

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES DE PARIS
ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES
ECOLE NATIONALE DU GENIE RURAL DES EAUX ET DES FORETS

DEUXIEME SESSION DE RECYCLAGE EN HYDROLOGIE
5-10 JUIN 1967

ELABORATION CRITIQUE ET EXTENSION
DES RELEVES HYDROMETEOROLOGIQUES BRUTS

P. DUBREUIL
Directeur de Recherches
Chef du Département de la Recherche Appliquée
au Service Hydrologique de l'ORSTOM

E.N.G.R.E.F. - 1967

ELABORATION, CRITIQUE et EXTENSION des
RELEVES HYDROMETEOROLOGIQUES BRUTS

Résumé

Elaboration, critique et extension des relevés hydrométéorologiques bruts sont trois opérations classiques et complexes qui interviennent en hydrologie à divers stades entre la collecte de l'information captée et le traitement des données élaborées en vue de l'analyse.

Ces opérations font appel aux multiples facettes du talent hydrologique : esprit d'ordre et de méthode, esprit critique, recherche historique, application de la statistique.

L'élaboration transforme les données d'information brutes en divers ensembles de données classées et décomptées aptes à subir une analyse fine.

L'erreur étant humaine et les appareils de mesure n'étant pas irréprochables, on ne peut faire confiance aux relevés bruts, a fortiori quand ils sont anciens ; leur critique est nécessaire. Les corrections qu'elle apporte valorisent les données brutes, avant ou après élaboration, selon la nature des erreurs. Une bonne gestion du réseau d'observations réduit beaucoup le travail de critique. L'analyse statistique a besoin de longues séries homogènes de relevés sans lacune. Comblers les lacunes et homogénéiser les données est un travail qui s'apparente à celui de l'extension dans lequel on allonge une série courte à analyser par comparaison avec une série plus longue observée ailleurs. Méthodes statistiques et graphiques sont utilisées pour ces extensions. Les résultats sont appréciables, sur le plan qualitatif et même quantitatif : notion de gain et d'intervalle de confiance.

S O M M A I R E

	Page
1. <u>REFLEXIONS sur la RAISON d'ETRE et la NATURE de l'ELABORATION, de la CRITIQUE et de l'EXTENSION des RELEVES HYDROMETEOROLOGIQUES BRUTS</u>	1
2. <u>ELABORATION des DONNEES HYDROMETEOROLOGIQUES</u>	3
2.1 - Les relevés bruts en pluviométrie	3
2.2 - Les relevés limnimétriques bruts	5
3. <u>Le RÔLE de la CRITIQUE des DONNEES BRUTES et ELABOREES</u>	8
3.1 - Erreurs en pluviométrie, causes, détections et corrections	8
3.2 - Erreurs en hydrométrie	11
4. <u>EXTENSION des RELEVES HYDROMETEOROLOGIQUES</u>	12
<u>CONCLUSION</u>	16
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	

1. REFLEXIONS sur la RAISON d'ETRE et la NATURE de l'ELABORATION, de la CRITIQUE et de l'EXTENSION des RELEVES HYDROMETEOROLOGIQUES BRUTS

L'élaboration, la critique et l'extension des relevés hydro-météorologiques bruts sont trois opérations apparemment bien définies par leur nom mais qui constituent cependant un ensemble d'interventions complexes du fait des nombreuses interférences qui se produisent entre chacune d'elles.

Bien que ces interférences justifient leur groupement en un seul exposé, il ne faut pas croire qu'en pratique, élaboration critique et extension des données brutes sont effectuées simultanément ou successivement dans un service hydrologique. La situation de ces trois opérations est à la charnière entre la collecte des données brutes, travail de l'hydrologue responsable du réseau hydrométéorologique et le traitement analytique des données brutes ou élaborées, oeuvre de l'hydrologue responsable de l'interprétation, lesdits hydrologues n'étant souvent pas le même homme et opérant parfois dans des structures différentes.

L'objectif de l'élaboration des relevés bruts est de fournir, après critique, des données élaborées susceptibles de pouvoir ultérieurement être traitées en vue d'une quelconque interprétation. L'absence totale ou partielle de certaines données brutes, nécessitent que soient complétées les lacunes qui se manifestent dans une série de relevés. Le traitement statistique des données élaborées est, en effet, gourmand de longues séries homogènes. L'alignement de certaines séries courtes sur une longue série de base est une opération, l'extension, indispensable bien souvent avant tout traitement.

L'élaboration des relevés s'effectue par l'intermédiaire d'opérations simples : décomptes et classements de valeurs numériques. Les règles en sont assez bien établies et figurent dans la plupart des manuels. L'esprit de méthode, d'ordre et d'organisation préside à l'élaboration.

La critique des relevés bruts intervient tantôt en amont de l'élaboration, tantôt en aval. En amont, c'est le travail du responsable du réseau de collecte de vérifier la validité des données brutes. En aval, l'hydrologue critique par comparaison entre stations voisines de même nature et utilise des procédés classiques, parfois statistiques. Le bon sens, l'esprit critique - évidemment ! - président à la critique des données brutes. L'imagination a son mot à dire, ce qui signifie qu'à côté de certaines règles de comparaison, de nombreuses décisions sont prises d'un point de vue qualitatif.

L'extension des données brutes fait appel à la corrélation ou à la concomitance entre phénomènes de nature différente liés (précipitation et écoulement) et entre phénomènes simultanés de même nature et d'occurrence voisine dans l'espace. Les méthodes statistiques de corrélation forment les bases de l'opération, mais la décision n'est pas automatique et l'opinion de l'hydrologue importe et influe beaucoup sur les moyens et les résultats. L'extension est une opération complexe quand il y a des doutes sur l'existence ou l'absence de certaines lacunes à combler. L'hydrologue opère alors non seulement en statisticien mais en critique et avant tout en historien qui doit enquêter dans le passé des archives, et sur le terrain, pour mettre en évidence les indices de valorisation de certaines périodes de relevés (pluviométrés déplacé durant n années, échelle limnimétrique décalée de n centimètres ...), pour découvrir les relevés égarés.

Le rôle d'historien est certainement le plus ingrat de ceux qu'un hydrologue soit contraint de jouer. Ce rôle demande beaucoup de temps et les résultats élaborés sont généralement peu sûrs.

De tels risques sont monnaie courante dans les services hydrologiques qui se contentent de collecter l'information brute. Pour les éviter, il faut chaque année procéder à l'élaboration des données, donc à leur critique et accessoirement au comblement des lacunes : chaque année, la tâche est aisée car les mémoires sont encore fidèles et les indices nombreux. Chaque année, on peut ainsi vérifier la validité des observations. Dix ans après, il est trop tard : les mémoires sont éteintes et les indices disparus ; la correction d'une longue série de relevés inexacts devient difficile et fastidieuse.

Pour inciter à l'élaboration régulière de l'information brute, la contrainte librement prise d'une publication également régulière (annuaire) est généralement efficace. La dépense est peut-être élevée ; mais tant que le captage et l'élaboration de l'information ne seront pas entièrement automatisés pour assurer une pérennité aux relevés, la publication restera nécessaire ; elle le sera peut-être toujours d'ailleurs, mais pour d'autres motifs (publicité, justification de crédits, diffusion internationale, besoin humain de "visualiser" l'information ...).

On trouve dans les manuels d'hydrologie la description des méthodes utilisées pour élaborer, critiquer et étendre les relevés bruts. Mais ces méthodes sont souvent disséminés en des chapitres différents traitant par exemple des précipitations ou de l'écoulement. Les difficultés rencontrées dans la partie qualitative d'exécution de ces méthodes sont également évoquées dans ces manuels, peut-être insuffisamment ; elles ont besoin d'être développées ; c'est surtout sur elles que l'on insiste en passant en revue successivement le contenu des trois opérations.

Notre objectif est de mettre en relief la philosophie qui préside aux opérations d'élaboration, de critique et d'extension des relevés bruts, d'en préciser les difficultés et les limites. Les descriptions détaillées des méthodes d'exécution sont disponibles dans les ouvrages cités en bibliographie.

On se réfère, dans cette note, aux situations existantes dans les principaux réseaux hydrométéorologiques français, situations qualifiables de classiques, mais il sera fait mention, si nécessaire, des modifications susceptibles d'intervenir du fait de l'automatisation dans l'exploitation de ces réseaux, automatisation en cours ou en projet qui préfigure les situations modernes de demain.

2. ELABORATION des DONNEES HYDROMETEOROLOGIQUES

On examine uniquement le cas des relevés pluviométriques et limnimétriques ; les opérations à mener sur les autres relevés météorologiques intéressent moins l'hydrologue et sont de toute manière de même nature et procèdent des mêmes méthodes.

Les services hydrologiques gestionnaires de réseaux de mesure qui publient régulièrement des données d'observation (Annuaire ...), procèdent à l'élaboration partielle des relevés bruts dès la collecte de l'information avant publication. On renvoie le lecteur aux conférences consacrées à la collecte de l'information et aux sources de documentation pour y trouver la forme de présentation des données élaborées publiées, dont l'inventaire est repris succinctement ici.

2.1 - Les relevés bruts en pluviométrie

Les données brutes sont :

- a) les hauteurs journalières de précipitations aux divers postes pluviométriques du réseau,
- b) les informations relatives aux intensités et aux durées des précipitations fournies par les pluviographes.

2.1.1 - A partir des hauteurs journalières de précipitation, il est procédé aux élaborations suivantes :

- hauteurs mensuelles et hauteur annuelle pour chaque poste et chaque année (tableau ou fiche-type).

- récapitulation par station des hauteurs mensuelles et annuelles depuis la mise en service (tableau type ou carte perforée automatiquement par la calculatrice procédant aux calculs additifs sur les relevés journaliers quand ils ont été préalablement mis sur cartes perforées).
- calcul des moyennes interannuelles des hauteurs mensuelles et annuelles pour des périodes déterminées (cas des normales de la Météorologie Nationale pour les stations synoptiques, 1891-1930 et 1921-1950 par exemple), ou pour la totalité de la période observée par révision annuelle des moyennes.
- classement fréquentiel des hauteurs journalières, chaque année et en chaque poste, selon des intervalles préétablis de 5 en 5 ou de 10 en 10 millimètres (tableau pour toute la période observée complété chaque année, ou carte perforée par la calculatrice procédant sur programme au classement en tranches des hauteurs).

A ces élaborations classiques tant pour le météorologue que pour l'hydrologue, on ajoute une opération propre à l'hydrologie qui est celle du calcul des hauteurs moyennes de précipitations mensuelles et annuelles sur les divers bassins versants des stations du réseau hydrométrique. Cette opération s'effectue de 2 manières différentes :

- soit par report des valeurs ponctuelles sur une carte, tracé des isohyètes et planimétrage.
- soit par calcul numérique après affectation à chaque poste d'un coefficient d'influence (méthode dite de THIESSEN). Cette seconde méthode peut être réalisée sur calculatrice.

Ces hauteurs moyennes de précipitation sur bassin sont des données élaborées à introduire dans les données hydrométriques pour les calculs de bilan (Cf. 2.1.2).

2.1.2 - L'information pluviographique est soit présentée sous forme continue (enregistrement sur diagramme d'une courbe des hauteurs d'eau de pluie en fonction du temps), soit sous forme discontinue (impulsions numériques comptabilisées en fonction du temps correspondant à des intervalles de hauteurs d'eau choisies, 0,1 à 0,5 mm généralement).

Le dépouillement, plus long pour l'information continue, conduit à des résultats bruts qui, par précipitation et par poste, contiennent, pour des intervalles de temps de 5 minutes (ou des multiples de 5 minutes), les hauteurs d'eau tombées partielles (et cumulées), et les intensités partielles correspondantes.

I. L'élaboration consiste en un classement par poste des intensités par intervalles de temps croissant, de 5 minutes à 24 heures (par exemple de 5 en 5 mm jusqu'à 30 mm, de 10 en 10 mm jusqu'à 1 heure, de 15 en 15 mm jusqu'à 2 heures ... etc ...). Ce classement systématique est destiné à l'établissement ultérieur de courbes intensités-durées de diverses fréquences, généralement utilisées pour les calculs d'assainissement urbain.

De nombreux auteurs ajustent des fonctions analytiques sur ces courbes intensités-durées ; les formes employées sont du type :

$$i = \frac{a}{b + t}$$

ou $i = a (t - b)^{-n}$.

dans lesquelles i et t étant l'intensité et la durée correspondante, a , b et n sont des paramètres d'ajustement.

A l'encontre de ces formules, il faut rappeler un principe essentiel : les valeurs des paramètres n'ont une signification que dans les conditions régionales climatiques au sein desquelles ont été relevées les données utilisées au calcul. Toute extrapolation hors de cette zone d'établissement présente des risques certains.

Ces formules ont 2 autres inconvénients :

- il ne faut pas les extrapoler au-delà des limites de temps ayant servi à leur élaboration (une hauteur de précipitation relevée dans une journée est réellement tombée en quelques heures, on peut calculer l'intensité correspondante sur 24 heures mais celle-ci n'a pas de sens physique).
- ce procédé de classement détruit la chronologie de l'averse dont il donne simplement un "hyétogramme classé", ce qui ne convient pas aux hydrologues ayant besoin de la forme de la pluie pour la reconstitution des crues sur de petits bassins versants.

2.2 - Les relevés limnimétriques bruts

En dehors des besoins de la navigation fluviale, il n'est pas opéré d'élaboration à partir des relevés de hauteurs d'eau bruts, bien que ceux-ci constituent l'information de base issue du réseau hydrométrique.

En effet, l'information utile, c'est le débit et l'opération de transformation hauteurs-débits est effectuée dès la collecte des relevés de hauteurs d'eau ; cette opération compliquée et délicate est du domaine de la collecte de l'information et non de celui de l'élaboration. On considère donc ici que l'information "brute" est disponible sous forme de débits moyens journaliers (1), et c'est sur ces débits que l'on procède à l'élaboration. Mais il faut avoir présent à l'esprit que cette information "débit moyen journalier" n'est pas toujours définitive et que pour certaines stations, dont l'étalonnage n'est pas définitif, une modification ultérieure est toujours possible, modification qui rejaille par conséquent sur les données élaborées.

Les données élaborées classiques sont les suivantes :

- calcul pour chaque station, chaque année, des débits moyens mensuels et du débit moyen annuel ou module (exprimés en m^3/s ou l/s). Ce travail s'exécute sur le tableau récapitulatif des débits moyens journaliers, généralement avant publication en annuaire. On effectue parallèlement la transformation du module en volume (millions ou milliers de m^3), et en lame moyenne écoulée (rapport du volume à la surface du bassin versant, exprimé en millimètres) ; on en déduit le déficit d'écoulement D.E. et le coefficient d'écoulement par comparaison avec la hauteur moyenne de précipitations calculée par ailleurs (Cf. 2.1.1).
- récapitulation, par station, sur un tableau type (ou une carte perforée par la calculatrice) depuis le début des observations, des débits moyens mensuels, des modules, des lames, déficits et coefficients d'écoulement annuels.
- calcul à partir du récapitulatif précédent des valeurs moyennes inter-annuelles (mois et année) sur toute la période observée, avec mise à jour chaque année.

Les valeurs annuelles des modules sont parfois explicitées en $l/s.km^2$, c'est-à-dire en valeurs "spécifiques" permettant une vision de l'abondance relative à l'échelle régionale.

- récapitulation sur un tableau type des données de base "extrêmes", c'est-à-dire étiages et crues. On y mentionne pour chaque année la date et le débit des débits moyens journaliers de rang 1, 2, 3 (nombre variable avec le régime du cours d'eau) : étiage absolu, étiage secondaire, crue maximale annuelle, crues secondaires.

(1) Les débits maximaux instantanés sont parfois consignés parallèlement aux valeurs moyennes journalières quand les écarts sont grands.

- calcul des débits classés et caractéristiques d'une station. Ces données détruisent la chronologie de l'écoulement. Les 365 débits journaliers sont classés par ordre décroissant. Une courbe, en fonction du nombre de jours pendant lesquels (de 1 pour la crue maximale annuelle à 365 pour l'étiage absolu) le débit a été dépassé, est tracée. Une évaluation interannuelle peut être établie. Ces courbes se calculent aisément par les procédés mécanographiques et électroniques.

Sur la courbe des débits classés, on relève certains débits caractéristiques :

- de crue DCC égalé ou dépassé 10 jours dans l'année
- de 3 mois DC3 " " 3 mois "
- de 6 mois DC6 " " 6 mois " (dit également débit médian ou semi-permanent)
- de 9 et de 11 mois
- d'étiage DCE égalé ou non-dépassé 10 jours dans l'année.

Utiles aux comparaisons de régime et aux classifications de cours d'eau, ces valeurs classées servent surtout aux projets d'aménagement avec création de réserve. Il faut se méfier de l'emploi qui est parfois fait des fonctions mathématiques ajustées sur des courbes de débits classés (variables liées) surtout quand on voit procéder à leur extrapolation vers les fortes valeurs pour évaluer le débit et la fréquence de crues.

A côté de ces données élaborées classiques, on indique quelques représentations intéressantes des régimes hydrologiques :

- a) la variabilité interannuelle se représente en traçant un graphique des débits moyens mensuels de diverses fréquences: moyenne, 10, 25, 75, 90 %, c'est-à-dire qu'après classement décroissant, on prend les débits ayant ces fréquences dans la série avec "lissage" si celle-ci est courte.

Attention, la ligne brisée réunissant les douze débits mensuels de fréquence 10 % ne représente nullement l'année décennale. Les débits moyens mensuels peuvent être exprimés en valeurs absolues ou en pourcentage du module annuel.

- b) La répartition statistique des débits journaliers le long de l'année peut être représentée après classement, non plus des débits mensuels, mais des débits de jours donnés (5, 15 et 25 de chaque mois) réunis

pour certaines fréquences (10, 50 et 90 %) par une courbe de lissage purement graphique. Cette représentation a été proposée, pour la plupart des cours d'eau français (38) ayant plus de 20 ans de relevés, par E.D.F. (D.T.G. GRENOBLE). Elle est complétée par l'indication du débit moyen journalier de crue décennale et des valeurs ayant dépassé cette fréquence. Les risques afférent à tous travaux en rivière sont ainsi réunis en un seul graphique évocateur.

3. Le RÔLE de la CRITIQUE des DONNEES BRUTES et ELABOREES

Le rôle de la critique est long et difficile. On est loin des règles claires qui président à l'élaboration des relevés bruts. La critique ne repose pas encore sur une liste de contrôle (check-list) de toutes les erreurs de mesure avec en regard le moyen de les déceler et celui de les corriger ; mais liste et moyens ont déjà fait l'objet de nombreux travaux et sans que leur emploi soit déjà systématique, on se dirige vers une normalisation lente et efficace.

La plupart des erreurs sont des fautes d'observateur ou des défauts d'appareil de mesure ; elles sont donc décelables dès la collecte des relevés bruts. Si cette critique des relevés bruts était faite systématiquement dans un réseau hydrométéorologique chaque mois et chaque année, le travail d'historien et de critique des données élaborées serait très réduit.

On se contente ici de reprendre succinctement les erreurs survenues au stade du captage de l'information dont les conférences sur les réseaux vous ont entretenus. Les remèdes sont connus et dépendent de la bonne gestion de ces réseaux ; appliqués rapidement, ils permettent de sauver le maximum d'information. Plus tard, la critique historique dispose de moyens d'investigations qui lui permettent seulement de supposer la cause de l'erreur et d'en proposer une correction supposée la meilleure possible, l'information ainsi critiquée est certes valorisée mais le doute subsiste souvent et la confiance qu'on lui accorde n'est pas pleine et entière.

3.1 - Erreurs en pluviométrie, causes, détections et corrections

On considère évidemment que l'appareillage est a priori en bon état et bien réglé mais ces situations ne sont pas éternelles. Les erreurs accidentelles et fortuites ne sont guère décelables, elle conduisent à des relevés qui oscillent autour de la vraie valeur (précision de la mesure, théorie de l'échantillonnage, loi de Gauss ...). Seules les erreurs systématiques sont importantes et décelables. Le tableau joint rassemble, sans prétendre être complet, un certain nombre de ces erreurs, leurs causes, les moyens de détections et les possibilités de correction.

QUELQUES ERREURS SYSTEMATIQUES des RELEVÉS PLUVIOMETRIQUES

Origine et cause	Moyen de détection	Correction de l'erreur pour l'avenir	Correction des relevés erronés
Débordement du seau (forte pluie tropicale)	L'observateur voit un seau plein. Le contrôleur détecte un maximum de pluie égal à la capacité du seau.	Changer le seau	Impossible
Seau percé	Vérification périodique d'étanchéité	Changer le seau	"
Eprouvette inadaptée au seau	Vérification périodique. Contrôle des relevés de longue durée par comparaison des valeurs cumulées en postes voisins	Adapter l'éprouvette au seau	Correction de tous les relevés (rapport des surfaces de réception du seau et de celle correspondant à l'éprouvette)
Observateur malhabile (chute d'eau, lecture erronée ...)	Contrôle des relevés journaliers (chiffres ronds, mélange entre mm et 1/10° ...)	Eduquer l'observateur	Parfois possible
Observateur fantaisiste (relevés irréguliers ou inventés)	Contrôle des relevés journaliers (manque de petites pluies; répartition par tranches aberrante ...)	Changer l'observateur	Relevés journaliers inutilisables
Erreur de transcription, de copie (de l'observateur ou au bureau)	Contrôle ultérieur sur l'original de l'observateur	Supprimer les copies	Possible
Changement d'environnement (arbre, construction ...)	Contrôle périodique de terrain; Comparaison des valeurs cumulées, des relevés de postes voisins	Modifier l'environnement ou changer l'appareil d'emplacement	Possible (rapport de comparaison ...)

QUELQUES ERREURS SYSTEMATIQUES des RELEVES PLUVIOMETRIQUES

(suite)

Origine et cause	Moyen de détection	Correction de l'erreur pour l'avenir	Correction des relevés erronés
Corrosion, usure des augets basculeurs (dérèglement)	Différence entre l'enregistrement et le seau accumulateur	Réglage ou changement des augets	Possible si simple dérèglement
Entonnoir de pluviographe bouché (sables, feuilles, insectes)	Enregistrement à intensité constante ou trop régulière	Nettoyer l'entonnoir (agrandir l'ajustage)	Impossible

Si beaucoup de moyens de détection font appel chez l'hydrologue à la connaissance intuitive ou expérimentale du régime des pluies, les erreurs les plus ennuyeuses sont celles qui requièrent la comparaison de relevés de postes voisins (courbe des valeurs cumulées ou de la double-masse) sur plusieurs années consécutives de relevés.

C'est malheureusement un travail nécessaire dès que l'on veut procéder dans une région donnée à une étude générale des précipitations ou à une extension des relevés hydrométriques car ces deux opérations exigent des relevés pluviométriques homogènes et cohérents. Le travail est nécessaire car les contrôles périodiques de terrain et les vérifications des relevés bruts sont beaucoup moins réguliers et systématiques dans les réseaux météorologiques que dans les réseaux hydrométriques.

Ce travail est très long car pour éviter d'introduire des erreurs supplémentaires, il faut procéder à des comparaisons multiples inter-stations et les erreurs ne sont pas toujours évidentes. Les cassures ou ruptures de pente des courbes de comparaison sont souvent nettes, mais il est prudent de rechercher dans le passé (archives, enquête de terrain ...) des preuves matérielles de l'erreur supposée avant d'effectuer une correction.

3.2 - Erreurs en hydrométrie

Les erreurs systématiques sont moins nombreuses, mais comparativement plus difficiles à résoudre que celles qui affectent la pluviométrie.

On élimine dès l'abord les erreurs dues aux jaugeages et à leur dépouillement dont la longue litanie a dû être évoquée dans la conférence sur le réseau hydrométrique. Ce que l'on peut retenir ici, en dehors d'erreurs sur une mesure, ce sont les erreurs systématiques affectant la totalité d'un étalonnage (appareil mal étalonné, non prise en compte de la traînée du cable, de l'angle d'attaque du courant, zones d'eau mortes ...) qui conduisent à une transformation hauteurs-débits apparemment correcte (relation univoque) mais en réalité sur ou sous-estimée. Une telle erreur est très difficilement décelable car elle n'entraîne pas d'énormité dans les résultats mais simplement un glissement de quelques %. Il faut posséder les débits durant plusieurs années en des postes entourant le poste douteux (amont - aval ou triangle de confluence) pour mettre en lumière l'erreur par corrélation.

Au stade de l'observation des hauteurs d'eau, on retrouve les erreurs classiques déjà citées pour la pluviométrie :

- observateur malhabile confondant les indications de l'échelle (décalage métrique, prise en compte du 1er chiffre émergeant et non du chiffre noyé)

- observateur fantaisiste adoptant des variations trop régulières "ajustées" par des sautes brusques lors des visites à l'échelle.
- transcription, copie ...

L'erreur la plus importante en hydrométrie est la confusion entre deux séries de relevés effectuées à des échelles n'ayant pas le même zéro. Déceler cette confusion est possible au tracé de la courbe d'étalonnage ; s'il n'y a pas de jaugeage, il faut comparer les tarissements, les cotes extrêmes ou les débits sur de longues périodes ; si la station n'est pas univoque, la tâche de l'historien devient presque insurmontable et il ne peut que choisir une estimation des débits "au mieux" parfois en recourant aux corrélations hydropluviométriques avec toute l'imprécision que cela suppose.

Seul l'hydrologue ayant été contraint d'homogénéiser 15 ou 20 ans de relevés de hauteurs d'eau en une station où le zéro de l'échelle avait été changé 2 ou 3 fois sans correction sait l'importance qu'il faut attacher à la fixité du zéro et à la tenue régulière de la fiche descriptive d'une station (inscription de toutes les modifications subies par celle-ci).

Une autre source d'erreur difficilement décelable est engendrée par l'inclinaison d'un élément d'échelle.

L'emploi du limnigraphe réduit fortement la série des erreurs de lecture, car plus robuste que le pluviographe, ses erreurs propres sont en nombre limité (alimentation défectueuse par encrassement du puits, non inscription ...).

4. EXTENSION des RELEVES HYDROMETEOROLOGIQUES

L'extension des données ressort du domaine de l'hydrologie appliquée ; ce problème ne se pose en effet que pour répondre à une question bien précise. Il s'agit d'utiliser au maximum l'information disponible. Si la question est du domaine de la pluviosité, l'extension consiste à améliorer une série courte de relevés de précipitations au poste A par corrélation avec la série longue d'un poste B, voisin, soumis à un régime comparable.

Si la question est du domaine hydrologique, on peut soit étendre la série courte de débits par corrélation avec une série de débits plus longue, en un poste voisin (sur le même cours d'eau ou sur un bassin versant de régime analogue), soit l'étendre par corrélation avec une série de pluviosité plus longue en un (ou plusieurs) poste situé dans le (ou a proximité du) bassin.

Cette extension s'effectue sur les valeurs annuelles ou mensuelles. On procède de cette manière à la fois à la "création" de relevés non effectués, et à la "reconstitution" de relevés erronés ou manquants dans une série.

L'opération n'est rentable que si la corrélation est étroite entre les deux séries. L'appréciation du gain est très intéressante ; elle n'est possible correctement que si les deux séries sont normales. Dans cette condition également, il est possible d'évaluer l'intervalle de confiance des valeurs reconstituées ou créées (paramètres ou quantiles), ce qui est très utile pour les aménagements importants (calculs de risque, aspect économique).

En effet, il n'est plus permis aujourd'hui, dans une discipline traitant d'échantillons finis, de négliger le fait que les paramètres déduits de ces échantillons ne sont que des estimations des vraies valeurs représentatives des populations infinies dont les échantillons sont supposés extraits au hasard. Il importe donc de présenter pour une donnée non plus seulement sa valeur calculée (par élaboration des relevés bruts), ni sa valeur estimée (par extension corrélatrice) mais également les bornes de l'intervalle dit de confiance à l'intérieur duquel, on a une certaine probabilité de trouver la vraie valeur. L'ampleur de l'intervalle croît évidemment avec la probabilité. Suivant l'objectif (la couverture d'un risque, le choix économique influent ...), on retient des intervalles à 75, 80, 90 et 95 %.

Dans l'opération d'extension, on part d'une station A, observée K années et à l'aide d'une station B, observée N années ($N > K$, et incluant les K années), on crée les N-K années de la station A. Mais en réalité, la reconstitution s'opérant à chaque fois en prenant la valeur moyenne déduite de la relation établie entre A et B sur K années, la série étendue de la station A est de qualité inférieure à celle de B ; en d'autres termes, ses paramètres estimés par extension ne peuvent pas valablement représenter un échantillon de N années, mais seulement un échantillon fictif de $N' (< N)$ années. Le gain de l'extension peut être évalué par $N'-K$. Sa connaissance est importante puisque l'intervalle de confiance d'un paramètre dépend de la longueur (N ou N') de l'échantillon dont il est extrait.

Gain et intervalle de confiance se calculent aisément si les échantillons A et B sont normaux, ou suivent une loi dérivée de la loi normale (Galton par exemple). C'est le cas général des données annuelles (module hydrologique ou pluviométrique) dans les régions aux climats point trop excessifs (zones tempérées et équatoriales). Dans ce cas, les processus à mettre en oeuvre pour l'extension sont ceux qui régissent les corrélations en statistique (Cf. bibliographie).

La réalité n'est pas aussi simple que la statistique ne le laisse supposer, Certaines corrélations amènent des valeurs incompatibles avec la réalité du phénomène ; il faut rectifier "à la main". D'autres fois, la possibilité d'extension peut s'exercer dans plusieurs directions; le choix de la station de base n'est pas simple ; on peut procéder à plusieurs corrélations et compenser les écarts pour "sortir" des valeurs estimées plus plausibles. Le doigté et le bon sens de l'hydrologue jouent un rôle important pour corriger ce que, dans une certaine mesure, la corrélation statistique apporte d'irréel.

En d'autres termes, les calculatrices électroniques permettent aujourd'hui d'effectuer aisément tous les calculs relatifs aux corrélations d'extension, et la possibilité de réaliser des essais multiples laisse augurer d'un résultat optimal ; cependant, l'extrapolation hors des limites du domaine observé d'une corrélation peut, par la voie brutale du calcul, conduire à des données aberrantes. Un contrôle graphique reste nécessaire ; dans certains cas, il est le seul procédé correct malgré sa lenteur et l'imprécision de son résultat.

Les méthodes statistiques de corrélation ne peuvent plus être appliquées si les échantillons s'éloignent fortement de la normalité. C'est le cas des données mensuelles et journalières (pluies, débits) et de presque toutes les données sous climats excessifs (zones arides, tropicales). Les échantillons suivent alors des lois dissymétriques : PEARSON III, GOODRICH, GUMBEL ... etc ... Actuellement, la mise en oeuvre de telles lois dans des corrélations (qui ne sont plus linéaires comme celles liant deux variables normales) est très délicate et très complexe. Ni le gain de l'extension, ni l'intervalle de confiance des valeurs de la série étendue ne sont appréciables à l'aide d'une règle bien codifiée. Cela ne veut pas dire qu'il en sera toujours ainsi ; l'espoir est grand de résoudre le problème.

Cependant, il faut actuellement avoir recours aux seuls procédés graphiques de corrélations. Quand la corrélation est de nature hydropluviométrique, le débit dépend de plusieurs facteurs pluviométriques. On utilise la méthode des résidus (ou des déviations résiduelles) pour optimiser la liaison : la variable V à étendre est tour à tour confrontée avec les facteurs P_1 , P_2 et P_3 d'influence décroissante, et les écarts ΔV_1 à la courbe $V = f(P_1)$ portés en face de P_2 , puis les écarts ΔV_2 de $\Delta V_1/P_2$ en face de P_3 ... etc ... les écarts résiduels étant ensuite redistribués à partir du 1er graphique V/P jusqu'au dernier, selon la règle des reports successifs déjà employée.

Si la méthode est longue et délicate, elle est infiniment souple ; mais la qualité de la réussite dépend évidemment du doigté et de l'expérience de l'hydrologue.

De toutes manières, et quel que soit le procédé d'extension utilisé, il revient à attribuer à la grandeur à créer ou à reconstituer une valeur "moyenne" directement déduite de la corrélation, c'est-à-dire non "entachée" de la dispersion propre à un échantillonnage (erreur accidentelle). De cette façon, les valeurs créées sont biaisées et leur dispersion affaiblie. Si l'amélioration de la moyenne de la série courte est certaine et appréciable, celle de la variance l'est moins ; quant aux valeurs elles-mêmes, si elles doivent être utilisées (1), il est bon de leur redonner une dispersion à l'aide d'une table de nombres au hasard (randomisation des auteurs anglo-saxons qui s'effectue simplement en redistribuant les valeurs issues de la corrélation, au hasard selon une loi de Gauss, autour de leur moyenne apparente).

En terminant, on indique pour mémoire que l'extension des données hydrométriques entre elles est le moyen par lequel une série observée courte peut être valorisée à partir d'une série plus longue, la première provenant d'une station secondaire, la dernière d'une station primaire du réseau. De la précision souhaitée à l'issue de l'extension découle la durée optimale de fonctionnement de la station secondaire. Là est l'une des clés essentielle de la rationalisation du réseau hydrométrique, problème déjà évoqué dans une autre conférence.

(1) Pour une gestion dsimulée de réservoir par exemple, on a besoin de tous les débits moyens mensuels de la période observée et étendue.

C O N C L U S I O N

En matière de conclusion, peut-être est-il sage de faire preuve d'une certaine modestie. Les astuces déployées pour détecter et corriger les mesures erronées, les procédés statistiques d'extension des données courtes ou incomplètes ont tendance à faire croire que l'hydrologue vient à bout des obstacles et, information captée ou non, livre à son alter égo, interprète et analyste, des séries de données élaborées, complètes et homogènes dignes de confiance. Il faut garder présent à l'esprit que toutes les valeurs calculées, que ce soit pour corriger une mesure ou combler un vide, ne sont que des estimations et que l'erreur est humaine. Oui l'hydrologue d'interprétation peut utiliser les données élaborées, critiquées et étendues mais à la condition que l'hydrologue du réseau conserve précieusement en archives les données brutes fussent-elles erronées ; demain une autre correction peut apparaître meilleure.

Aujourd'hui où l'hydrologie d'interprétation fait ses premières armes, elle est contrainte d'utiliser des données anciennes, de qualité disparate, parce que la gestion des anciens réseaux a manqué de vigueur. Demain avec l'accroissement de l'enregistrement du captage de l'information, et l'introduction des méthodes automatiques, les erreurs humaines d'observation s'élimineront et la partie "critique historique" des données (la plus lourde et la plus complexe) perdra de son importance. Cela ne sera évidemment possible qu'avec une gestion efficace des réseaux : contrôle périodique des installations de terrain, contrôle régulier (mensuel) des informations collectées, critique annuelle des données brutes et élaborées. Cela exige du personnel qualifié et des crédits. Cela exige également que les ressources financières affectées aux réseaux (dont la permanence est une condition vitale) ne soient pas remises en question par la politique budgétaire à chaque exercice annuel.

B I B L I O G R A P H I E

(à consulter pour mise en oeuvre des méthodes décrites dans le texte)

1. W.M.O. "Guide to Hydrometeorological practices" n° 168 - TP 82 - 1965

On y trouve succinctement décrites quelques règles générales, fruits de la collaboration internationale, pour l'élaboration des données, tout particulièrement dans le chap. IV : "Collection, processing and publication of data".

2. H. GRISOLLET, B. GUILMET, R. ARLERY "Climatologie, méthodes et pratiques" Edition Gauthier-Villars - Paris 1962

Une description précise des processus d'élaboration des facteurs climatiques est donnée dans les chapitres :

- VI : Données d'observations
- VII : " climatologiques
- VIII : Classement et recensement des observations

3. G. REMENIERAS "L'Hydrologie de l'Ingénieur" Edition Eyrolles

Cet ouvrage expose de manière complète et détaillée les diverses formes classiques de calcul d'élaboration des données, surtout dans les chapitres :

- II : Les précipitations (par. C à F)
- VII : Etude du régime des débits (par. A)

4. M. ROCHE "Hydrologie de Surface" Edition Gauthier-Villars et ORSTOM

On y trouve abordé en divers chapitres les thèmes relatifs à l'élaboration, à la critique et à l'extension des données. Voir en particulier chapitres :

- I : Précipitations (par. 2.5)
- IV : Stations hydrométriques - Mesures des débits (par. 1)
- V : Résultats d'observations hydrologiques (par. 1.4)
- VI : Organisation rationnelle d'un service hydrologique (par. 6.7)
- X : Etude des modules (par. 2)

5. M. ROCHE "Interprétation et utilisation des données hydrologiques" Edition Riber - Cours professé à l'ENGREF - 1966

Deux problèmes évoqués dans cette conférence y sont développés en détail avec exemples chiffrés à l'appui :

- chapitre I : Etude critique des données pluviométriques et leur classement
- chapitre VI : Extension des données hydrologiques pour la connaissance des apports.

6. Service hydrométéorologique E.D.F. "Présentation des graphiques descriptifs du régime des débits" Comm. des débits de la S.H.F. (18-12-64)
7. Les Annuaire hydrologiques :
 - de la France publiés par la S.H.F. depuis 1939
 - des stations de jaugeages exploitées par les Circonscriptions Electriques, publiés en depuis 1961
 - d'Electricité de France - D.T.G.
 - de l'ORSTOM depuis 1949offrent quelques exemples des formes d'élaboration des données hydrologiques.
8. A.I.H.S. Publication n° 67-68 sur "La planification des Réseaux Hydrologiques" Symposium de Québec - Juin 1965

On y peut lire quelques communications intéressantes sur la philosophie de la gestion des réseaux et sur les problèmes d'élaboration, de critique et d'extension des données tels qu'ils sont abordés sinon résolus dans les grands pays.

Territoire : DAHOMEY

Station : ALLADA

Région ou Cercle :

RELEVÉS DES TOTAUX PLUVIOMÉTRIQUES MENSUELS

Coordonnées { latitude : 06° 39' N.
longitude : 02° 08' E.

Altitude : 92 m

RAPHAËL ET PERNET IMP. PARIS-BOULEVARD 31.315

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total annuel
1930	1	2	117	48	142	174	114	16	10	191	50	9	904
1	24	35	55	66	94	213	19	50	224	41	19	4	844
2	0	30	111	156	218	246	11	14	9	91	95	21	1002
3	127	39	112	102	96	274	110	18	102	170	82	17	1249
4	0	0	54	105	130	228	61	71	178	130	54	10	1021
1935	0	8	81	102	90	274	87	40	73	153	56	1	965
6	0	58	68	43	221	108	28	20	91	149	73	16	875
7	0	59	68	47	79	88	115	4	70	179	91	22	822
8	0	75	92	129	180	109	13	24	71	228	109	74	1104
9	0	67	123	170	75	314	252	45	25	39	170	30	1340
1940	5	51	74	69	242	496	99	28	73	160	64	0	1361
1	3	9	129	66	180	168	104	15	311	76	58	18	1137
2	18	30	56	147	287	115	13	2	207	203	24	36	1138
3	59	7	82	151	143	320	64	10	48	234	65	29	1212
4	14	7	107	29	170	188	57	15	22	57	43	0	709
1945	0	7	21	101	85	86	140	16	154	243	37	2	892
6	0	46	67	119	178	38	1	0	70	138	45	4	707
7	9	58	90	57	124	118	165	244	244	198	17	27	1331
8	0	2	28	107	431	192	1	67	26	260	161	0	1275
9	0	11	120	60	324	117	208	80	144	127	76	2	1269
1950	38	22	90	98	139	162	129	20	25	143	56	4	926
1	10	25	71	168	124	350	313	57	35	209	82	0	1444
2	7	92	101	78	172	236	57	0	258	258	40	26	1325
3	0	126	97	56	179	683	81	0	111	193	53	0	1579
4	6	20	162	81	112	237	0	10	61	147	40	10	886
1955	20	66	162	91	168	162	86	43	103	231	54	0	1186
6	3	24	157	145	123	139	11	0	33	342	116	67	1160
7	8		126	100	196	157	163	87	60	171	153	45	1266
8	97	41	90	62	233	252	0	0	53	169	62	0	1059
9	0	15	180	113	307	187	87	15	49	158	192	62	1395
1960	4	23	59	149	247	328	29	42	187	246	22	11	1360
1	22	0	43	37	123	381	31	0	63	150	49	0	899
2	0	0	100	92	190	384	149	133	19	115	128	26	1336
3	31	11	48	164	164	90	218	257	155	206	129	0	1473
4	0	2	130	162	233	363	146	9	60	85	19	46	1255

STATION:
Athiémé

PLUVIOMÉTRIE JOURNALIÈRE
Fréquences

ÉTAT: 4
Dahomey

Années	0 10	10,1 20	20,1 30	30,1 40	40,1 50	50,1 60	60,1 70	70,1 80	80,1 90	90,1 100	100,1 125	125,1 150	150,1 200	>200	Na
19 22	30	10	7	1		2		80,0 1	88,0 1						769,4 52
23	29	10	10	5	1	2	60,3	71,0 1			110,0 1				1004,0 59
24	32	24	9	8	2	53,0 2	60,9								1183,7 77
25	46	11	10	3	2	1	63,5	78,5 1							935,0 74
26	45	14	6	4	1	52,0 2	65,0								804,1 72
27	51	13	5	2	1		63,2 3	78,5 1				137,8 1			1077,5 77
28	40	12	8	3	1	3	61,2 1	75,0 1	83,2 1						1051,1 70
29	59	8	7	4	2		67,1 3		83,9 1	97,0 1					1109,4 85
30	47	13	4	5	2	1	63,0		82,5 1	90,5 1					974,6 74
31	31	10	10	3	2		67,5 2								856,0 58
32	28	15	8	2	1	56,0 2	66,0								769,6 56
33	34	16	15	4	3	3	67,0 1		87,0 1						1377,0 77
34	35	14	12	3	3	2	68,0 2	70,8							1125,6 71
35	43	15	9	4	3			70,2 1							1032,1 75
36	31	13	5	2	1	1	66,0	75,9 2							993,5 62
37	40	17	3	5	48,6 3		62,0								814,0 68
38	32	12	4	1	3	2	65,0 2				104,0 1				937,3 57
39	25	13	12	2	4	1	68,0 2								1017,5 59
40	28	14	9	35,0 6											785,0 57
41	38	11	8	1	1	3	66,0 1								897,2 67
42	45	23	11	2	47,9 2										1003,3 83
43	50	10	6	4	2			72,0 1	83,0 1						918,5 74
44	33	13	5	4	1	1	64,0		89,0 1		101,0 1				958,0 59
45	33	16	2	2			67,0 2								649,5 55
46	34	16	5	40,0 4			65,0								724,0 59
47	44	14	9	2	3	1	62,0 1	72,1							971,2 74
48	30	11	5	1	5		63,0 2	74,0 1							899,0 55
49	53	13	5	4	1	1	60,3	71,5 1							842,3 78
50	34	14	8	5	2	1	61,0 1	75,0							9567, 63
51	39	15	6	3	2	2	61,0 2	78,5 1	85,3 1				181,3 1		1338,6 72
52	35	17	9	2	1	1		79,0 3	85,8 1						1156,3 69
53	29	17	3	8	1	54,1 2									914,0 60
54	37	13	11	5	4	1	63,6 1					137,9 1			1258,3 73
55	42	16	10	7	2	56,4 4									1238,7 81
56	23	11	11	8	46,0 2										908,9 55
57	35	18	14	3	2	2	66,6			96,2 1					1165,7 75
58															704,0
59	26	20	10	5	2	1	60,7 1				100,2 1				1109,1 66
60	42	13	9	7	3	2	64,5 1	78,3 1		95,3 1					1312,1 79
61	40	14	11	3	2	54,6 1	67,5	74,6							855,4 71
62	53	17	10	4		4	60,3	73,6 2			123,7 1				1369,7 91
63	54	18	7	9	5	1	66,4 3	79,5 1	86,6 1		105,0 1				1705,6 100
64	45	8	12	1	2	2	67,0 2								885,2 72
tc	2907	1307	715	379	211	129	75	42	23	13	9	3	1		42
	1800	592	336	168	82	54	33	19	10	4	5	2	1		60768,5

COTE d'IVOIRE

Rivière : BANDAMA BLANC Station : BEOUMI

BANDAMA

Surface B.V. : 26 200² Km²

73 820 - S.G.I. 3/65

Année	Débits Moyens Mensuels en m ³ /s												Module m ³ /s	Lame d'eau mm	P mm	D mm	R %
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M					
51-52																	
52-53																	
53-54																	
54-55	27	67	67	92	338	740	594	299	124	55	23,5	14,7	203	215	1437	1192	17
55-56	11,0	6,8	62	220	589	787	692	241	120	35	17,6	18,9	234	282	1610	1328	17,5
56-57	18,7	20,3	33	26	32	339	370	78	36	12,1	4,9	4,1	81	98	1155	1057	8,5
57-58	13,5	14,0	77	170	523	1000	960	356	111	49	33	21,8	277	334	1930	1596	17,3
58-59	54	22,0	18,3	10,8	7,3	107	207	52	28	7,2	2,2	3,8	44	53	869	816	6,1
59-60	3,0	16,3	74	147	160	738	569	100	47	15,7	4,9	2,8	150	128	1372	1194	13,7
60-61	14,5	14,5	26	45	231	856	630	150	55	28	9,4	2,8	172	207	1503	1296	13,6
61-62	0,64	2,2	18,0	48	66	317	246	58	16,7	4,2	1,6	0,69	65	78	1005	927	7,7
62-63	0,28	3,8	8,4	28	133	551	449	149	58	20,8	10,6	10,0	119	144	1455	1011	9,9
63-64	4,7	16,0	55	136	314	653	664	337		30	12,0	3,7	193	233	1528	1295	15,3
64-65	3,3	18,6	52	48	431	1017	693	199	140	76	40	18,3	228	275	1547	1272	12,6
65-66	10,1	10,8	64	2,00	408	702	677	178	62	26	13,5	5,9	202	244			

Abaisse de zéro de l'échelle: _____

Superficie du B.V en km²: 1122

L'OKPARA A KABOUA (P. 11 - 6 - DAHOMEY) - 1961

Station n°: _____

en service depuis: 1961

Année: 1961

Jours	JANVIER		FEBVIER		MARS		AVRIL		MAY		JUIN		JUILLET		AOÛT		SEPTEMBRE		OCTOBRE		NOVEMBRE		DÉCEMBRE	
	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
1	0.50	0.31	0.37	0.38	0.17	0.11	0.35	0.35	0.28	0.23	0.12	0.07	0.52	0.22	2.99	1.59	1.72	45	3.10	1.72 x	1.30	25	0.60	1.50
2	0.61	2.14	0.36	0.36	0.16	0.10	0.30	0.26	0.27	0.22	0.12	0.07	0.50	0.31	2.82	1.40	1.68	43	3.13	1.76 x	1.32	23	0.58	1.30
3	0.58	1.30	0.36	0.36	0.16	0.10	0.29	0.25	0.26	0.21	0.11	0.06	0.70	2.80	2.66	1.22	1.67	42	2.99	1.59	1.29	22	0.57	1.19
4	0.55	0.39	0.40	0.43	0.15	0.09	0.28	0.23	0.24	0.18	0.11	0.06	0.64	2.82	2.65	1.21	1.65	42	2.84	1.62	1.26	21	0.56	1.09
5	0.54	0.33	0.41	0.46	0.15	0.09	0.28	0.23	0.23	0.17	0.10	0.05	1.30	2.3	2.76	1.33	1.65	41	2.82	1.40	1.22	18.9	0.55	0.99
6	0.53	0.38	0.40	0.43	0.14	0.08	0.27	0.22	0.22	0.16	0.10	0.05	1.26	2.1	2.84	1.42	1.80	50	2.80	1.38	1.18	17.2	0.53	0.88
7	0.52	0.32	0.39	0.41	0.14	0.08	0.28	0.23	0.21	0.14	0.09	0.04	1.85	53	3.00	1.60	1.73	46	2.78	1.36	1.13	16.3	0.52	0.82
8	0.51	0.37	0.37	0.38	0.13	0.07	0.28	0.20	0.20	0.13	0.09	0.04	1.82	51	2.99	1.59	1.76	47	2.75	1.32	1.10	14.2	0.50	0.71
9	0.40	0.41	0.35	0.35	0.13	0.07	0.27	0.20	0.20	0.13	0.08	0.04	1.60	38	2.83	1.41	1.80	50	2.73	1.30	1.08	13.5	0.49	0.68
10	0.45	0.37	0.34	0.33	0.12	0.07	0.27	0.20	0.19	0.12	0.14	0.08	1.52	34	2.62	1.17	1.87	54	2.60	1.15	1.04	12.0	0.48	0.65
11	0.47	0.63	0.33	0.31	0.11	0.06	0.26	0.20	0.18	0.11	0.13	0.07	1.45	30	2.43	0.97	1.78	49	2.58	1.13	1.01	10.9	0.47	0.63
12	0.45	0.57	0.32	0.29	0.10	0.05	0.24	0.23	0.17	0.11	0.13	0.07	1.38	26	2.32	0.88	1.85	53	2.54	1.09	0.98	9.9	0.45	0.57
13	0.44	0.54	0.30	0.28	0.10	0.05	0.24	0.25	0.16	0.10	0.12	0.07	1.42	28	2.30	0.86	2.05	1.66 x	2.49	1.07	0.95	8.9	0.44	0.54
14	0.43	0.51	0.29	0.25	0.09	0.04	0.26	0.21	0.16	0.10	0.16	0.10	1.43	29	2.24	0.81	2.02	1.62	2.46	1.00	0.93	8.3	0.42	0.49
15	0.42	0.49	0.27	0.22	0.09	0.04	0.25	0.20	0.20	0.13	0.16	0.10	1.45	30	2.14	0.73	2.24	2.1	2.45	0.99	0.91	7.6	0.41	0.46
16	0.42	0.49	0.26	0.21	0.08	0.04	0.25	0.20	0.19	0.12	0.25	0.20	1.95	59	2.08	0.68	2.66	1.22	2.44	0.98	0.88	6.8	0.40	0.43
17	0.41	0.46	0.25	0.20	0.08	0.04	0.24	0.18	0.18	0.11	0.40	0.43	1.93	58	2.01	0.63	2.88	1.47	2.32	0.88	0.86	6.3	0.39	0.41
18	0.40	0.43	0.24	0.18	0.07	0.03	0.23	0.17	0.17	0.11	0.39	0.41	1.78	49	1.92	0.57	2.82	1.40	2.22	0.80	0.84	5.7	0.38	0.40
19	0.39	0.41	0.25	0.20	0.07	0.03	0.22	0.16	0.15	0.10	0.36	0.36	1.68	43	1.86	0.54	3.02	1.62	2.10	0.70	0.82	5.2	0.37	0.38
20	0.38	0.40	0.25	0.20	0.06	0.03	0.21	0.14	0.15	0.09	0.76	3.94	1.68	37	1.84	0.52	2.98	1.58	2.01	0.68	0.80	4.70	0.36	0.36
21	0.37	0.38	0.24	0.18	0.05	0.02	0.20	0.13	0.14	0.08	0.61	1.63	1.78	49	1.78	0.49	2.98	1.58	2.04	0.65	0.78	4.32	0.35	0.35
22	0.37	0.38	0.23	0.17	0.04	0.02	0.19	0.12	0.13	0.07	0.53	0.80	1.76	47	1.76	0.47	2.96	1.56	2.02	0.64	0.76	3.94	0.34	0.33
23	0.36	0.36	0.23	0.17	0.04	0.02	0.18	0.11	0.17	0.11	0.51	0.77	1.74	46	1.74	0.46	2.92	1.51	1.88	0.65	0.74	3.56	0.33	0.31
24	0.35	0.35	0.22	0.16	0.03	0.01	0.20	0.13	0.16	0.10	0.74	3.56	1.65	41	1.68	0.43	3.14	1.72 x	1.80	0.50	0.72	3.18	0.33	0.31
25	0.35	0.35	0.21	0.14	0.02	0.01	0.18	0.11	0.14	0.08	0.70	2.80	1.64	40	1.72	0.45	3.22	1.87 x	1.76	0.47	0.70	2.80	0.32	0.29
26	0.35	0.35	0.20	0.13	0.02	0.01	0.25	0.20	0.13	0.07	0.68	2.50	1.78	49	1.74	0.45	3.10	1.72 x	1.70	0.44	0.68	2.54	0.31	0.28
27	0.34	0.33	0.19	0.12	0.01	0.00	0.24	0.25	0.16	0.10	0.62	1.76	3.63	239 x	1.70	0.44	3.04	1.65	1.64	0.40	0.66	2.28	0.30	0.26
28	0.34	0.33	0.18	0.11	0.01	0.00	0.30	0.26	0.15	0.09	0.58	1.70	3.42	272 x	1.75	0.47	3.02	1.62	1.58	0.37	0.65	2.15	0.29	0.25
29	0.43	0.51	0.20	0.16	0.00	0.00	0.31	0.28	0.14	0.08	0.56	1.09	3.32	200 x	1.88	0.55	2.97	1.57	1.49	0.32	0.64	2.02	0.28	0.23
30	0.40	0.43	0.19	0.14	0.00	0.00	0.29	0.25	0.14	0.08	0.54	0.93	3.01	1.61	1.83	0.52	3.15	1.79 x	1.41	0.28	0.62	1.76	0.27	0.22
31	0.37	0.38	0.18	0.13	0.00	0.00	0.27	0.23	0.13	0.07	0.50	0.80	1.76	47	1.76	0.47	2.96	1.56	2.02	0.64	0.76	3.94	0.34	0.33

MOYENNE ANNUELLE

DÉBIT MOYEN	Total	18.03	7.39	5.150	7.22	3.70	23.63	12.59,35	26.36	33.64	28.66	284,95	17,53	30
	Moyen	0.61	0.26	0.17	0.24	0.12	0.79	0.60	0.85	1.12	0.92	9,5	0.57	30

PLUVIOMETRIE EN 1961

PARAKOU	50	0	20	145	70	145	120	145	236	33	0	0	368
TCHAOUROU	85	0	118	84	87	140	380	70	163	73	0	0	1483
Touï	37	0	110	33	86	156	217	75	100	0	0	0	1130
Hauteur d'eau moy. sur le B.V													1130

DÉBITS MOYENS MENSUELS

Période	1951-1961	1.15	0.25	0.21	0.15	0.68	8.53	36	80	150	168	44	5.8	42
---------	-----------	------	------	------	------	------	------	----	----	-----	-----	----	-----	----

Déficit d'écoulement (mm): 10.31 Dm (mm): 10.25 Crue maximum observée (m³/s): 52.5 (1957) Module moyen estimé à 37 m³/s.
 Coefficient d'écoulement (%): 9.8 Rm (%): 10.2 Crue centenaire estimée à _____

Pluviométrie moyenne probable →

Année	ÉTIAGE (m ³ /s)				DÉBITS CARACTÉRISTIQUES (m ³ /s)					CRUES (m ³ /s)							
	Absolu		Secondaire		DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	Maximum		Secondaires					
	Q	Date	Q	Date						Q	Date	Q	Date	Q	Date	Q	Date
1951-52																	
52-53																	
53-54																	
54-55	2,2	18 cr 19-5-55			2,8	34	285	269	819	862	21-5-1954						
55-56	13,5	11-3-56			16,2	16,7	23	490	821	844	20-3-1955						
1956-57	1,9	25-3-57			2,6	14,6	23,0	60	532	630	7-10-1956						
57-58	13,5	6,3 cr 18/19-35			14,6	23,0	74	1027	1128	1152	1 oct-10-57						
58-59	1,8	28-2 au 3-3 cr 10-3-59			1,9	4,7	21	52	248	328	4-10-1958						
59-60	0,95	29-2 au 6-3-60			1,7	6,0	57	156	1014	1075	25-1-1959						
60-61	0,18	30-4-61			(0,32)	12,5	92	121	(992)	(1070)	27-3-1960						
1961-62	0,09	30 cr 31-3-62			0,20	1,7	12,7	69	122	602	16-1-1961						
62-63	2,7	15-4-63			4,5	7,5	25	136	614	647	25-9-62						
63-64	1,5	5,9 cr 10-4-64			2,0	14,0	9	328	725	263	15-10-63						
64-65	5,2	10 au 12-5-65			7,5	27	72	223	1142	1212	21-9-64						
					5,2	10,8	52	305	864	1072	906 23-24-9?	4-4-67					

