

HISTORIQUE DES RESEAUX HYDROPLUVIOMETRIQUES  
EN AFRIQUE FRANCOPHONE AU SUD DU SAHARA  
RESULTATS OBTENUS AUX STATIONS DE LONGUE DUREE

---

J. SIRCOULON

*Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM*

---

1. - INTRODUCTION

La connaissance des ressources en eau de surface et leur variabilité, la compréhension du climat et de ses fluctuations passent par l'analyse des données présentes et passées. Ceci exige des mesures sur le terrain aussi nombreuses et fiables que possible, et une permanence des observations demandant la présence d'un réseau de base fixe géré suivant des règles strictes. Une telle gestion est lourde sur le plan financier, elle pose de grosses contraintes pour la maintenance du réseau, la collecte de l'information, le stockage et le traitement des données. Ces contraintes sont d'autant moins bien supportées par les bailleurs de fonds, qu'il s'agit d'opérations à long terme et peu spectaculaires alors que les utilisateurs ou les aménageurs requièrent des réponses rapides à leurs besoins ou à leurs projets.

La gestion des réseaux hydrométriques, en particulier, a connu chronologiquement plusieurs phases :

- Une phase dynamique lors de la création des réseaux marquée par la volonté affirmée d'effectuer l'inventaire de la ressource et de connaître ses variations spatio-temporelles.
- Une phase de doute liée à la croyance très répandue que l'évolution technologique et méthodologique (satellites, ordinateurs, développement foudroyant des modèles) allait rendre inutiles les observations sur le terrain.
- Une phase de prise de conscience des limites des outils employés (vérité-terrain indispensable pour l'interprétation des images satellitaires, par exemple) et de la nécessité de poursuivre ou réactiver l'exploitation des réseaux. Cet état d'esprit est largement dû à la sensibilisation du public et des scientifiques aux grands bouleversements climatiques que connaissent certaines régions du globe, dont en première ligne le SAHEL Africain. La volonté de mieux connaître les variations du climat et ses causes, de mieux apprécier la ressource en eau disponible s'est concrétisée par de nombreux programmes nationaux ou internationaux.

A cette occasion une unanimité s'est malheureusement dégagée pour constater les faits suivants:

- détérioration accélérée de la qualité des observations et des réseaux,
- dégradation sensible des archives,
- accès à l'information de plus en plus difficile.

Ceci fait d'autant mieux ressortir la nécessité absolue du maintien de réseaux fiables et le développement de banques de données assurant la sauvegarde, le traitement et la diffusion de l'information au niveau international : ni le climat, ni les cours d'eau ne connaissent de frontières.

Dans le cas du continent africain, la communauté scientifique française a joué un rôle important, qu'elle se doit de poursuivre.

## 2. - LES RESEAUX PLUVIOMETRIQUES

### 2.1. Historique

Les premières observations climatologiques commencent au Sénégal vers 1825 sans que l'on ait gardé des traces de ces relevés. Au cours de la décennie 1850-1860, des observations sur la température de l'air, la pression atmosphérique, l'état du ciel, l'intensité du vent et sa direction, sont effectuées par des pharmaciens de la Marine (dépendant du Service de Santé) aux hôpitaux de Saint-Louis (1851), Gorée (1853), Podor (1854), Bakel (1856), ainsi qu'à Dagana.

En dehors du Sénégal, il faut citer, en Côte d'Ivoire, l'hôpital d'Assinie en 1855, puis 58-59, et celui de Grand-Bassam (1853 à 55, 59 à 60), et Libreville au Gabon en 1851.

Ces stations ont une période d'observation très brève, sauf pour celles de Gorée suivie jusqu'en 1866 et, surtout, celle de Saint-Louis pour laquelle une description plus détaillée mérite d'être donnée. En effet, c'est en Mai 1851 que commencent les premiers relevés pluviométriques à l'hôpital militaire de la ville de Saint-Louis effectués par M. AUDIBERT, pharmacien de la Marine. Cette station sera suivie jusqu'en 1920, avec une seule lacune importante de 1883 à 1890.

Une seconde station, jouxtant pratiquement l'hôpital est installée à l'Ecole secondaire des Frères de Ploërmel; fondée en 1862, elle sera régulièrement exploitée de 1868 à 1883 et de 1892 à 1903 inclus. Les observations seront ensuite assurées par la Chefferie de Saint-Louis de 1921 à 1958, puis à partir de 1959 par Saint-Louis-Aérodrome.

Une seconde série d'implantations de stations va se développer avant la fin du siècle. Citons : Douala (1885), Brazzaville (1892), Lambaréné (1894), Edéa (1894), Cotonou (1895), Porto-Novo (1896), Tombouctou (1896). La situation est très diverse suivant les zones géographiques, les zones côtières ou les

voies de pénétration vers l'intérieur du continent sont privilégiées; de nombreux postes sont ainsi créés sur le Bassin du SENE-GAL en 1887 : Tivaouane, Kellié, Louga, Rufisque, Thies, alors qu'il faut attendre 1901-1903 pour voir l'installation de stations, souvent éphémères, au Tchad. Parfois, les observations sont assurées pratiquement uniquement par des Missions catholiques (cas du Gabon, par exemple).

- Au début de notre siècle, s'ouvrent de nouveaux postes dont les chroniques de pluies vont enrichir les études pluviométriques : Ouagadougou-Mission en 1902, Niamey-ville et Zinder en 1905, puis l'année suivante Ségou, Sikasso, et en 1907 Bobo-Dioulasso. En 1906, le réseau météorologique de l'AFRIQUE, qui est rattaché depuis sa création à l'Inspection générale des Services Sanitaires et Médicaux comprend déjà 28 stations. En AFRIQUE Equatoriale, certains pays ont déjà une densité de postes appréciable ( 25 stations en 1910 pour le seul Cameroun). Malheureusement, la guerre de 14 va entraîner la fermeture de la quasi-totalité des stations (une seule station se maintiendra au Cameroun de 1914 à 1921), aucun relevé au Gabon de 1915 à 1933 !).
- Les années 1921-22 voient la création d'un Service météorologique fédéral pour l'AFRIQUE Occidentale (Direction à Dakar), avec l'implantation de nombreuses stations; le réseau pluviométrique de base dans les pays sahéliens date donc de cette époque. En AFRIQUE Equatoriale, il faudra attendre 1930 pour voir la création du Service météorologique fédéral, centré à Brazzaville. Fin 1958, ces Services fédéraux seront dissous, mais continueront à fonctionner au ralenti jusqu'à la création des Directions de l'ASECNA à Dakar et à Brazzaville en 1960.

## 2.2. Qualité des observations pluviométriques

La qualité des relevés est très inégale suivant les régions, les différents types de stations (synoptiques, climatologiques, pluviométriques) et la profession des observateurs. Les erreurs de mesures, de transcription, d'interprétation, permettraient de constituer un florilège dramatiquement "réjouissant" et inépuisable. Les erreurs d'appareillage sont à l'origine d'un grand nombre d'hétérogénéités dans les séries pluviométriques et même tentent que l'on s'y attarde un peu :

- Avant 1921, les observations pluviométriques étaient faites en majorité avec des pluviomètres association de 100  $\Pi$  cm<sup>2</sup>.
- En 1921-22, les nouveaux postes ont été équipés en pluviomètres association de 400 cm<sup>2</sup>, l'appareillage des anciens postes étant renouvelé au fur et à mesure des besoins, si bien que très vite on a pu voir le rapprochement pluviomètre de 400 cm<sup>2</sup> (en remplacement de pluviomètre de 100  $\Pi$  cm<sup>2</sup> percé) et éprouvette de 100  $\Pi$  cm<sup>2</sup> non encore cassée ou pluviomètre de 100  $\Pi$  cm<sup>2</sup> encore en bon état et éprouvette de 400 cm<sup>2</sup> (en remplacement de l'éprouvette de 100  $\Pi$  cm<sup>2</sup> cassée...).

- En 1958 le Service météorologique de Dakar a fait une très importante commande d'éprouvettes : il lui a été livré des éprouvettes de 100  $\pi$  cm<sup>2</sup> qui ont été réparties dans les divers Services météorologiques locaux... Il n'est donc pas étonnant que le rapport des pentes des cumuls pluviométriques présentant des cassures soit souvent voisin de 1,27 ou 0,79 [1]

### 2.3. Information disponible et banques de données

Les études ou recherches menées sur le climat se heurtent souvent au problème de l'obtention de l'information, l'utilisateur ne sachant pas toujours à qui s'adresser, ni quels sont les Organismes détenteurs de données.

- . Le Service climatologique de la Météorologie Nationale Française possède sur divers supports les données d'altitude et au sol antérieures à 1960 (archives en double à Paris et à Dakar, Brazzaville). Des crédits, dans le cadre du PNEDC, ont été dégagés pour le transfert de 4 millions de cartes perforées sur bandes magnétiques, mais les données n'ont pas été critiquées.
- . L'ASECNA a sa propre banque de données et effectue les traitements informatiques avec ses moyens propres depuis 1966; toutefois la pluviométrie n'est disponible sur support magnétique que jusqu'en 1979.
- . La FAO dispose d'une banque à caractère agrométéorologique avec des éléments mensuels pour certaines stations.
- . L'AGRHYMET, dont le premier programme de renforcement des réseaux hydrométéorologiques date de 1975, a été l'initiateur d'une banque de données climatologiques alimentée par les huit pays membres du C.I.L.S.S. qui commence à devenir opérationnelle; la composante PMDC du Programme Climatologique Mondial de l'O.M.M (1979) prévoit une banque de données climatologiques de l'ensemble de la région AFRIQUE Occidentale, soit vingt-trois pays. Sa mise en place, pendante de celle de Nairobi, pour l'AFRIQUE Orientale, tarde cependant à se concrétiser.
- . L'ORSTOM, enfin, joue un rôle important dans le domaine pluviométrique, et a collaboré étroitement avec le C I E H dès la création de celui-ci en 1960. Une Convention, signée en 1971, a permis la publication des données pluviométriques journalières des pays membres du CIEH, de l'origine des stations jusqu'en 1965. Ces données critiquées, disponibles également sur support magnétique, servent de document de référence pour douze pays africains. La pluviométrie des Iles du Cap-Vert (origine à 1977 inclus) a de même été éditée l'année dernière. Une Convention en cours d'exécution (ASECNA-CIEH-ORSTOM) a confié à l'ORSTOM la même opération de constitution de fichiers critiqués pour la période 1966 à 1980.

### 3. - LES RESEAUX HYDROMETRIQUES

#### 3.1. Historique

- Les observations de hauteur d'eau commencent très tôt sur le Fleuve SENEGAL pour les besoins de la navigation; dès la période 1892 à 1900, il existe une quarantaine d'échelles limnimétriques suivies en moyennes et hautes eaux, soit d'Août à Décembre, et installées aux escales des bateaux assurant la circulation sur le fleuve, ainsi que sur les seuils du cours d'eau. Sur les branches supérieures du fleuve (BAFING et BAKOYE) des stations sont installées en 1903-1904 par les Chemins de Fer Dakar-Niger, de même qu'à Bafoulabé et Galougo; à Kayes deux à trois relevés par mois sont effectués dès 1892 par les Messageries du Sénégal et deviennent journaliers en hautes eaux dès 1903. Dans la vallée, la station de Bakel, qui de par sa position géographique contrôle tous les apports parvenant au SAHEL, est ouverte en 1901 et les relevés sont utilisables à partir de 1903.
- Sur le Fleuve NIGER, la station de Koulikoro, qui contrôle une superficie de 120 000 km<sup>2</sup>, est ouverte en 1907 par la Compagnie Générale des Colonies. Il faut attendre 1915 pour voir l'installation d'une nouvelle échelle sur le fleuve, toujours en amont de la Cuvette lacustre à Ségou. On doit à l'Office du Niger, la création de l'échelle de Diré (1929) et de Niamey (1928).
- Sur les bassins du CHARI et du LOGONE, la station la plus ancienne est celle de N'Djaména, une première échelle de crue est installée par la Mission TILHO en 1906 (mais seules les crues de 1906 et 1908 sont connues). Les observations, capitales pour la connaissance de l'alimentation du Lac TCHAD, ne reprendront qu'en 1932.
- En dehors des fleuves tropicaux parvenant à la zone sahélienne, d'autres cours d'eaux, parfois équatoriaux, présentent des séries intéressantes :
  - . la station de l'OUBANGUI à Bangui, pour laquelle une échelle existait de 1890 à 1892 (navigation), mais dont les observations ne commencent vraiment qu'en 1911, avec beaucoup de lacunes de 1920 à 1935,
  - . la BENOUE à Garoua, observée depuis 1930 (hautes eaux seulement jusqu'en 1949)
  - . l'OGOQUE à Lambaréné est suivie depuis 1929, mais également avec des lacunes,
  - . enfin, citons le Fleuve CONGO dont les débits sont connus à Kinshasa depuis 1902 sans lacunes (bonne concordance avec la station de Brazzaville).
- Les stations décrites précédemment, pour intéressantes qu'elles soient, ne constituaient, en aucun cas, un réseau structuré. Il faudra attendre le début des années 50 pour voir la mise en place en AFRIQUE Francophone de véritables réseaux organisés

permettant enfin une appréciation raisonnable des ressources en eau. Si l'on met de côté le Bassin du SENEGAL, dont les stations seront suivies par la Mission d'Aménagement du Sénégal et l'Union Hydroélectrique Africaine, cette tâche difficile et considérable sera dévolue au Service Hydrologique de l'ORSTOM qui installera (ou conseillera l'installation) environ 1 500 stations de mesures dans les zones climatiques les plus diverses, depuis les régions les plus arides du SAHARA jusqu'à la grande forêt hygrophile et les régions montagneuses africaines. Après l'indépendance, la passation de gestion aux Services nationaux se fera de façon très progressive, l'ORSTOM gardant un rôle de conseiller dans de nombreux cas. La gestion des réseaux est une charge très lourde et difficile à assumer; la création du CILSS, après les années de grande sécheresse 72 et 73 au SAHEL et le lancement du programme AGRHYMET en 1975, permettront le renforcement des réseaux des pays sahéliens, avec en particulier la formation de personnel spécialisé.

### 3.2. Qualité des observations hydrologiques

Les données sur les débits sont en nombre plus faibles que celles sur les précipitations et couvrent des périodes d'observations plus courtes.

La qualité de l'information et la densité des points de mesure varie grandement avec les zones climatiques : il n'y a pas de réseau organisé et permanent en dessous de 300 mm de pluie par an, et l'approche de la connaissance de la formation de l'écoulement et de sa variabilité n'est connue que par les missions extensives et les bassins représentatifs de l'ORSTOM.

- En zone sahélienne (300 à 750 mm), l'information hydrologique est plus consistante, mais l'exploitation des réseaux se heurte à beaucoup de difficultés (accès, détarages fréquents, dégradation hydrographique, débits de crue mal connus, etc...);
- En zone tropicale pure et équatoriale, les conditions de mesure sont en général plus faciles, l'écoulement ayant un caractère plus permanent et moins irrégulier, mais les stations peuvent être d'accès difficile pendant les pluies.

Une importante constatation s'impose : la connaissance et le suivi de la ressource en eau de surface exige un combat de tous les instants = aux zones non couvertes par les réseaux viennent s'ajouter les lacunes d'observation dans les stations existantes. Certaines stations sont fermées car trop éloignées, parfois ce sont des réseaux entiers qui tombent en sommeil (pour des raisons financières : Centrafrique, ou de force majeure : Tchad). Dans d'autres cas, ce sont les lecteurs d'échelles qui ne sont plus payés... Les développements technologiques (stations de mesures autonomes avec enregistrements sur mémoire statique non volatile ou télétransmission des données par satellite) apportent une lueur d'espoir mais encore faut-il régler les problèmes financiers et de maintenance.

### 3.3. Information disponible et banques de données

Longtemps gestionnaire des données hydrologiques de l'AFRIQUE Francophone Occidentale au sens large, l'ORSTOM a procédé à la publication régulière des Annuaire hydrologiques locaux, d'Annuaire regroupant les stations les plus représentatives de chaque pays, établi de vastes études régionales (Monographies) sur l'ensemble des grands bassins fluviaux. Cette production d'Annuaire a progressivement été prise en charge par les pays eux-mêmes et actuellement la situation est très variable, certains Etats étant complètement autonomes, d'autres demandant encore l'aide ou le conseil de l'Institut.

La manipulation, l'utilisation et la consultation d'une telle masse d'informations a rendu très vite nécessaire l'emploi des possibilités de l'informatique. Dès 1967, ont été constitués les premiers fichiers et programmes de traitement. Complètement opérationnelle maintenant, la banque de données hydrométriques de l'ORSTOM renferme l'équivalent de 20 000 stations-années en hauteur d'eau (dont 1 500 provenant d'enregistrements limnigraphiques). Inventaire, extraction, correction et mise à jour des fichiers "maîtres" constitutifs sont faits régulièrement, et les adaptations sont faites pour recueillir les données saisies de façon décentralisée sur mini-ordinateur ou transmises par satellites. L'Institut joue également un rôle actif dans la mise au point et l'adaptation de banques de données locales (Côte d'Ivoire, par exemple).

## 4. - LES STATIONS DE LONGUE DUREE

### 4.1. Stations pluviométriques

En définitive le nombre de stations pluviométriques de longue durée utilisables pour apprécier les variations climatiques en AFRIQUE Francophone est très réduit et les séries ne sont jamais complètes pour celles ouvertes avant le début de ce siècle. La plus longue série disponible (celle de Saint-Louis, mais avec le mélange de plusieurs sites de mesure) est, par ailleurs, peu représentative car située en zone côtière.

L'Archipel des Iles du Cap-Vert à cinq cents kilomètres des côtes du Sénégal fournit deux séries intéressantes, celle de Mindelo observée dans l'île de San Vincente depuis fin 1883 et surtout celle de Praia (Vila) dans l'île de Santiago depuis 1875 (pas de relevés de 1882 à 1884). L'étude de l'évolution des totaux annuels montre que depuis un siècle la tendance générale s'inscrit nettement à la baisse, mais la coïncidence chronologique avec les observations faites sur le continent n'apparaît vraiment que pour l'actuelle sécheresse [3].

Si l'on veut justement évaluer la place de la sécheresse de 1968 à nos jours dans la période historique récente en la comparant aux autres sécheresses notables survenues depuis le début du siècle (1910-1915 et 1940-49), on ne dispose que d'une vingtaine

de stations pour tout le SAHEL Africain pour apprécier la sévérité des années "13" dont le déficit a connu une extension comparable à ce qui se passe actuellement en touchant les zones équatoriales mais sans connaître la persistance que l'on constate de nos jours [4.5,6].

A ces stations les minimums pluviométriques observés entre 1910 et 1915 ne seront effacés des "tablettes" des records qu'en 1983 du Sénégal au Mali, et qu'en 1984 au Tchad, à l'échelle de 2, 5 ou 10 années consécutives la période actuelle est de loin la plus rigoureuse.

En AFRIQUE Equatoriale, les données sont trop disparates ou lacunaires vers 1913 pour que l'on puisse porter un jugement précis. On sait toutefois que sur le Bassin du CONGO les écoulements de l'année 1913-14 sont les plus faibles de la période 1902-1984.

#### 4.2. Stations hydrométriques

Le recensement effectué en 3.1., déjà assez maigre en lui-même, ne doit pas faire illusion pour le Bassin du SENEAL. En effet, les nombreuses échelles limnimétriques installées pour les besoins de la navigation sont le plus souvent inutilisables pour la connaissance de l'écoulement, car n'ayant jamais été étalonnées.

Aucune traduction en débits ne peut être faite avant le début du 20ème siècle sur l'ensemble de l'AFRIQUE Francophone au sud du SAHARA.

Il n'existe finalement que trois stations archaïques qui fournissent de par leur situation géographique une information sûre, continue et pouvant servir de référence pour la mise en évidence de phases sèches ou pluvieuses. Ce sont :

- la station du SENEAL à Bakel, contrôlant 1 800 km<sup>2</sup>, suivie depuis 1903 et représentative des variations de l'écoulement du fleuve car couvrant l'ensemble des apports parvenant à la basse vallée;
- la station du NIGER à Koulikoro, contrôlant 120 000 km<sup>2</sup> et permettant de suivre sans interruption l'hydraulicité du haut Bassin du NIGER et les extrêmes de l'écoulement depuis 1907;
- la station du CONGO à Kinshasa (Brazzaville), contrôlant 3 500 000 km<sup>2</sup> et suivie sans lacunes depuis 1902.

Le petit tableau ci-dessous établi pour les seuls modules annuels montre que pour les fleuves tropicaux les années récentes offrent les plus faibles écoulements jamais observés, le gigantesque Bassin du CONGO étant lui aussi très affecté.

	<u>SENEGAL à Bakel</u>	<u>NIGER à Koulikoro</u>	<u>CONGO à Kinshasa</u>
Module inter-annuel	10 m <sup>3</sup> /s	1 470 m <sup>3</sup> /s	41 000 m <sup>3</sup> /s
Modules minimums	220 (83 et 84)	650 (84)	33 500 (13)
	263 (72)	796 (13)	33 800 (58)
	270 (13)	826 (83)	34 300 (83)

## BIBLIOGRAPHIE

---

- (1) - BRUNET-MORET (Y.) - Note interne sur l'appareillage des stations et historique des réseaux en Afrique Francophone.
- (2) - DOSSEUR (H.) et TOUCHEBEUF (P.) - "Hydrologie, hydraulique et climatologie - Tentative d'explication de l'insuffisance des précipitations en Afrique et dans d'autres régions du Monde en 1983".  
Union des Producteurs et distributeurs d'Electricité en Afrique - E.D.F.-International, Congrès de Loué 4-8 Juin 1984.
- (3) - OLIVRY (J.C.) - Le point en 1982 sur la sécheresse en Séné-Gambie et aux Iles du Cap-Vert - Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations).  
in Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, vol. XX, n° 1 - 1983.
- (4) - SIRCOULON (J.) - Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique Intertropicale - Comparaison avec les sécheresses "1913" et "1940".  
in Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, vol. XIII, n° 2 - 1976.
- (5) - SIRCOULON (J.) - Quinze années de sécheresse au SAHEL - Impact sur les ressources et moyens de lutte.  
in Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on "Water Resources and Management" - "AEEF IN THE YEAR 2000", Athènes 1-4 Octobre 1984.
- (6) - SIRCOULON (J.) - La diminution des ressources en eau de surface au SAHEL depuis 1968.  
in Colloque O.M.M. Dakar Décembre 1984.