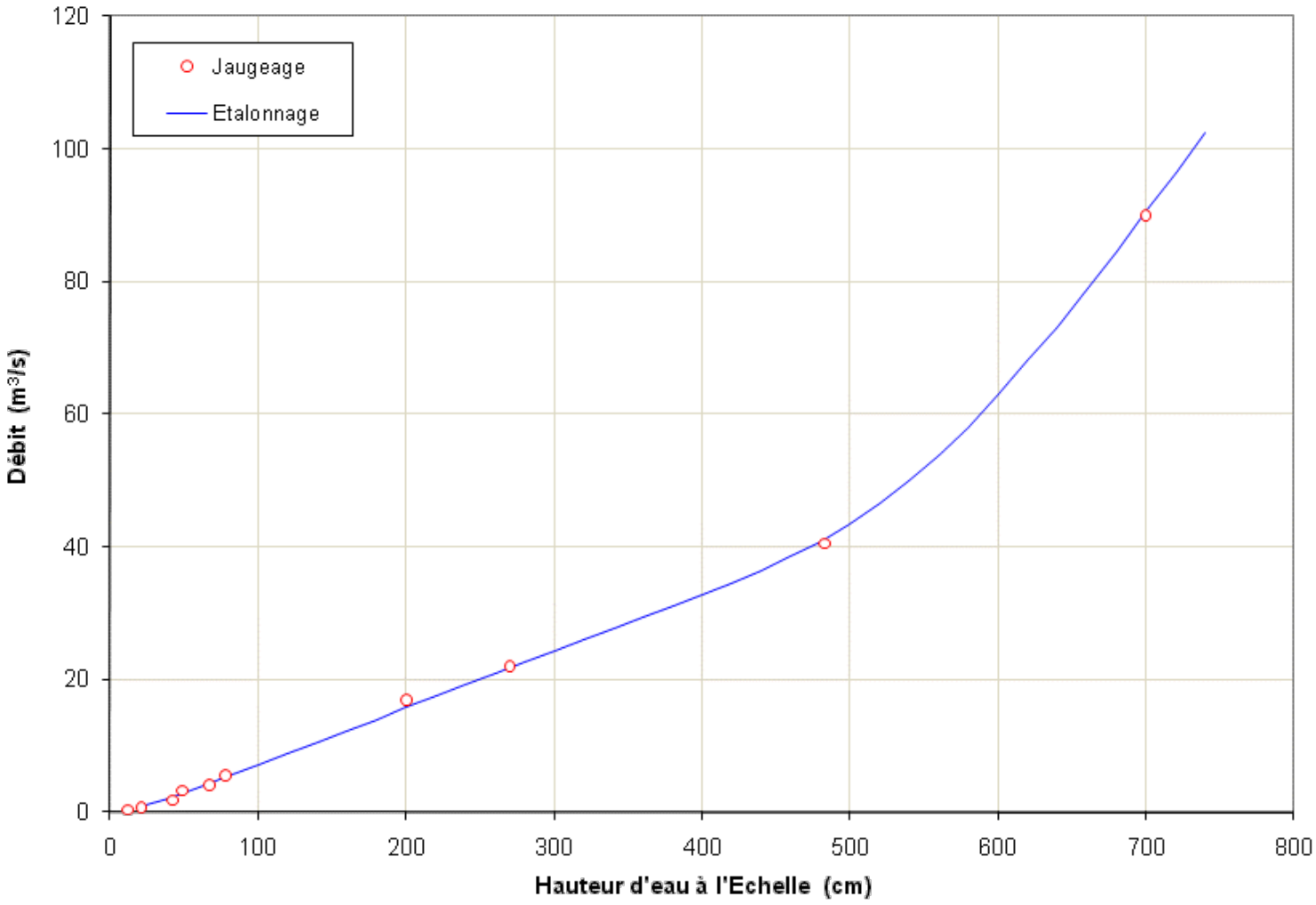


Figure 1

Le Mbokou à Obo. Etalonnage général

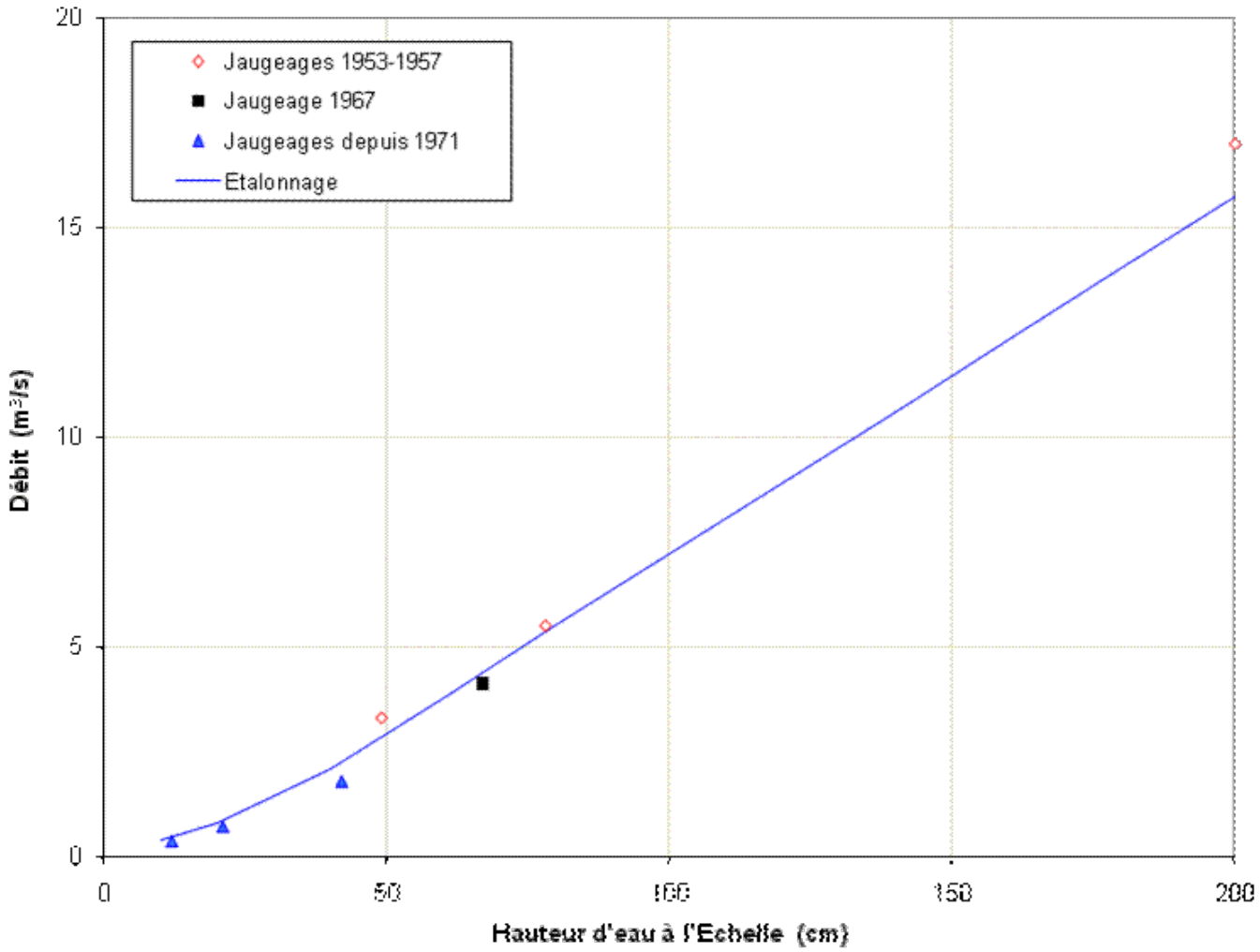


Figure 2

Le Mbokou à Obo. Etalonnage des basses eaux

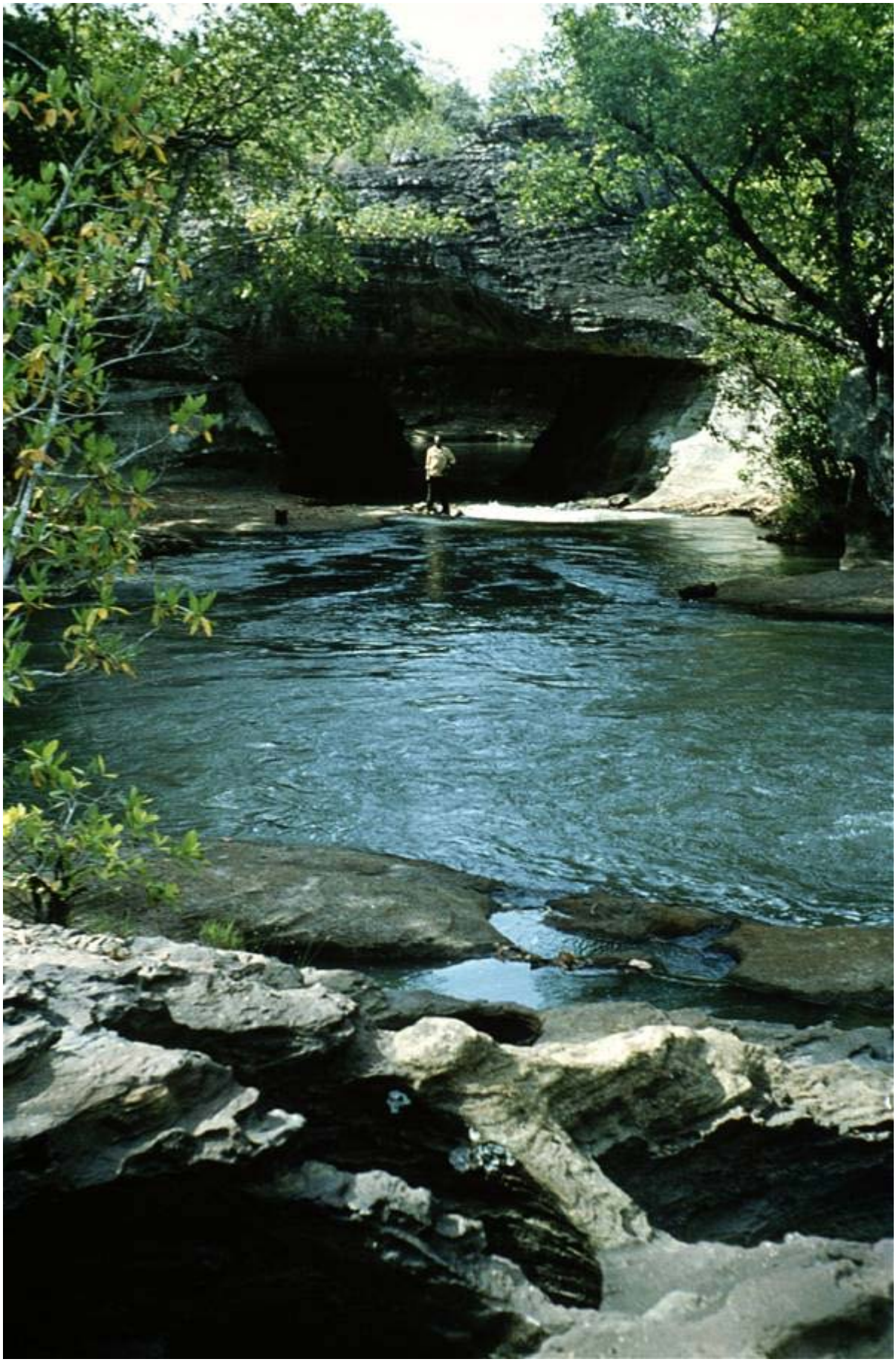
Retour en haut du document

Liste des stations

La Pipi à Ouadda

1 - Aspect géographique

La Pipi est un affluent de rive droite de la Kotto. Elle coule sur un plateau gréseux et, à l'amont même de Ouadda, elle s'enfonce en gorges sur 16 km : son cours est parsemé de marmites de géants et franchit même un pont naturel, « point de passage obligé des anciennes caravanes » (d'après Y. Boulvert). A Ouadda même, le lit est rocheux, très tourmenté.



La Pipi à 20 km au nord de Ouadda. Le pont naturel se devine sous le feuillage. Noter, au premier plan, les marmites de géant. (*Photo © IRD – Y. Boulvert*)

La station est à Ouadda même et contrôle un bassin versant de 2 500 km^2.

C'est la station la plus septentrionale du bassin oubanguien.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 08°04' de latitude Nord ;
- 022°24' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule FQR, situé sur une borne astronomique au carrefour des routes allant à Ndélé, Birao et Bria. Son altitude est : 714,521 m (*IGN 1958*).

2 - Historique

Une première station (3 éléments) est installée par l'ORSTOM le 1er mai 1955. Elle est située derrière l'ancienne résidence du sous-préfet de Ouadda, pratiquement au droit du carrefour où est située la référence altimétrique. L'élément 1-2 m est cloué sur un arbre, les deux autres sont sur supports métalliques. L'altitude du zéro de cette station est de 692,32 m (*IGN 1958*).

Le 29 janvier 1966, l'élément 3-4 m est installé.

Le 12 mai 1967, les éléments 1-2 m et 2-3 m sont réinstallés sur un seul support, cimenté dans le rocher. L'élément 0-1 m disparaît le 30 août 1968.

La station est reconstruite en rive droite (les éléments de basses eaux ayant été emportés par les eaux) le 18 février 1969 mais 900 m en amont de la précédente, derrière la nouvelle résidence du sous-préfet et dans son jardin potager. Elle est constituée par les éléments 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m, tous sur UPN de 80.

L'altitude du zéro de cette nouvelle station est de 694,01 m (*IGN 1958*), d'après un nivellement effectué le 30 mars 1970.

Un repère hydrologique est à l'altitude de 699,56 m (*IGN 1958*) : c'est le sommet d'un clou scellé dans une marche de l'escalier du jardin.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne l'inventaire des observations effectuées à la station de Ouadda.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060705505-1 **Ouadda**
Rivière : Pipi
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957	C	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	*
1959	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1960												

1961												
1962												
1963												
1964												
1965												
1966												
1967												
1968	*	C	C	C	C	C	C	*	-	-	-	-
1969	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

La qualité des observations n'est pas très bonne.

- l'ensemble des relevés de 1960 à 1967 ont été éliminés car totalement faux et ne figurent pas dans la Banque de données HYDROM ;
- 1968 aurait dû subir le même sort.
- 1970 est très douteux, surtout en septembre et octobre ; il y a une « crue » entre le 30 novembre et le 1er décembre.

4 - Jaugeages

7 jaugeages seulement ont été effectués à cette station, très difficile d'accès.

Une seule mesure concerna la station de 1955.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060705505-1 **Ouadda**
Rivière : Pipi
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)

1	30/04/1955	81	3,60
2	04/09/1969	163	25,5
3	06/09/1969	180	31,3
4	06/09/1969	185	33,2
5	08/09/1969	184	31,7
6	08/09/1969	178	31,3
7	30/03/1970	57	4,38

5 - Étalonnages

Il est bien difficile, vu cet échantillon restreint, de donner autre chose qu'un étalonnage approximatif de la station (figure 1) de 1969.

En ce qui concerne la station de 1955, l'étalonnage, qui ne s'appuie que sur les mesures de 1969 et 1970, ne peut donner qu'une simple indication sur les débits : la station n'étant plus au même emplacement, les profils en travers et les pentes d'eau sont différents.

Il existe ainsi 2 étalonnages :

- étalonnage n° 1, relatif à la station de 1955 (validité : du 1er mai 1955 au 6 février 1969) ;
- étalonnage n° 2, relatif à la station de 1969 (validité : depuis le 17 février 1969).

L'extrapolation en hautes eaux est importante : l'étalonnage doit aller jusqu'à une cote de 4,00 m alors que le plus fort jaugeage n'a été réalisé qu'à la cote de 1,85 m.

Dans ces conditions, il ne faut pas s'illusionner sur la précision des débits ainsi déterminés.

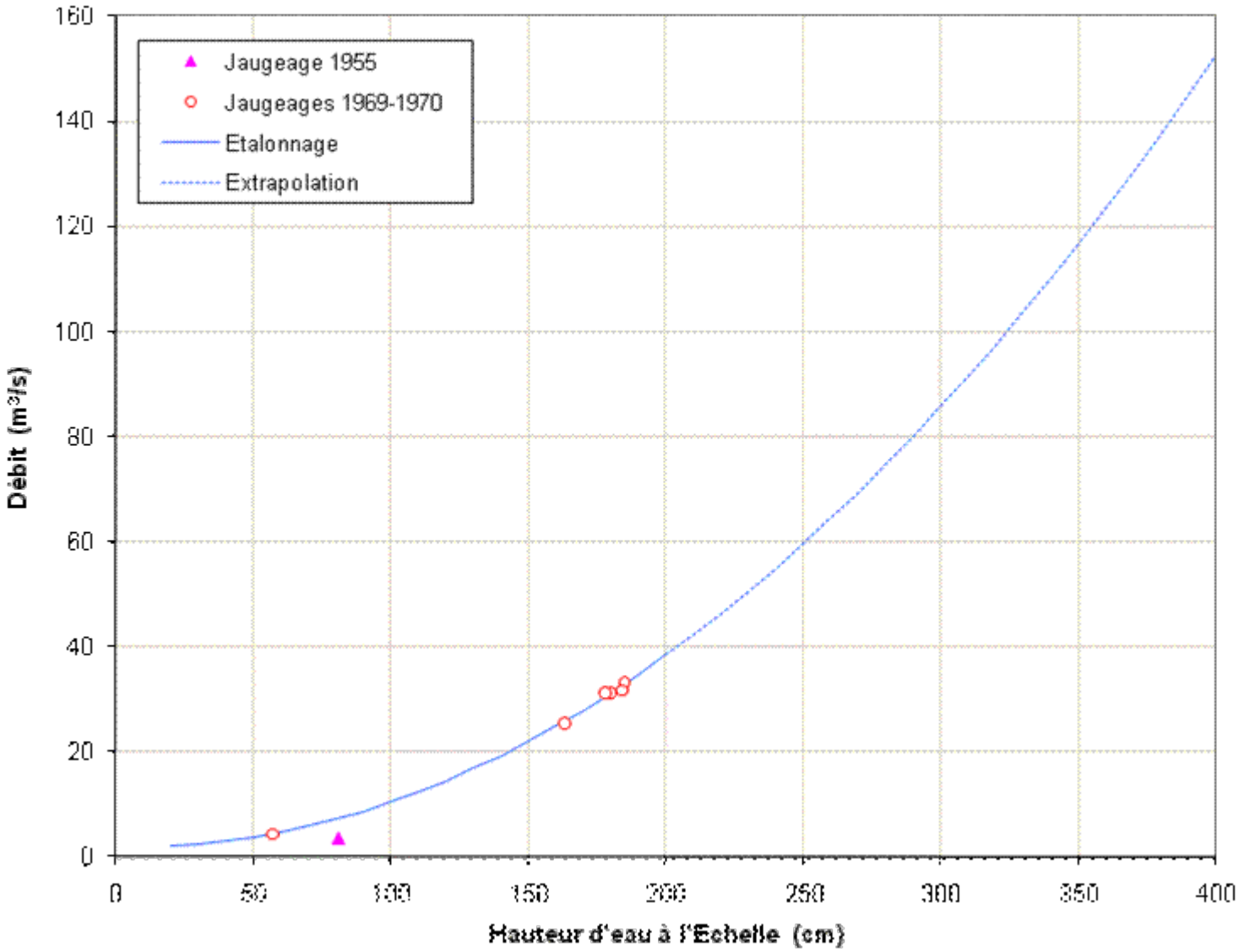


Figure 1

La Pipi à Ouadda. Etalonnage n° 2

[Retour en haut du document]

Liste des stations

Le Mbomou à Ouango

1 - Aspect géographique

Cette station a eu de l'importance puisqu'elle marquait la limite amont de la navigabilité sur l'Oubangui et permettait de savoir si le fleuve était navigable ou non en amont de Bangui.

Le bassin versant, à Ouango, est de l'ordre de 141 000 km^2. La station est située près de l'ancienne boutique de la *Société Moura et Gouveia*, les relevés étant effectués autrefois par la *Compagnie générale des transports en Afrique* (CGTA) pour ses propres besoins de navigation fluviale.

Elle est située à 13 km en aval des rapides de Gozobangui (appelés aussi *chutes Hanssens*).

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°19' de latitude Nord ;
- 022°34' de longitude Est.

Rattachement altimétrique : il n'y a pas de rattachement altimétrique (altitude d'environ 400 m, suivant la carte IGN au 1/200 000).

2 - Historique

Là aussi, la première station date de la mission Darnault de 1928 (Darnault, 1947) sans que nous ayons trace des relevés. Elle consiste en 2 éléments 0-2 m et 2-5 m, sur supports en bois eux-mêmes fixés sur un arbre.

Le 25 juillet 1967, ces supports sont penchés, branlants et décalés.

Le 17 janvier 1969, la station est en très mauvais état et les observations n'y sont plus faites.

Il est vite apparu que, vu l'importance de l'Uele, seule la station de Kemba (située seulement 27 km en aval de Ouango) est représentative pour l'annonce des crues et des étiages.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

La banque de données HYDROM n'a aucun relevé de hauteurs d'eau sur cette station.

4 - Jaugeage : aucun jaugeage n'a été effectué à Ouango

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Kokoué (ou *Koukoué*) à Ouda Kota

1 - Aspect géographique

Cette station est installée par l'ORSTOM pour les besoins d'une étude hydrologique pour un chemin de fer Bangui-N'Djamena. Elle est située au pont de la route Bossembélé-Bossangoa, à 20 km au sud de la station de Togbo (sur la Mpoko). Elle contrôle un bassin versant de 575 km^2.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°49' de latitude Nord ;
- 017°33' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule G.ce.17, situé sur le parapet du pont, coté aval, rive droite. Son altitude est de 584,431 m (*IGN 1956*).

2 - Historique

La station est mise en place en 1957 et comporte 2 éléments (0-1 m et 1-3 m) sur supports métalliques. L'altitude de son zéro est de 578,90 m (*IGN 1956*), d'après un nivellement du 4 février 1965 et une vérification le 14 décembre 1966.

La station est abandonnée en 1966.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Les relevés existent de 1958 à 1965.

La qualité des observations n'est pas très bonne, avec de nombreuses « crues » ou « décrues » le premier jour du mois, en 1959, 1960 et 1961.

La période décembre 1962-janvier 1963 est douteuse, tout comme septembre 1963 à mars 1964. Les relevés de 1964 et 1965 sont faux.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060703605-1 **Ouda Kota**
Rivière : Kokoué
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1958	-	-	-	-	C	C	*	C	C	C	C	*
1959	C	-	-	-	-	*	C	C	C	C	C	C
1960	C	-	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

1962	C	C	C	C	-	-	C	C	C	*	C	C
1963	*	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C
1964	C	C	C	C	C	C	*	*	*	C	C	C
1965	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

3 jaugeages ont été effectués à cette station :

- 17 mai 1958, h = 0,49 m Q = 2,9 m^3/s ;
- 16 juillet 1958, h = 0,63 m Q = 3,8 m^3/s ;
- 8 novembre 1960, h = 1,99 m Q = 13,6 m^3/s.

5 – Etalonnage : aucun étalonnage n'a été établi.

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Palambo

1 - Aspect géographique

Cette station est installée par les *Voies navigables*, au droit des rapides de Palambo, souvent appelés *rapides de l'Éléphant*. Elle contrôle un bassin versant de 484 500 km^2.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°42' de latitude Nord ;
- 18°57' de longitude Est.

Rattachement altimétrique : il n'y a aucun rattachement altimétrique (cote voisine de 349 m).

2 - Historique

La station a dû être installée antérieurement à l'année 1940 puisque un document du service hydrographique des *Voies navigables* indique l'existence de relevés depuis cette année là.

Exploitée par les *Voies navigables*, cette station a été abandonnée en 1955.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Aucun relevé limnimétrique ne figure dans la banque de données HYDROM. Il y a, en archives au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM, des relevés de 1947 à 1950 et de 1952 à 1954.

4 - Jaugeages : néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

Le Chinko à Rafaï

1 - Aspect géographique

Le Chinko, rivière de 658 km de longueur, est un affluent de rive droite du Mbomou. Il reçoit, successivement de l'amont vers l'aval, la Douyou puis le Keupi, le Botou, le Vovodo (lui-même grossi des eaux de la Bita et de l'Ango) et enfin l'Ali.

La station de Rafaï est à 21 km du confluent avec le Mbomou, avec des rapides sur ce tronçon : la station n'est pas influencée par le niveau du Mbomou. Elle contrôle un bassin versant de 52 060 km^2.

Elle est située à l'emplacement de l'ancien bac de la route Bangassou-Zémio, à 500 m en aval du bac actuel, en rive gauche (côté Rafaï). Ses coordonnées géographiques sont :

- 04°58' de latitude Nord ;
- 023°55' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule RS.29, d'altitude 513,524 m (*IGN 1959*) et une borne hydrologique d'altitude 517,35 m (*IGN 1959*).

2 - Historique

La mission Darnault (1947) installe une station en 1928, sans que nous connaissions les relevés ni le calage altimétrique. Elle est réinstallée par l'ORSTOM le 1er septembre 1952.

Le 6 juillet 1953, la station est remise en état et des éléments de basses eaux installés le 20 décembre de la même année.

La station est refaite complètement le 10 avril 1955, les éléments de l'ancienne ayant disparu.

Elle aurait été réinstallée en avril 1962.

Les éléments 3-4 m et 4-5 m sont déplacés le 10 novembre 1965. Le rattachement altimétrique est effectué ce jour-là et ensuite recommencé le 3 mars 1967, date où la station est de nouveau remise en état.

Deux éléments 8-9 m et 9-10 m sont posés le 27 septembre 1968.

Malgré toutes ces réfections, le zéro de la station n'a pas changé et se trouve à l'altitude de 507,40 m (*IGN 1959*).

La station a été officiellement prise en compte par les *Travaux publics* centrafricains en 1971.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Les relevés de hauteur d'eau, jusqu'en 1971, ne présentent pas de trop longues lacunes, comme l'indique l'inventaire du tableau 1

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060701310-1 **Rafai**
Rivière : Chinko
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1952	-	-	-	-	-	-	*	C	*	-	-	-
1953	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C	C	C

1954	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	-
1955	-	-	*	-	-	-	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1957	*	-	C	C	C	C	C	C	C	C	*	-
1958	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1959	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1960	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C
1961	C	*	C	C	C	C	C	C	*	C	*	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1966	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1967	C	-	C	C	C	-	*	-	-	-	-	-
1968	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*	C
1969	C	*	*	*	*	*	*	*	*	C	*	C
1970	*	*	*	*	*	C	C	C	C	*	*	C
1971	C	*	*	C	C	C	*	*	*	*	*	*
1972	C	C	*	C	C	*	*	-	*	*	*	*
1973	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1974	-	*	C	C	C	C	*	*	*	*	*	-
1975	-	*	-	-	*	-	*	*	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Dans l'ensemble, les lectures sont correctes. Il faut cependant noter :

- décembre 1953 est très suspect, voire faux (« crue » entre le 30 novembre et le 1er décembre) ;
- pour l'année 1967, les relevés de février, juillet à décembre sont faux et ne figurent pas dans la banque de données HYDROM ;
- de même les relevés de janvier à juillet 1968 sont faux et ne figurent pas dans la banque de données HYDROM.

4 - Jaugeages

21 jaugeages ont été réalisés à cette station, résumés dans le tableau 2

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060701310-1 **Rafai**
Rivière : Chinko
Pays : Centrafrique

Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	07/07/1953	134	140
2	16/07/1953	243	420
3	26/12/1953	103	99,0
4	13/08/1954	286	560
5	08/09/1954	390	930
6	17/09/1954	450	1100
7	26/07/1960	326	598
8	17/04/1962	89	72,0
9	16/06/1963	139	151
10	23/08/1963	350	733
11	10/11/1965	264	486
12	03/03/1967	79	68,3
13	23/07/1967	265	468
14	27/08/1968	554	1470
15	28/08/1968	562	1440
16	14/01/1969	129	116
17	21/03/1970	84	72,4
18	05/04/1974	34	25,0
19	12/01/1989	65	32,0
20	04/03/1990	30	13,4
21	08/06/1990	123	107

5 - Étalonnage

La station est bien étalonnée grâce à 21 jaugeages. Les 4 derniers jaugeages ont bien précisé la relation hauteur-débit en basses eaux.

L'extrapolation des hautes eaux n'est pas très importante, les plus forts jaugeages étant effectués avec une hauteur d'eau à l'échelle de 5,54 m et 5,62 m tandis que relation hauteur-débit va jusqu'à une cote de 6,88 m.

Un seul étalonnage est valable pour l'ensemble de la période d'observation 1952-1975 (Figure 1).

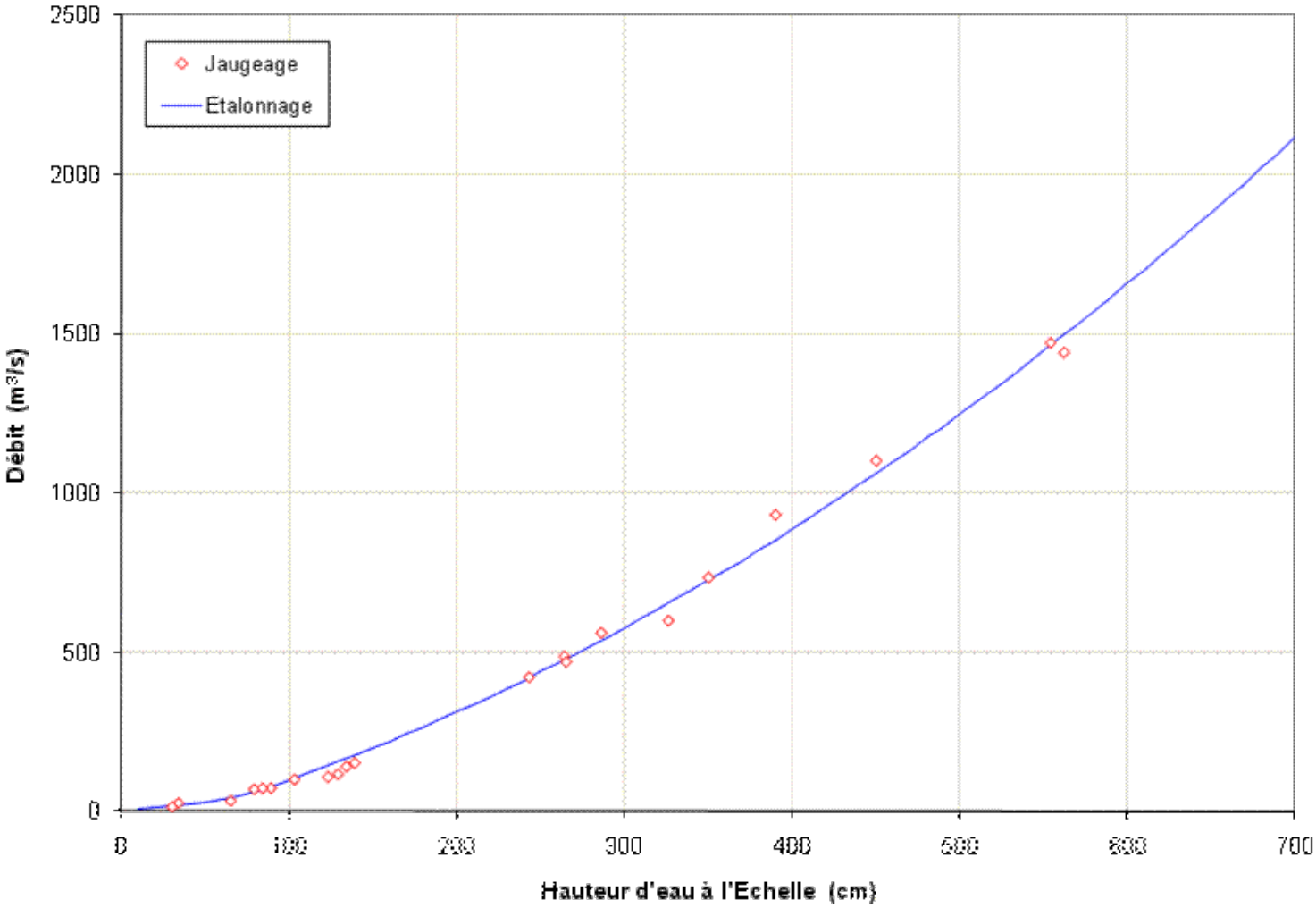


Figure 1

Le Chinko à Rafai. Etalonnage général

[Retour en haut du document]

Liste des stations

La Lobaye à Safa (Terres Rouges)

1 - Aspect géographique

La station de la Safa (ancienne *Société Africaine Forestière et Agricole*, du Groupe financier des *Terres rouges*) est également appelée Loko-Safa. Elle est installée sur le mur de soutènement, plongeant dans la Lobaye, de la station de pompage alimentant en eau son usine de caoutchouc. Située à 10 km en aval des derniers rapides encombrant le cours de la rivière, elle est la station hydrométrique la plus en amont du bief navigable de la Lobaye.

Elle fait double emploi avec celle de Mbata, située à une quinzaine de kilomètres plus en aval (bassin versant : 30 300 km^2), plus accessible et très bien observée.

Le bassin versant est de 29 600 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 03°39' de latitude Nord ;
- 018°06' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude 340 m).

2 - Historique

Une première station, avec des éléments en bois peint, est installée probablement par l'ORSTOM le 20 février 1951.

Elle est rattachée à un clou repère fixé dans un arbre voisin, à 4 m de distance, la différence d'altitude étant de 2,17 m.

En avril 1953, l'ORSTOM procède au remplacement des éléments en bois par des éléments métalliques émaillés jaunes. Le zéro de la station est toujours à 2,17 m sous le repère.

Les relevés sont abandonnés le 2 mars 1959 et ne reprennent de façon sérieuse qu'en mai 1961.

En 1963, une nouvelle station est installée par les *Voies navigables* avec des éléments émaillés blancs (3 éléments superposés, sur fer scellé au mur). Cette station est située tout à côté, sur le même mur que la station ORSTOM. Son zéro, calé pour les besoins de la navigation, est 34 cm plus haut que celui de la station ORSTOM.

Afin d'éviter des confusions, la station ORSTOM (éléments jaunes) est abandonnée le 31 décembre 1966 et démontée le 11 mai 1967.

Un repère hydrologique (arête du mur de béton sur lequel est cimentée la station) est situé 2,83 m plus haut que le zéro de la station des *Voies navigables*.

Le 10 février 1970, la station est trouvée ensablée.

Le 4 avril 1975, désensablement de la station et pose d'un élément négatif.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Les relevés de hauteur d'eau, comme l'indique le tableau 1, sont pratiquement sans grandes lacunes.

Malheureusement la qualité des observations laisse à désirer :

- en 1954 : « crue » entre le 30 juin et le 1er juillet, « décrue » entre le 31 juillet et le 1er août, « crue » entre le 30 novembre et le 1er décembre ;

- des paliers d'observation de décembre 1955 à février 1956 ;
- en 1956, les mois d'avril à juillet sont faux, le reste très douteux ;
- janvier 1957 est faux (crue brutale du 9 au 10), mai et novembre sont douteux ;
- 1958 est faux, tout comme 1960 ;
- les relevés de 1961 à 1963 sont imprécis (nombreux paliers) ;
- « décrue » entre le 30 avril et le 1er mai 1965 ;
- l'année 1967 est bien curieuse ;
- février 1970 est douteux ;
- décrue brutale entre les 13 et 14 février 1971 ;
- décrue entre le 31 mai et le 1er juin 1974.

Heureusement que la station hydrométrique de Mbata est toute proche et bien observée ...

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702023-1 **Safa (Terres rouges)**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1953	-	-	-	*	C	C	C	*	C	C	C	C
1954	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1955	C	C	C	C	*	*	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1957	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1959												
1960	-	-	-	C	C	C	C	C	C	C	-	-
1961	-	-	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C	C
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1966	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1967	*	*	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C
1968	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1969	C	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1972	C	*	-	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1973	-	*	*	C	*	C	C	C	C	C	C	C

1974	*	-	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

Moins facile d'accès que Mbata, la station de Safa n'est pas très bien étalonnée. 7 jaugeages seulement ont été effectués (tableau 2), ce qui permet d'esquisser une courbe de tarage (figure 1).

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702023-1 **Safa (Terres rouges)**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	22/02/1951	6	233
2	24/11/1951	96	392
3	16/09/1960	125	477
4	18/12/1960	86	365
5	11/08/1966	77	366
6	21/02/1967	36	281
7	11/05/1967	2	228

5 - Étalonnages

L'extrapolation des hautes eaux est importante : le plus fort jaugeage est à la cote 1,25 m tandis que le barème va jusqu'à 2,00 m

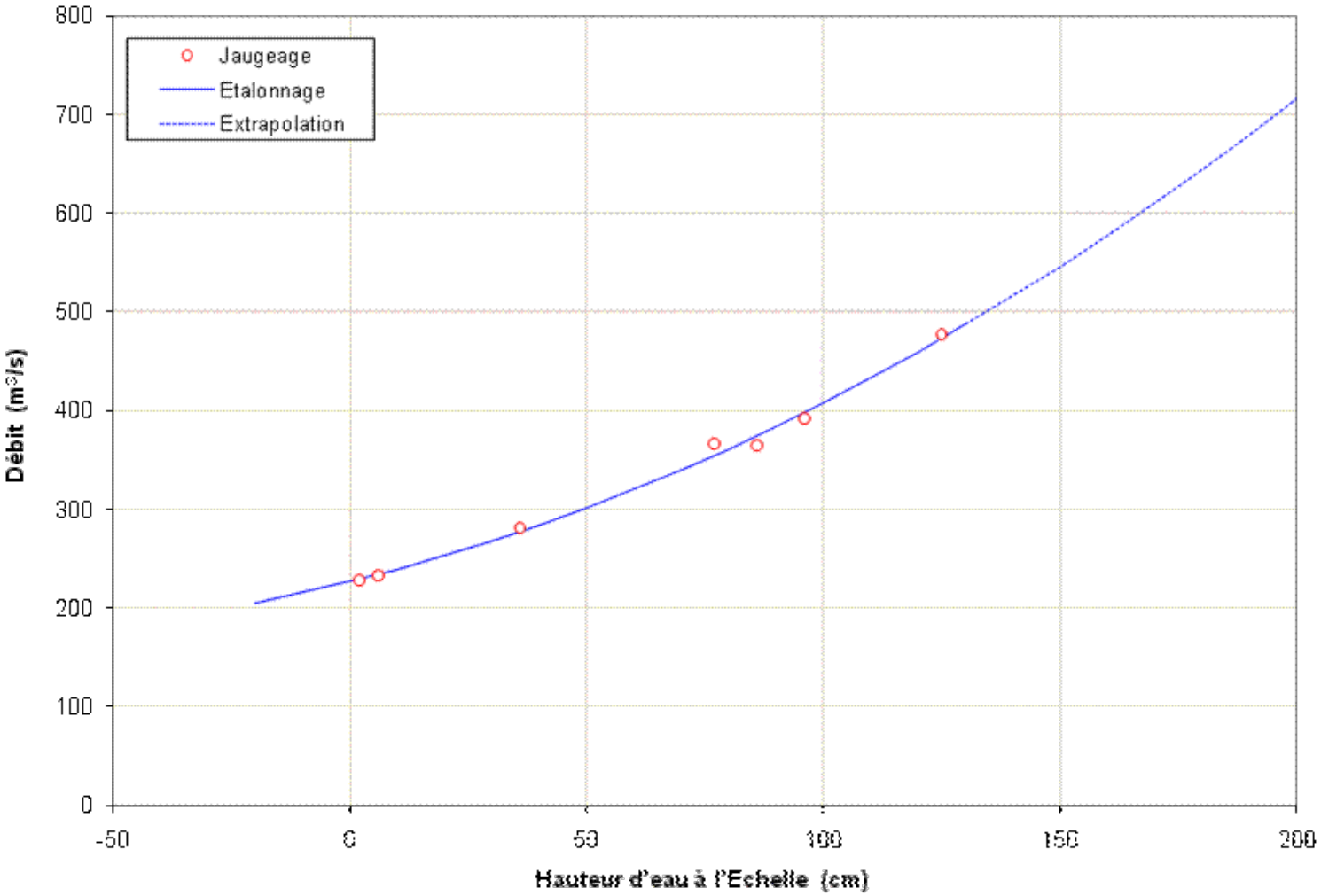


Figure 1

La Lobaye à Safa. Etalonnage général

Retour en haut du document

Liste des stations

La Tomi à Sibut

1 - Aspect géographique

Située à la Préfecture de Sibut, la station contrôle un bassin qui ne couvre que 2 610 km^2. Cette rivière a des pointes de crues qui auraient nécessité un limnigraphe depuis longtemps, mais la forme des berges en a différé la mise en place pendant une vingtaine d'années.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°44' de latitude Nord ;
- 019°05' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule GT.75, situé sur le mur en aile de la culée rive droite du nouveau pont, coté amont. Son altitude est de 407,153 m (*IGN 1957*).

2 - Historique

Une première station fonctionne en 1910, installée vraisemblablement par la mission Roussilhe (Roussilhe, 1913 ; Darnault, 1947).

Le 19 août 1951, l'ORSTOM met en place une station avec un zéro à l'altitude de 398,59 m (*IGN 1957*).

Le 5 février 1952, les éléments ont les zéros suivants :

- élément 0-1 m : non déterminé ;
- élément 1-3 m : 398,75 m ;
- élément 3-6 m : 398,59 m ;
- élément 6-7 m : 398,48 m.

Les éléments sont recalés le 8 avril 1966, où avait été constaté :

- élément 0-1 m : 398,56 m ;
- élément 1-6 m : 398,59 m ;
- élément 6-7 m : 398,42 m.

La station, réinstallée le 27 février 1969, a tous ses éléments calés sur un zéro à 398,59 m (*IGN 1957*).

Le 9 mai 1973, la station est enfin équipée d'un limnigraphe OTT type *XX*.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Le tableau 1 donne l'inventaire des observations.

Les lacunes d'observations ne sont pas très importantes.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060705705-1 **Sibut**

Rivière : Tomi
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1951	*	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C	*
1952	*	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1953	C	*	C	*	*	*	C	C	C	C	C	*
1954	*	*	C	C	C	C	C	C	C	*	-	C
1955	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1956	C	C	C	C	*	C	*	*	C	C	C	C
1957	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1958	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C
1959	C	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C	C
1960	C	C	C	C	C	C	-	-	*	C	C	C
1961	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1964	C	*	*	*	*	C	C	C	C	C	C	C
1965	C	C	C	C	*	C	-	*	C	C	C	C
1966	*	*	*	C	C	C	C	*	C	C	C	C
1967	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1968	C	C	C	-	*	*	-	*	*	*	C	*
1969	*	*	C	C	C	C	C	C	C	C	*	*
1970	*	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	*	*	*	C	C	C	C	C	C	-	-	*
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	*	C	C	C	C	C	C	*	C	C
1975	C	C	C	*	C	*	-	C	*	C	C	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

Bien que cette station ait figuré dans les *Annuaires hydrologiques de l'ORSTOM*, la qualité des observations n'y est pas tellement bonne.

- en 1956, « crue » entre le 31 avril et le 1er mai, mars à juin sont douteux ;
- décembre 1956, janvier et février 1957 sont douteux ;
- également douteux : janvier et février 1958 ;
- de 1962 à avril 1965, les relevés sont faux ou douteux ;
- l'année 1966 est également fausse ou douteuse ;
- il faut éliminer (ce qui a été fait) avril à décembre 1968 ;
- en 1971, février, avril, octobre et décembre sont faux.

4 - Jaugeages

43 jaugeages ont été effectués à cette station, proche de Bangui.

Les résultats sont donnés par le tableau 2.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060705705-1 **Sibut**
Rivière : Tomi
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m3/s)
1	17/11/1951	165	15,9
2	22/03/1952	16	1,60
3	15/02/1953	34	3,00
4	01/05/1953	10	1,40
5	25/07/1953	88	9,00
6	11/10/1954	510	61,0
7	11/03/1956	49	4,50
8	26/08/1956	336	34,9
9	09/08/1957	200	17,8
10	27/08/1957	394	39,4
11	27/09/1960	551	85,9
12	01/09/1963	332	33,3
13	09/04/1965	28	3,13
14	06/08/1965	369	38,0
15	06/09/1965	406	40,9
16	08/03/1966	24	2,43

17	28/11/1966	197	17,2
18	18/06/1967	103	10,6
19	01/08/1967	303	31,2
20	17/09/1967	521	67,4
21	10/08/1968	144	11,3
22	17/09/1969	359	33,7
23	17/01/1970	80	6,14
24	03/04/1970	28	1,64
25	14/12/1970	105	6,75
26	15/04/1971	34	1,88
27	28/04/1971	17	1,19
28	10/04/1973	34	2,15
29	02/02/1974	3	0,520
30	09/03/1974	- 4	0,350
31	08/01/1975	47	2,50
32	01/04/1985	2	0,347
33	18/10/1985	78	3,23
34	10/01/1986	53	1,41
35	17/01/1986	46	1,23
36	12/02/1987	23	0,604
37	05/04/1987	14	0,456
38	02/10/1987	121	7,44
39	20/11/1987	44	1,28
40	08/04/1988	- 2	0,041
41	25/09/1988	398	28,8
42	01/10/1988	556	81,0
43	27/03/1990	6	0,192

5 - Étalonnages

La dispersion est assez importante, sans pour cela distinguer quelque détarage. Néanmoins, 2 étalonnages sont établis :

- l'étalonnage n° 1 est valable du 1er août 1951 au 31 juillet 1968,
- l'étalonnage n° 2 est valable du 1er août 1968 au 31 décembre 1975.

Les jaugeages effectués à partir de 1976 montrent que la station est détarée ou que l'altitude du zéro a varié.

L'extrapolation des hautes eaux n'est pas trop importante : le plus fort jaugeage est à la cote 5,51 m tandis que le barème va jusqu'à 6,40 m.

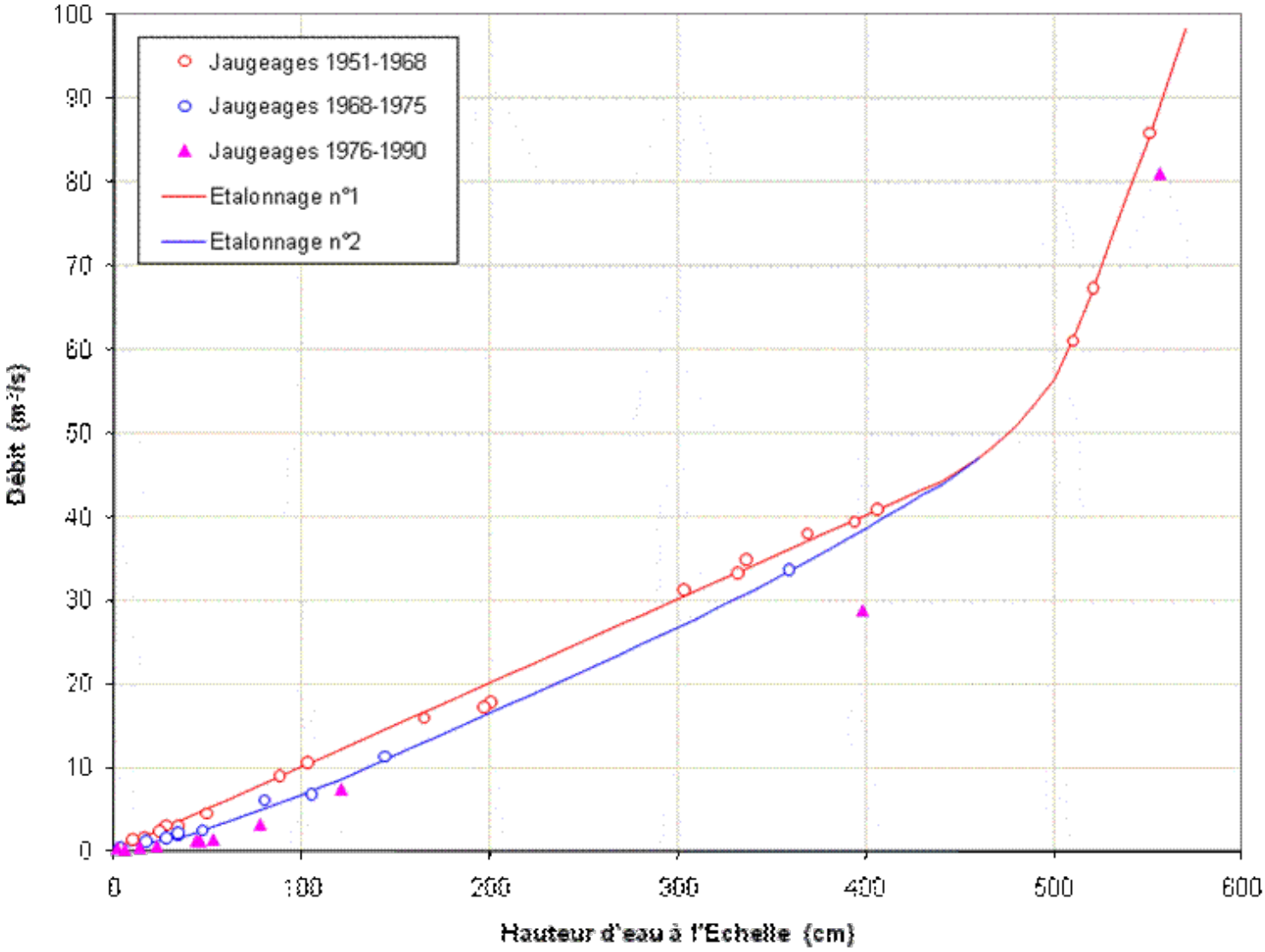


Figure 1

La Tomi à Sibut. Etalonnage général

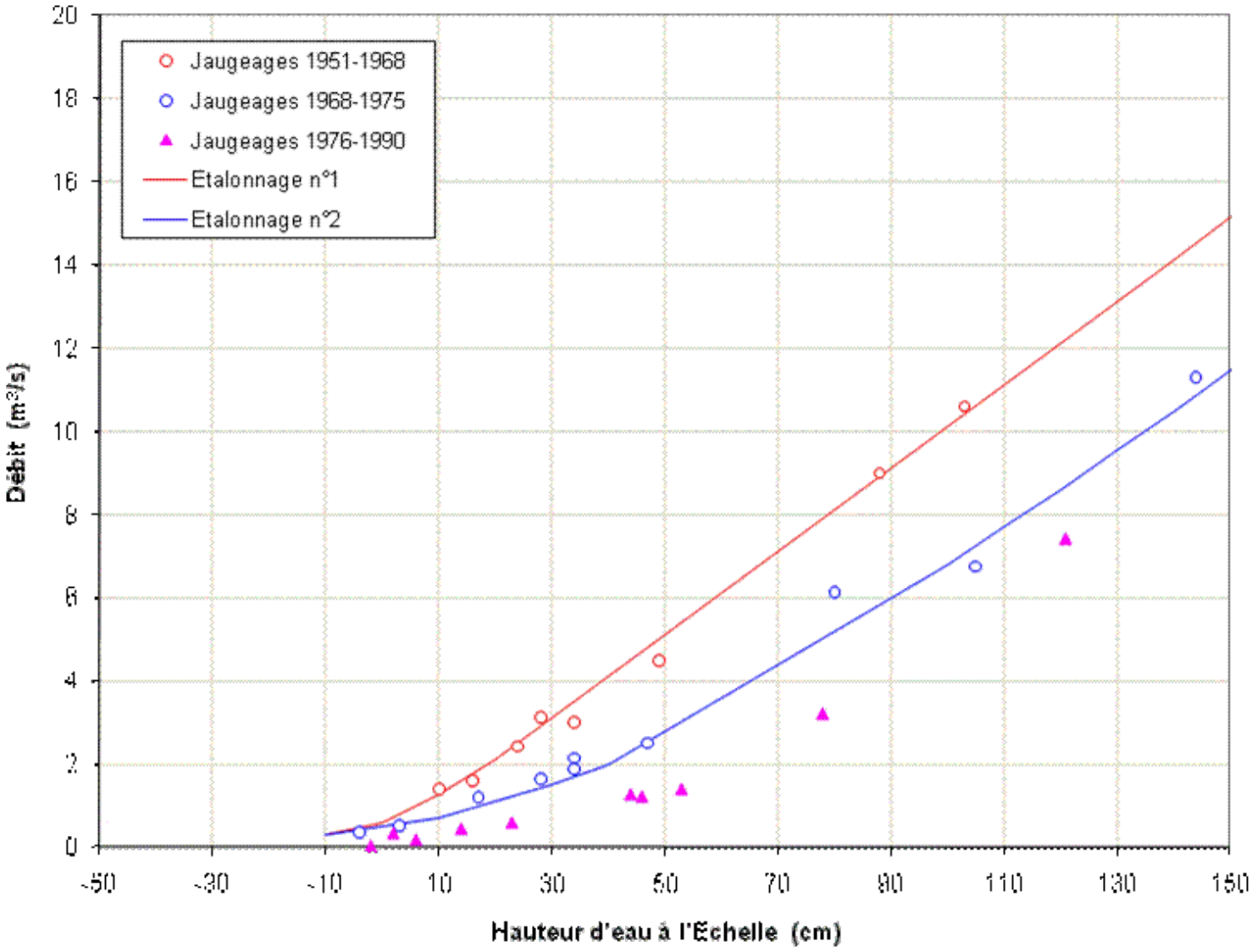


Figure 2

La Tomi à Sibut. Etalonnage de basses eaux

Retour en haut du document

Liste des stations

La Kotto au Bac de Yalinga

1 - Aspect géographique

La station se situe au bac de la route Yalinga-Ouadda, en rive gauche. C'est la station la plus en amont sur la Kotto, qui, à cet endroit, a déjà reçu les apports du Kawadjia, de la Komou et de la Pipi. Aussi son bassin versant est-il de 29 700 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 07°10' de latitude Nord ;
- 022°46' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude 591 m).

2 - Historique

La station a été installée par les *Travaux publics* centrafricains le 13 avril 1971. Elle se compose des éléments 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m, 4-5 m, 5-6 m, 6-7 m et 7-8 m, tous sur UPN de 80.

Une borne hydrologique est située en rive gauche, à 5 m environ du pylône porte-câble du bac. La dénivelée borne-zéro de la station est de - 8,18 m.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Il n'existe aucun relevé dans la banque de données HYDROM. Seules, les années 1973 à 1975 sont dans les archives du Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM.

- année 1971 : relevés disponibles à partir de juillet, observations correctes ;
- année 1972 : année complète, observations correctes ;
- année 1973 : il n'existe que janvier, mars, avril, octobre et novembre, de qualité correcte ;
- année 1974 : les relevés concernent la période mai-décembre. Ils sont tous faux (crue systématique chaque premier jour du mois) ;
- année 1975 : année complète. Crue systématique le premier jour des mois d'avril, mai et juin.

Les observations sont effectuées par les *Travaux publics* centrafricains.

4 - Jaugeages : néant

5 - Étalonnage : néant

Retour en haut du document

Liste des stations

La Yangana à Yangama

1 - Aspect géographique

La station se trouve au bord de la route Bangui-Damara (km 34), au village de Bandoro, en rive gauche sur la rivière. Le bassin versant est de 169 km^2.

Les coordonnées géographiques sont :

- 04°38' de latitude Nord ;
- 018°33' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude comprise entre 398 et 409 m).

2 - Historique

La station est installée le 23 août 1958. Elle est constituée de 5 éléments sur supports métalliques.

L'élément 0-1 m est signalé cassé le 17 septembre 1960.

Le 26 septembre de la même année, l'élément 1-2 m est redressé.

Le 1er mars 1965, l'élément 0-1 m a disparu et l'élément 3-4 m est à changer.

La station est abandonnée le 25 novembre 1966.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Aucun relevé de hauteur d'eau n'est disponible ni dans les archives du Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM, ni *a fortiori* dans la Banque de données HYDROM.

4 - Jaugeage :

1 seul jaugeage :

- 29 septembre 1960, h = 0,71 m Q = 1,90 m^3/s.

5 - Etalonnage : il n'y a pas d'étalonnage pour cette station.

Retour en haut du document

Liste des stations

La Lobaye à Zaoro - Yanga

1 - Aspect géographique

Cette station est la plus en amont sur la Lobaye. Contrôlant un bassin versant de 5 280 km^2, elle est située au bac de la route allant de Yaloké à Carnot. En 1965, cette piste en terre était très difficile. Les 60 km entre Zaorosongou et le bac étaient d'un parcours délicat, voire dangereux. Ceci explique le petit nombre de jaugeages et la mauvaise qualité des observations car l'hydrologue hésitait à emprunter un tel itinéraire, surtout en saison des pluies. Actuellement –1970 – elle est plus facile d'accès à partir de la route Bangui-Bouar, après Yaloké.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 05°10' de latitude Nord ;
- 016°37' de longitude Est.

Référence altimétrique : néant (altitude 505 m).

2 - Historique

La station est installée en 1957, les premiers relevés commençant le 19 septembre. Elle est située au bac de la route Yaloké-Zaorosongou-Carnot, en rive gauche, de part et d'autre de l'accès au bac : éléments 4-6 m sur UPN de 60 (5 m en amont) et 6-7 m sur cornière de 60 (5 m en aval). Ces éléments correspondent, en fait, aux niveaux 0-2 m et 2-3 m.

Un repère hydrologique est installé le 17 février 1967 : c'est l'arête, côté route, de la 2e cornière depuis le bas, formant entretoise, du pylône porte-câble du bac, en rive gauche (côté station). Un H est gravé près de l'arête. La dénivelée avec le zéro de la station est de 7,01 m.

Il n'y a eu aucune modification apportée à cette station.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

La station est très mal observée.

D'une part, il y a des lacunes importantes (tableau 1).

Ensuite, les relevés sont bien souvent faux :

- il y a une « crue » entre le 31 décembre 1968 et le 1er janvier 1969 ;
- il y a une « crue » entre le 30 septembre et le 1er octobre 1959 ;
- il y a une « crue » entre le 29 février 1960 et le 1er mars 1960 ;
- relevés douteux de janvier à mars 1960 ;
- les années 1961 à 1965 sont fausses ;
- l'année 1967 est douteuse ;
- les années 1968, 1971 et 1972 sont fausses.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060702026-1 **Zaoro-Yanga**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	C

1958	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C	C	C
1959	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1960	*	C	C	-	-	-	-	-	*	-	-	*
1961	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1962	C	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-
1963												
1964												
1965	-	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-
1966												
1967	-	*	C	*	C	C	C	*	*	-	C	C
1968	-	-	-	*	-	-	-	C	*	-	-	C
1969												
1970												
1971	C	C	C	*	C	C	-	-	-	-	-	-
1972	-	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060702026-1 **Zaoro-Yanga**
Rivière : Lobaye
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)
1	19/09/1957	582	88,5
2	31/10/1957	566	85,8
3	03/07/1958	474	50,3
4	08/09/1960	533	79,8
5	09/12/1960	545	68,4
6	14/06/1965	447	42,4
7	17/02/1967	453	40,6
8	07/05/1967	435	35,6
9	19/04/1968	465	45,5

10	02/04/1970	455	42,4
11	15/04/1971	460	45,7

5 - Étalonnages

Les mesures de débits ne permettent pas un étalonnage correct. Les extrapolations, tant en hautes eaux qu'en basses eaux sont importantes.

En définitive une seule année hydrologique a pu être traitée et il ne faut pas s'illusionner sur la précision des résultats.

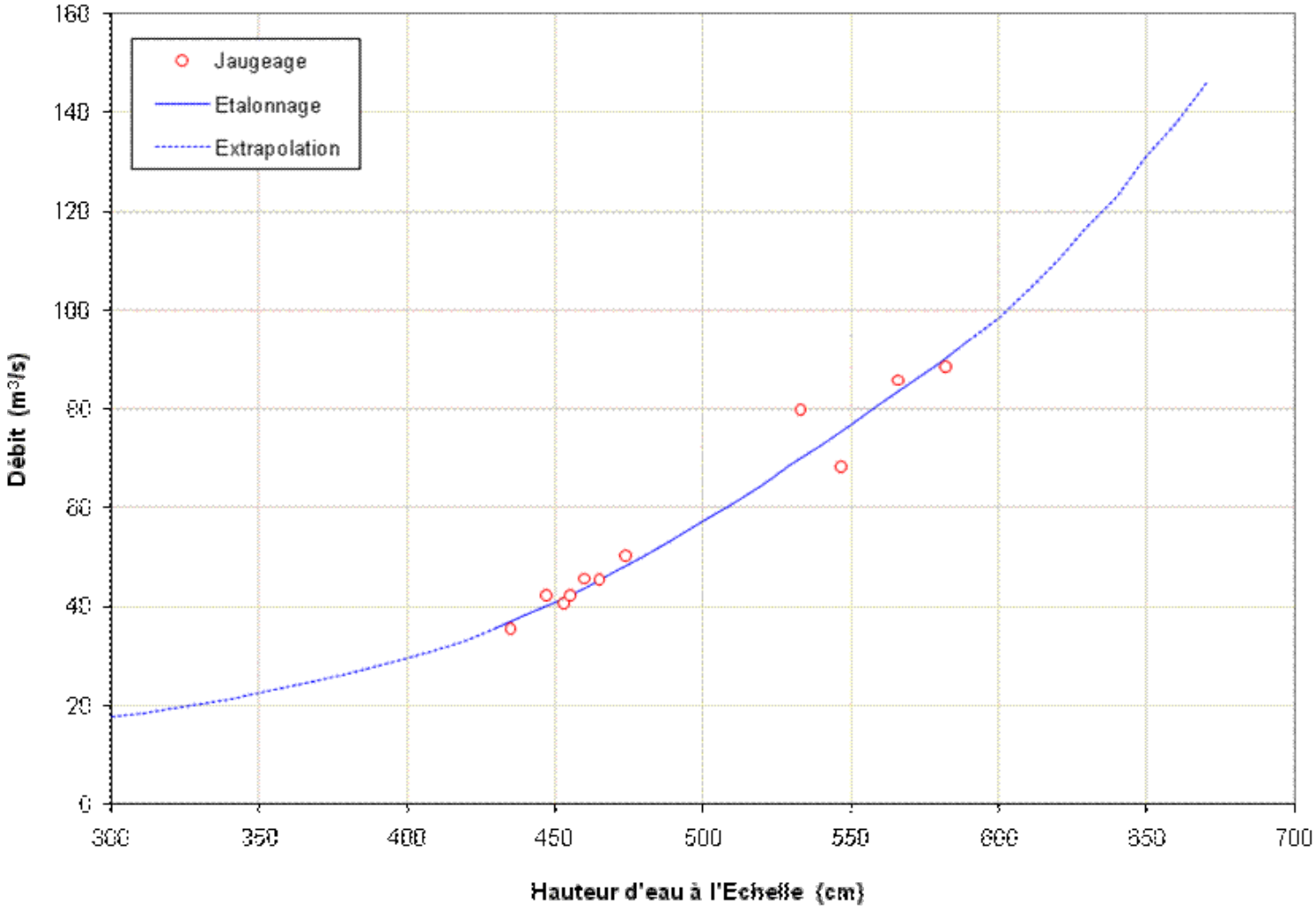


Figure 1

La Lobaye à Zaoro-Yanga. Etalonnage général

[Retour en haut du document]

Liste des stations

Le Mbomou à Zémio

1 - Aspect géographique

La station hydrométrique de Zémio contrôle un bassin versant de 27 700 km^2 de superficie.

Elle est située à 241 km en aval du confluent Mbomou-Mbokou. Depuis ce confluent, le Mbomou reçoit les apports de la Kéré, de la Bakalé et du Gwane.

Située au bac de la route Zémio-Ango (Zaïre), cette station a pour coordonnées géographiques :

- 05°02' de latitude Nord ;
- 025°09' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule RS.65, situé sur la borne astronomique, devant la sous-préfecture, d'altitude 589,316 m (*IGN 1959*).

2 - Historique

En 1914, une première station est installée par la mission Roussilhe, puis une seconde par la mission Darnault en 1928 (Darnault, 1947). Tous les vestiges de ces stations ont disparu, ainsi que les relevés hydrométriques correspondants.

Le 27 juin 1952, les hydrologues de l'ORSTOM réinstallent la station. Il y manque les éléments 0-2 m, installés le 22 décembre 1953.

L'élément 5-6 m disparaît en 1958, bientôt suivi du 4-5 m, vers la fin de l'année 1959.

La station aurait été reconstruite entièrement en 1962, probablement le 15 février.

Le 6 mars 1967, la station est complètement remise en état (5 éléments sur supports métalliques). Une borne hydrologique est posée : le repère est un fer à béton de 10 mm, pris dans un bloc de béton dépassant de 10 cm environ le niveau du terrain. Cette borne se situerait à 40 m environ de l'élément 3-5 m, légèrement en aval. Le zéro de l'échelle est à 5,522 m sous ce repère.

Il apparaît, à l'issue de 3 jaugeages effectués en 1962, 1965 et 1967, que le zéro de cette nouvelle station est décalé de 70 cm vers le haut par rapport au zéro de la station précédente. Ceci est confirmé par un nouveau jaugeage, en 1970.

Le 10 janvier 1969, la station est rattachée au nivellement général, avec :

- altitude du zéro de la station 1952 : 544,18 m ;
- altitude du zéro de la station 1967 : 544,88 m ;
- altitude de la borne hydrométrique : 550,40 m ;

(altitudes dans le système *IGN 1959*).

Entre le 11 et le 29 janvier 1970, l'élément 0-1 m s'enfonce de 34 cm (les relevés ont été corrigés). Les derniers jaugeages, réalisés de 1972 à 1974, donnent à penser qu'il s'est produit un nouveau décalage, ou plutôt un détarage car l'analyse des hauteurs d'eau journalières ne montre aucune anomalie.

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

L'inventaire des relevés de hauteurs d'eau du Mbomou à Zémio est donné par le tableau 1.

La séquence des observations ne montre pas de grandes lacunes, sauf de 1958 à 1961 (plus de lecteur). Malheureusement, la qualité des observations est loin d'être parfaite :

- de 1952 à 1957, il y a eu suffisamment de tournées hydrologiques pour que la qualité des observations soit bonne ;
- à partir d'avril 1957, les relevés sont soit fantaisistes, soit faux. Il n'y a pas de relevés en 1958, et 1959 est incomplet, tout comme 1960 ;
- les relevés de 1961 sont plus ou moins douteux ;
- les relevés de 1962 à 1965 sont faux ;
- l'année 1966 est douteuse ;
- les relevés de 1967 ne sont utilisables qu'à partir du mois d'avril.

Depuis cette date, les relevés sont de qualité acceptable. En 1969, il a été demandé à la Mission catholique de Zémio de contrôler, 3 ou 4 fois par mois, les relevés de l'observateur : cette décision a donné d'excellents résultats. Elle a été doublée, de 1970 à 1972, par la possibilité, grâce à l'amabilité de la SEITA (*Société d'exploitation industrielle des tabacs et des allumettes*, aujourd'hui ALTADIS), de profiter des vols aller-retour Bangui-Zémio de son avion pour aller contrôler l'observateur en une matinée.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700220-1 **Zémio**
Rivière : Mbomou
Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1952	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C	
1953	-	-	-	-	-	-	*	C	C	C	C	
1954	C	C	C	C	C	C	C	C	*	*	C	
1955	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	
1956	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
1957	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
1958												
1959	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	*	*
1960	*	C	C	C	C	C	*	-	-	-	-	-
1961	-	-	C	C	C	C	C	-	-	-	C	
1962	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
1963	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	

1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
1966	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
1967	C	-	*	C	C	C	C	C	C	C	C	
1968	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C	
1969	C	*	C	C	C	C	C	*	*	*	C	
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
1971	C	C	C	C	C	*	C	C	C	C	C	
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
1973	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

4 - Jaugeages

Le tableau 2 donne les résultats des 16 mesures de débit effectuées de 1953 à 1990. Ce nombre de jaugeages peut paraître insuffisant : il est lié aux difficultés routières pour se rendre sur les stations situées à l'est de Bangassou ou au nord de Bria. Il est à remarquer que 3 jaugeages ont été effectués après 1975, alors que les relevés hydrométriques ont cessé (ou ne sont pas disponibles).

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060700220-1 **Zémio**
Rivière : Mbomou
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)	Auteur
1	08/07/1953	220	115	*Tixier*
2	14/07/1953	295	195	*Tixier*
3	11/08/1954	329	253	*Tixier*
4	10/09/1954	500	425	*Tixier*
5	10/04/1955	190	84,0	*Berthelot*
6	18/08/1957	348	272	
7	14/04/1962	139	101	
8	13/11/1965	436	469	*Ranc*
9	06/03/1967	73	46,8	*Ranc*

10	22/03/1970	102	65,6	*Rouquerol*
11	12/01/1972	110	56,5	*Arquisou*
12	10/04/1972	54	17,1	*Callède*
13	06/04/1974	54	20,4	
14	17/02/1987	54	21,5	*Thiébaux*
15	13/01/1989	90	39,2	*Thiébaux*
16	06/03/1990	25	16,5	*Thiébaux*

5 - Étalonnage

L'étalonnage (figure 1) est satisfaisant en basses et moyennes eaux. En hautes eaux, l'extrapolation est délicate à cause des débordements dans le lit majeur. De plus cette extrapolation est importante : le plus fort jaugeage est à la cote 4,36 m tandis que l'étalonnage va jusqu'à 6,10 m.

Trois étalonnages ont été établis :

- n° 1 : du 1er janvier 1952 au 13 février 1962, qui correspond à la station installée en 1952 ;
- n° 2 : du 14 février 1962 au 11 janvier 1972, qui correspond à la station installée en 1967, sachant que les relevés limnimétriques 1962-1966 sont faux ;
- n° 3 : depuis le 12 janvier 1972, à cause d'un détarage (probable) en basses eaux.

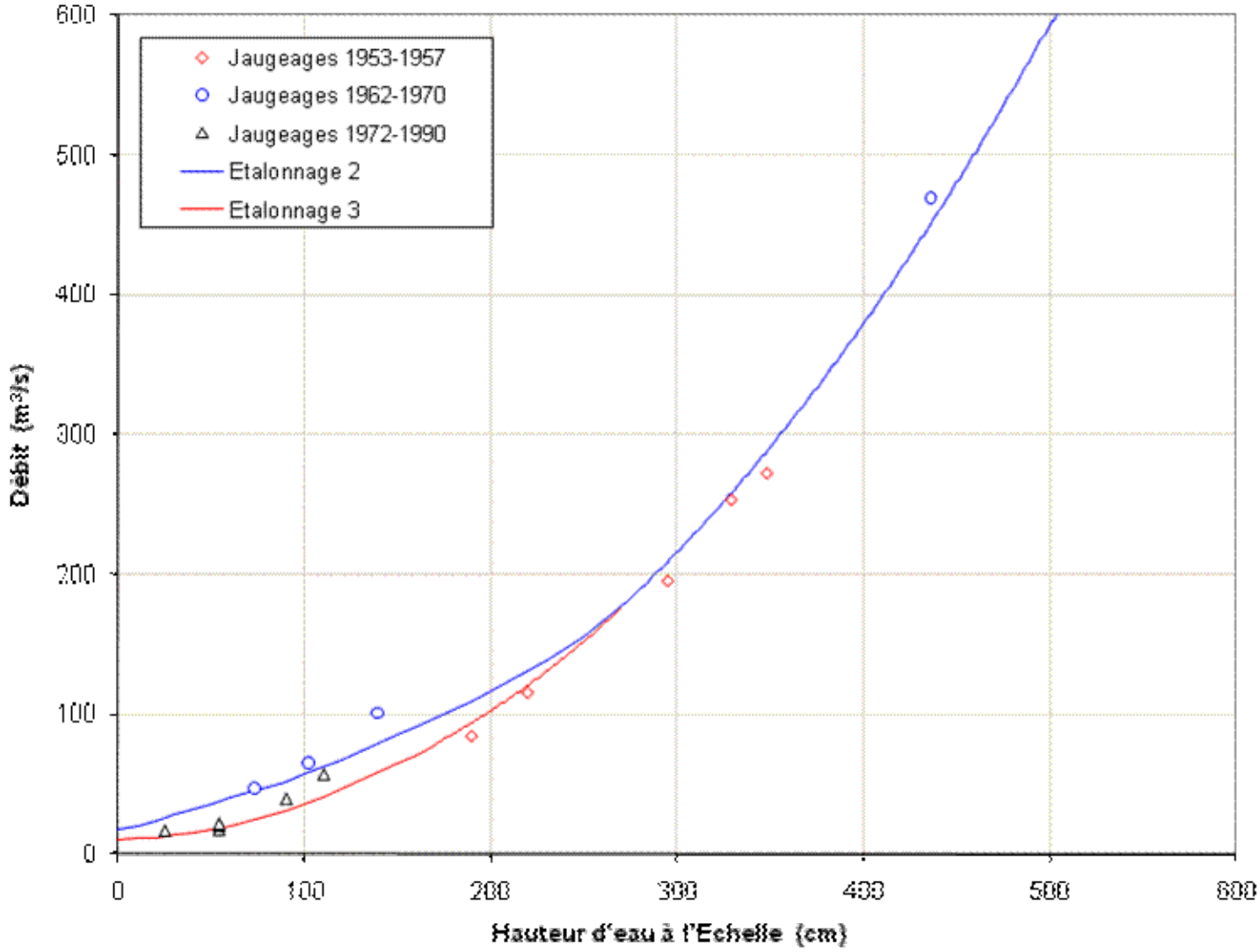


Figure 1

Le Mbomou à Zémio. Etalonnage

Station 1967 (zéro de l'Echelle à l'altitude de 544,88 m)

Retour en haut du document

Liste des stations

L'Oubangui à Zinga

1 - Aspect géographique

Cette station est située à 79 km en aval de Bangui. Elle contrôle un bassin versant de 521 900 km², la Mpoko et la Lessé ayant rejoint l'Oubangui.

Elle est située au Port de Zinga, à l'aval immédiat du seuil rocheux qui, à part les bancs de sable, est le seul obstacle sérieux à la navigation fluviale entre Brazzaville et Bangui.

Ses coordonnées géographiques sont :

- 03°43' de latitude Nord ;
- 018°35' de longitude Est.

Référence altimétrique : repère de nivellement général, matricule Uab.10, d'altitude 336,048 m (*IGN 1956*), situé sur la borne astronomique du Port de Zinga.

2 - Historique

Une première station est installée par la mission Roussilhe en 1912, avec un zéro à l'altitude 329,84 m (*IGN 1956*).

Une seconde station est installée en 1928 par la mission Darnault. Une troisième est l'œuvre des *Voies navigables* qui y ont effectué des relevés depuis 1937. Cette station a son zéro à l'altitude 330,05 m (*IGN 1956*).

La station actuelle est installée en janvier 1949, avec un zéro à l'altitude de 330,01 m (*IGN 1956*). Elle consiste une échelle en fonte scellée le long du mur de quai du Port de Zinga, graduée de 2 m à 7 m, et un élément de basses eaux scellé sur un bloc entre un gros rocher et la rive, gradué de 0,5 m à 3 m.

Le 4 février 1969, un nivellement de contrôle montre que le zéro de la station n'a pas bougé.

Le 5 février 1974, un second nivellement indique que l'élément de basses eaux 1-2 m et l'échelle du mur de quai auraient un zéro 3 cm plus bas (329,98 m) par rapport au repère de nivellement sur la borne astronomique. Mais il est tout aussi probable que ce soit ladite borne qui se soit soulevée de 3 cm !

3 - Relevés de hauteur d'eau. Qualité des observations

Seuls les relevés postérieurs à 1947 (inclus) figurent dans la banque de données HYDROM, comme l'indique le tableau 1.

Il n'y a pas trop de mois manquants et la qualité des observations est correcte dans l'ensemble, mis à part :

- en 1960, les mois d'avril et de mai sont douteux ;
- en 1965, les mois d'avril et de juin sont faux.

Des relevés de hauteur d'eau ont également été effectués à Mongo, station située à 5 km en amont de Zinga mais où l'Oubangui est coupé en deux par l'Ile Beauséjour. Ces relevés sont très fractionnaires et ne concernent que les années 1949 et 1950. De plus cette station ne contrôlerait que 35 % du débit de l'Oubangui à Zinga. Les *Voies navigables* nous signalent aimablement que cette station de Mongo contrôlerait la presque totalité des débits de basses eaux, le bras en rive gauche étant obstrué par des bancs de sable.

Tableau 1 - Inventaire des cotes instantanées

Station : 1060700120-1 **Zinga**
Rivière : Oubangui

Pays : Centrafrique

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1947	C	C	C	C	C	C	-	-	-	-	-	C
1948	C	C	C	C	C	*	-	-	-	-	-	*
1949	*	*	C	C	C	C	-	-	-	-	-	*
1950	*	C	C	C	C	C	-	-	-	-	-	-
1951												
1952	-	-	-	-	-	-	C	*	*	*	C	*
1953	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1954	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*
1955	C	C	C	C	C	C	C	C	*	-	*	C
1956	C	C	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C
1957	*	C	*	-	C	C	*	*	C	C	C	C
1958	C	-	-	C	C	-	C	*	C	C	C	*
1959	C	*	C	C	*	C	*	*	*	*	C	*
1960	C	C	C	C	C	C	-	-	-	-	-	*
1961	C	C	-	C	C	C	C	-	*	-	-	C
1962	C	*	C	C	C	C	C	C	*	-	-	C
1963	C	C	C	C	-	-	C	C	C	-	-	-
1964	-	-	-	-	*	*	*	-	-	-	-	-
1965	-	-	-	*	-	*	*	-	*	*	*	*
1966	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1967	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1968	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1969	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	*	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	*	C	C

C : Mois complet * : Mois incomplet - : Mois manquant

De même il existe des relevés un peu plus en amont (50 km), au village de Bobassa (ou *Mobassa*), un des rares endroits au Centrafrique où le calcaire affleure. La toponymie de la carte au 1/200 000 de l'IGN (édition 1962) le baptise Zimba, mais sur

une autre édition (1982), un village Bobassa 1 figure juste au-dessus de Zimba. Ces relevés, qui concernent la période 1947-1950, ne figurent pas dans la banque de données HYDROM.

4 - Jaugeages

Le tableau 2 donne les résultats des 11 mesures de débit effectuées à la station de Zinga.

Tableau 2 - Liste des jaugeages

Station : 1060700120-1 **Zinga**
Rivière : Oubangui
Pays : Centrafrique
Ordre chronologique

Numéro	Date	Cote (cm)	Débit (m^3/s)	Auteur
1	10/09/1949	383	6990	*Aimé*
2	17/11/1949	460	8490	*Aimé*
3	11/04/1950	36	1120	*Aimé*
4	17/02/1951	61	1240	*Roche*
5	25/04/1951	14	745	*Aimé*
6	01/05/1951	8	730	*Aimé*
7	17/05/1951	20	885	*Aimé*
8	04/06/1951	69	1060	*Aimé*
9	13/06/1951	108	1830	*Aimé*
10	07/11/1967	581	11500	*Ranc*
11	09/01/1968	143	2340	*Ranc*

5 - Étalonnage

Malgré ce petit nombre de jaugeages l'étalonnage est assez satisfaisant même en hautes eaux.

Un seul étalonnage a été utilisé pour la conversion hauteur-débit.

Les *Voies navigables* nous ont aimablement signalé que, depuis 1974, la station est détarée car le plan d'eau s'est abaissé de 20 cm par rapport au seuil de Zinga.

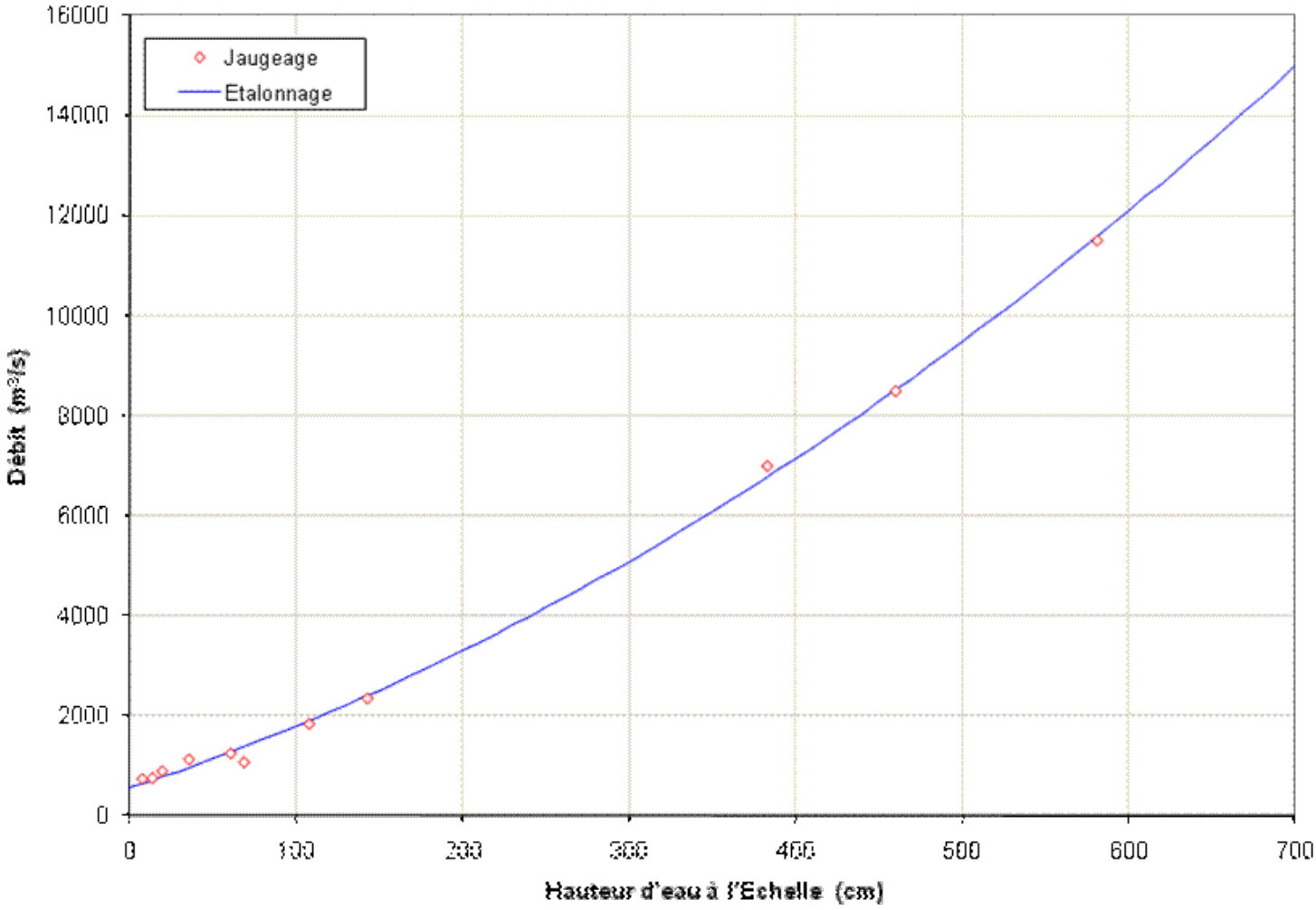


Figure 1

L'Oubangui à Zinga. Etalonnage général

Retour en haut du document

Liste des stations

Les Rivières de la République Démocratique du Congo

La Bili et l'Uele (Devrœy, 1948-1959)

Il n'existe pratiquement aucune donnée exploitable sur ces rivières de RDC et rien dans la banque de données HYDROM.

Les quelques relevés hydrométriques concernent les stations suivantes :

- sur l'Uele (de l'aval vers l'amont) :
  - Yakoma, qui a été installée le 25 juin 1953, au confluent Uele-Mbomou donc sans grand intérêt hydrométrique à cause de l'influence du Mbomou. Les lectures limnimétriques concernent seulement la période 1953-1959.
  - Bondo est une station bien plus intéressante puisqu'elle contrôle 135 000 km^2 (sur les 139 000 km^2 du bassin de l'Uele à son confluent avec le Mbomou). Ses coordonnées géographiques sont :
    - 03°47' de latitude Nord ;
    - 023°48' de longitude Est.

    Le zéro de la station serait à l'altitude de 466,42 m.
    La station aurait été installée le 22 juin 1953 mais il existe, sur un document (provenant certainement de F. Bultot, *Institut royal de météorologie* à Bruxelles), la preuve de relevés plus anciens, les premiers datant de 1913. Nous avons également des publications concernant la période 1953-1959 et des limnigrammes pour 1960, 1965, 1969 et 1970, sans aucune garantie sur la variation éventuelle du zéro de la station. Nous n'y connaissons aucune mesure de débit. Ceci rend actuellement la station sans grand intérêt.
  - une station existe à Bambili (appelée *Dingila* sur la carte du *Defense Mapping Agency Topographic Center*), observée depuis le 28 mai 1953. Ses coordonnées géographiques sont :
    - 03°39' de latitude Nord ;
    - 026°06' de longitude Est.

    Nous avons en archives les relevés limnimétriques de 1953 à 1959, sans mesure de débit.
  - enfin une station existe à Niangara, depuis le 19 mai 1953. Ses coordonnées géographiques sont :
    - 03°42' de latitude Nord ;
    - 027°54' de longitude Est.

    Là aussi il n'existe que la période 1953-1959, sans mesure de débit.
- le 26 mai 1956, une station a été installée à Amadi, sur un petit affluent du Uele, à 50 km au sud du confluent. Les coordonnées géographiques sont :
  - 03°38' de latitude Nord ;
  - 026°47 de longitude Est.

  Nous n'avons également que des relevés limnimétriques de 1953 à 1959, sans mesure de débit.
- sur l'Uere, principal tributaire de l'Uele, une station existe à Ango. Elle a été installée le 30 mai 1953. Ses coordonnées géographiques sont :

    - 04°02' de latitude Nord ;
    - 025°52' de longitude Est.

  Les relevés limnimétriques correspondent à la période 1953-1959, toujours sans mesure de débit.

- sur la Bili, il n'y a aucune station hydrométrique.

Les deux seuls jaugeages effectués sur l'Uele datent de 1950. Ils ont été effectués par la *Régie de distribution d'eau et d'électricité du Congo et du Ruanda-Urundi* (Régidéso), en amont des rapides de Bandu, à Dingila (ou *Bambal*i), dont s'occupait la *Compagnie cotonnière congolaise* (Cotongo). Mais nous ne connaissons pas les résultats de ces mesures, de toute façon trop peu nombreuses pour un étalonnage sérieux.

Voir également le Complément n° 1 (D. Orange) dans les *Références récentes* de la *Monographie.*

Retour en haut du document

Tableau 1

Débits caractéristiques de l'Oubangui à Bangui
(moyenne sur les années 1916, 1917 et 1936-1994).

	moyenne	minimum	maximum	coeff. de	tendance
		(date)	(date)	variation	linéaire
annuel	3940	2120	6110	22 %	-35 %
		(1990)	(1969)		
Maximum mensuel	8960	4670 (11/1990)	14000 (10/1916)	22 %	-36 %
Minimum mensuel	891	266 (04/1990)	2100 (03/1963)	43 %	-60 %

Débits en $m^3.s^{-1}$ et date correspondante entre parenthèse

Figure 3 :

Hydraulicités comparées de l'Oubangui à Bangui (1936-1993),de quatre de ces affluents (1953-1993), du Congo à Brazzaville (1936-1993) et de la Sangha à Ouesso (1953-1993)
(les valeurs moyennes sont représentées en jaune, les valeurs inférieures de 10% à la moyenne en bleu et les valeurs supérieures de 10% à la moyenne sont en vert, les cases blanches représentent les manquants).

	CONGO	**SANGHA**	**LOBAYE**	**MBALI**	**OUBANGUI**	**KOTTO**	**MBOMOU**
	Brazzaville	Ouesso	Mbata	Boali	Bangui	Kembé	Zémio
1936							
1937							
1938							
1939							
1940							
1941							
1942							
1943							
1944							
1945							
1946							
1947							
1948							
1949							
1950							
1951							
1952							
1953							
1954							
1955							
1956							
1957							
1958							
1959							
1960							
1961							
1962							
1963							
1964							
1965							
1966							
1967							
1968							
1969							
1970							
1971							
1972							

1973							
1974							
1975							
1976							
1977							
1978							
1979							
1980							
1981							
1982							
1983							
1984							
1985							
1986							
1987							
1988							
1989							
1990							
1991							
1992							
1993							

Tableau 3

Evolution de la pluviométrie, de l'écoulement et du déficit d'écoulement dans le bassin de l'Oubangui, de 1953 à 1988

bassin versant	Mbomou à	Kotto à	Mbali à	Lobaye à	Oubangui
	Zémio	Kembé	Boali	Mbata	à Bangui
lame d'eau précipitée					
bornes (mm)	1468-1355	1437-1240	1525-1401	1460-1497	1505-1398
différence (mm)	-113	-197	-124	+37	-107
tendance linéaire	-8 %	-14 %	-8 %	+2 %	-7 %
lame d'eau écoulée					
bornes (mm)	227-158	182-88	523-207	373-204	306-200
différence (mm)	-69	-94	-316	-169	-106
tendance linéaire	-30 %	-53 %	-60 %	-45 %	-35 %
déficit d'écoulement					
bornes (mm)	1255-1132	1265-1127	1010-1151	1103-1223	1199-1198
différence (mm)	-123	-138	+141	+120	-1
tendance linéaire	-10 %	-11 %	+14 %	+11 %	0 %

Les bornes indiquées correspondent aux valeurs du paramètre considéré entre 1953 et 1988.

Table 1

87Sr/86Sr ratios, major and trace ion compositions (in 10-6 moles/l for Ca, Na, K, Mg Si, Cl, SO4, Sr and HCO3) of dissolved solids for samples from the Oubangui watersheds. Monthly mean discharge for the Oubangui river in m3/s; S + and S - in 10-6 eq/l.

Sample	87Sr/86Sr	2 S ±	Cl	SO4	Ca	Na	Mg	K	Si	Rb	Sr	Q m3/s	HCO3	S +	S -
OUBANGUI															
06/89	0.719315	3.2E-05	18	19	115	66	104	49	197	0.04	0.343	1520	460	553	516
07/89	0.719274	4.9E-05	18	11	87	70	60	35	220	0.03	0.272	2020	350	399	390
08/89	0.719889	3.0E-05	15	18	72	34	54	76	227	0.07	0.220	3470	250	362	301
09/89	0.720849	4.9E-05	11	11	65	36	40	22	227	0.02	0.191	4000	250	268	283
10/89	0.720325	2.7E-05	10	15	66	31	39	34	205	0.03	0.179	6530	210	265	250
02/11/89	0.719682	2.9E-05	22	13	65	50	41	28	222	0.03	0.169	4920	238	290	286
18/11/89	0.719128	5.5E-05	24	13	77	51	-	26	-	0.03	0.188	-	-	-	-
12/89	0.718993	3.6E-05	22	11	76	56	52	20	217	0.02	0.224	2500	300	332	344
01/90	0.718927	3.0E-05	22	22	87	66	68	25	215	0.03	0.233	1300	400	401	444
02/90	0.718656	3.0E-05	24	7	109	87	113	22	217	0.03	0.272	630	460	553	498
SPRINGS															
Mpoko 02/89	0.728293	3.0E-05	-	-	25	16	14	-	-	-	0.061	-	-	-	-
Mpoko 1 11/89	0.728657	6.0E-05	-	-	52	67	62	-	-	-	0.194	-	-	-	-
Mpoko 2 11/89	0.719676	3.1E-05	-	-	115	74	82	-	-	-	0.221	-	-	-	-
ORSTOM 11/89	0.719199	2.8E-05	-	-	262	55	21	-	-	-	0.410	-	-	-	-
DRILL															
02/89	0.740882	4.7E-05	61	3	780	856	270	-	-	-	2.195	-	-	-	-
07/89	0.740996	3.5E-05	35	2	775	819	268	-	-	-	2.160	-	-	-	-
02/90	-	-	-	-	771	810	265	-	-	-	-	-	-	-	-
TRIBUTARIES															
Mpoko 11/88	0.726345	2.6E-05	23	12	134	82	104	-	-	-	0.215		-	-	-
Mpoko 02/89	0.721992	3.1E-05	23	13	367	65	255	-	-	-	0.313		-	-	-
Mpoko 11/89	0.724202	2.4E-05	8	7	157	87	107	80	-	0.05	0.249		545	595	567
Mbali 11/88	0.716879	2.9E-05	23	7	86	24	65	-	-	-	0.190				
Mbali 02/89	0.714546	3.0E-05	22	14	290	34	206	-	-	-	0.288				
Mbali 11/89	0.716332	2.1E-05	12	5	130	42	78	138	-	0.07	0.239		479	596	501
Mandjo 02/89	0.711884	3.8E-05		-	579	25	353	-	-	-	0.820		-	-	-
Mandjo 11/89	0.713782	3.1E-05	9	7	284	25	131	-	-	-	0.399		-	-	-
Bili 11/89	0.725484	3.1E-05	21	21	48	66	49	-	-	-	0.169		-	-	-
Tomi 11/89	0.726559	2.7E-05	8	19	175	110	124	-	-	-	0.248		-	-	-
Uele 11/89	0.717353	5.4E-05	21	20	55	105	53	-	-	-	0.187		-	-	-
Kotto 11/89	0.720056	4.6E-05	8	11	67	39	53	-	-	-			-	-	-
Bamba 11/89	0.728124	2.5E-05	16	22	120	100	112	-	-	-	0.199		-	-	-

Oumba 11/89	0.723665	2.6E-05	8	5	257	56	210	-	-	-	0.207		-	-	-
Ombella 11/89	0.722831	2.6E-05	9	21	450	78	278	-	-	-	0.372		-	-	-
Oubangui 11/89	0.721671	2.8E-05	12	17	70	49	68	-	-	-	0.170		-	-	-
Mbomou 11/89	0.721261	1.9E-05	12	11	71	46	68	-	-	-	0.154		-	-	-
Ouaka 11/89	0.725455	3..3E-05	6	14	30	44	39	-	-	-	0.118		-	-	-

Table 2

87Sr/86Sr ratios, 87Rb/86Sr ratios, K, Rb, Sr concentrations (in 10-6 moles/l) of suspended solids for samples from the Oubangui river.

Sample	W m3/s	S. M mg/l	87Sr/86Sr	2 S ±	Sr ppm	Rb ppm	87Rb/86Sr
10/88	10000	33.5	0.738393	8E-05	42	66	4.436
11/88	6550	33.7	0.733930	7E-05	51	58	3.210
12/88	3700	23.7	0.741235	0.0003	37	63	4.806
01/89	2000	13.0	0.731945	4E-05	66	63	2.694
02/89	850	3.4	0.728920	0.003	44	54	3.464
03/89	500	2.4	0.723033	6E-05	45	56	3.513
06/89	1520	22.0	0.737880	0.0004	104	500	3.570
07/89	2020	36.0	0.740090	7E-05	150	255	4.798
08/89	3470	45.0	0.739096	4E-05	167	225	3.803
09/89	4000	50.0	0.743300	8E-05	110	184	4.721

Table 3

Results of the rainfall inputs for Na, Ca ,Mg and Sr on the Oubangui river samples (in %).

Sample	Na	Ca	Mg	Sr
Oubangui				
06/89	24	11	14	4.7
07/89	22	15	24	5.9
08/89	38	15	22	6.7
09/89	27	12	22	5.1
10/89	28	11	21	5.0
11/89	39	21	43	9.0
12/89	34	21	34	8.8
01/90	29	18	26	8.4
02/90	23	15	17	7.5
Tributaries				
Mpoko 11/89	23	10	18	8.2
Mpoko 02/90	20	7	7	6.5
Mbali 11/89	46	12	27	8.2
Mbali 02/89	56	5	9	6.8
Bili 11/89	28	31	35	11
Tomi 11/89	6	3	5	2.9
Uele 11/89	17	27	32	10
Kotto 11/89	18	9	12	4.7
Bamba 11/89	14	10	11	7.2
Oumba 11/89	12	2	3	3.4
Ombella 11/89	10	1	3	2.1
Mbomou 11/89	23	12	12	6.9
Ouaka 11/89	12	14	12	4.5

Tableau 1

Estimation de la quantité de matériel charrié et déposé au niveau de la zone d'étude entre les étiages de 1991 et 1992

Estimation du charriage entre les étiages de 1991 et 1992

n° du layon	largeur (m)		charriage (surface en m²)			charriage (m^3 entre 2 layons)	
		gravier	sable	total	gravier	sable	total
A	180	19,8	74,3	94,1			
B	180	10,2	84,7	94,9	750	3 975	4 725
C	180	49	67,6	116,6	1 480	3 808	5 288
D	180	3,3	73,2	76,5	1 308	3 520	4 828
E	180	9,9	55,6	65,5	330	3 220	3 550
F	180	11	73,7	84,7	523	3 233	3 755
G	180	12,9	64,5	77,4	598	3 455	4 053
H	180	8,7	52,5	61,2	540	2 925	3 465
I	180	2,3	25,5	27,8	275	1 950	2 225
Total					5 803	26 085	31 888

Estimation du dépôt entre les étiages de 1991 et 1992

n° du layon	largeur (m)		charriage (surface en m²)			charriage (m^3 entre 2 layons)	
		gravier	sable	total	gravier	sable	total
A	180	22,4	141,3	163,7			
B	180	33,6	147,1	180,7	1 400	7 210	8 610
C	180	13,9	156,3	170,2	1 188	7 585	8 773
D	180	62,1	98,4	160,5	1 900	6 368	8 268
E	180	62,3	83,9	146,2	3 110	4 558	7 668
F	180	69,5	73,3	142,8	3 295	3 930	7 225
G	180	102,3	47,1	149,4	4 295	3 010	7 305
H	180	61,7	65,4	127,1	4 100	2 813	6 913
I	180	100,8	19,8	120,6	4 063	2 130	6 193
Total					23 350	37 603	60 953

Tableau 2

Estimation de la quantité de matériau charrié et déposé au niveau de la zone d'étude entre les étiages de 1992 et 1993

Estimation du charriage entre les étiages de 1992 et 1993

n° du layon	largeur (m)		charriage (surface en m²)			charriage (m^3 entre 2 layons)	
		gravier	sable	total	gravier	sable	total
A	180	64,5	141,3	205,8			
B	180	13,6	147,1	160,7	1 953	7 210	9 163
C	180	0,5	156,3	156,8	353	7 585	7 938
D	180	110,4	98,4	208,8	2 773	6 368	9 140
E	180	57	83,9	140,9	4 185	4 558	8 743
F	180	43,6	73,3	116,9	2 515	3 930	6 445
G	180	65,1	47,1	112,2	2 718	3 010	5 728
H	180	3,3	65,4	68,7	1 710	2 813	4 523
I	180	69,8	19,8	89,6	1 828	2 130	3 958
Total					18 033	37 603	55 635

Estimation du dépôt entre les étiages de 1992 et 1993

n° du layon	largeur (m)		Dépôt (surface en m²)			Dépôt (en m^3 entre 2 layons)	
		gravier	sable	total	gravier	sable	total
A	180	0	142,2	142,2			
B	180	24,9	141,5	166,4	623	7 093	7 715
C	180	56,9	136,3	193,2	2 045	6 945	8 990
D	180	0,6	141,1	141,7	1 438	6 935	8 373
E	180	0,6	111,3	111,9	30	6 310	6 340
F	180	12,9	110,3	123,2	338	5 540	5 878
G	180	22,8	79,7	102,5	893	4 750	5 643
H	180	54,2	57,6	111,8	1 925	3 433	5 358
I	180	0	43,4	43,4	1 355	2 525	3 880
Total					8 645	43 530	52 175

Tableau 1

Moyennes mensuelles interannuelles des concentrations et tonnages de matières particulaires et dissoutes transportés par l'Oubangui à Bangui
(Qm : débit moyen mensuel du fleuve ; C(TS) et F(TS) : respectivement concentration et flux mensuels du transport particulaire ;
C(TD) et F(TD) : respectivement concentration et flux mensuels du transport dissous total ;
MOD et %MOD : respectivement concentration mensuelle en $mg.l^{-1}$
et pourcentage par rapport au transport dissous total des matières organiques dissoutes).

	Qm	C(TS)	F(TS)	C(TD)	F(TD)	MOD	%MOD
	$m^3.s^{-1}$	$mg.l^{-1}$	tonnes	$mg.l^{-1}$	tonnes	$mg.l^{-1}$	%
Avril	443	4	4 407	42	49 726	0	0
Mai	823	12	27 071	40	87 012	0	0
Juin	1 642	23	107 348	46	197 586	0	0
Juillet	2 334	35	221 761	45	282 425	3	6
Août	3 612	42	413 862	49	474 943	9	18
Septembre	5 493	43	607 171	47	666 233	8	18
Octobre	6 621	37	664 807	41	742 252	6	14
Novembre	5 558	30	421 093	45	656 269	7	15
Décembre	2 992	21	170 092	39	312 003	3	7
Janvier	1 440	12	46 840	44	169 010	3	7
Février	701	4	7 702	45	77 334	3	6
Mars	438	3	3 147	42	49 061	0	0
Année	2 675	32	2 696 000	44	3 764 000	5	11

Tableau 2

Flux annuels de matières particulaires et dissoutes transportés par l'Oubangui à Bangui
(Qa : débit moyen annuel du fleuve ; C(TS) et F(TS) : respectivement concentration et flux du transport particulaire ;
C(TD) et F(TD) : respectivement concentration et flux du transport dissous)

Cycles	Qa	C (TS)	F (TS)	C (MD)	F TD)
Avril-mars	m^3/s	mg/l	tonnes	mg/l	tonnes
1972/73	3320	38	3 973 000		
1973/74	2750	25	2 200 000		
1974/75	3900	37	4 506 000		
1987/88	2515	35	2 775 000	49	3 921 000
1988/89	3151	37	3 660 000	44	4 387 000
1989/90	2340	32	2 367 000	40	2 953 000
1990/91	2170	33	2 234 000	42	2 899 000
1991/92	2941	27	2 478 000	38	3 557 000
1992/93	2932	29	2 660 000	52	4 867 000
1987-1992	2675	32	2 696 000	44	3 764 000