

ORSTOM

*L'Institut
français
de recherche
scientifique
pour le
développement
en coopération*

Laboratoire d'Hydrologie

*Centre ORSTOM
911 av. Agropolis
BP 5045
34000 - Montpellier
Tél : 67 61 74 35
Fax : 67 41 18 06*

Informatisation de la ressource en eau

**Séminaire Office International de l'Eau
Ouagadougou - janvier 1993**

Les compétences de l'ORSTOM en hydrologie opérationnelle

Les banques de données hydropluviométriques de l'ORSTOM

*par
Gilbert Jacon¹
et Marc Morel²*

¹ *Directeur de recherche*

² *Ingénieur de recherche - responsable du Laboratoire d'hydrologie*

Résumé

Les hydrologues de l'Institut de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM) conduisent depuis une quarantaine d'années des études et recherches hydrologiques dans la zone intertropicale.

Confrontés aux difficultés propres à ces régions (climat agressif, éloignement des stations de mesure, difficulté d'accès), ils ont recherché de nouvelles solutions pour la mesure et la transmission des données hydrologiques, utilisant notamment la télétransmission satellitaire au service de vastes réseaux hydrométriques et pluviométriques.

L'information hydrométrique et pluviométrique rassemblée par les hydrologues de l'ORSTOM depuis plus de 40 ans constitue une masse de plus de 100 000 années de données répartie entre 4400 stations d'observations.

Deux banques de données indépendantes, d'importance comparable et de structure similaire, ont été progressivement constituées à partir de 1967. Leur gestion, confiée au Laboratoire d'Hydrologie, est assurée par les logiciels HYDROM et PLUVIOM. D'autres logiciels permettent le traitement de cette information.

Cette communication a pour objet de présenter :

- les procédés d'acquisition, de gestion et de traitement de l'information hydropluviométrique,
- le système d'information géré par le Laboratoire d'Hydrologie,
- les fiches des logiciels ORSTOM développés sur PC et sur stations de travail .

L'expérience de l'ORSTOM en hydrométrie

L'hydrologie orstomienne a débuté ses activités dès la naissance de l'Institut en 1946, par l'installation, la maintenance et la gestion des réseaux hydrologiques d'une dizaine de pays de l'Afrique de l'Ouest et Centrale. Depuis l'accession de ces pays à l'indépendance, l'ORSTOM poursuit une politique d'assistance plus ou moins poussée auprès de bon nombre d'entre eux.

Au début les réseaux hydrologiques étaient constitués de stations hydrométriques, équipées d'échelles de crue, dotées de lecteurs rémunérés. Ces stations furent rapidement complétées par des limnigraphes enregistreurs à flotteur, puis à capteur de pression pneumatique.

Dès 1971, l'ORSTOM avait été associé aux premiers balbutiements français de la télétransmission satellitaire, en créant à Brazzaville un prototype de pluviographe à augets basculeurs dont les mesures étaient transmises par le satellite EOLE, avec un relais sol à Toulouse.

Au début des années 1980 se développait une collaboration fructueuse entre les hydrologues de l'ORSTOM et la société CEIS-Espace pour la mise au point de limnigraphes et de pluviographes utilisant le système de télétransmission ARGOS embarqué sur les satellites TIROS de la NOAA.

L'ORSTOM participait ensuite à la mise en place et à l'exploitation des premiers grands réseaux de télétransmission hydrologique en zone tropicale : projet HYDRONIGER, projet AMAZONE, projet pilote OMS-OCP Nord Togo. Ces premiers réseaux hydrologiques à télétransmission utilisent des limnigraphes classiques, à flotteurs ou à capteurs de pression pneumatiques, équipés de codeurs numériques.

En 1983, sur l'impulsion d'hydrologues de l'ORSTOM, étaient construits par la société ELSYDE des limnigraphes à capteur de pression piézoélectrique, série CHLOE, avec digitalisation de la mesure, correction atmosphérique et stockage des données in situ sur cartouches à mémoire statique effaçables.

Les limnigraphes utilisés dans le cadre du projet OMS-Onchocercose sont des CHLOE à capteur de pression piézoélectrique, dont les conditions d'installation (éloignement de la station d'acquisition du lit) sont beaucoup plus souples que les limnigraphes mécaniques. Le message télétransmis mémorise les hauteurs d'eau des quelques heures antérieures, alors que sur site l'intégralité de l'information est enregistrée.

Ainsi, l'ORSTOM a su conserver sa compétence originale en hydrologie opérationnelle en l'adaptant aux avancées technologiques modernes que l'Institut a souvent lui-même contribué à faciliter.

Les matériels hydrométriques modernes

Le **limnigraphe CHLOE** est un système autonome qui enregistre les informations limnimétriques que lui transmet une sonde piézoélectrique SPI immergée. Cette sonde SPI constitue un ensemble électronique et informatique complet, destiné à la mesure précise des niveaux et des températures de liquide de densité constante. La sonde comporte une jauge de pression à semi-conducteur et une carte électronique intégrée dans un boîtier cylindrique en PVC immergeable. Cette carte électronique réalise la mise en forme des signaux capteurs, qui comprend la mise à l'échelle et la compensation des dérives thermiques. Elle transmet sur une liaison filaire un message binaire contenant les résultats de mesures en vraie grandeur, en tenant compte de la température de l'eau et de la pression atmosphérique, ainsi que le numéro d'identification de la sonde SPI elle-même.

L'emploi d'un signal numérisé permet d'utiliser des câbles de liaison de grande longueur (un kilomètre et plus) sans dégradation de la précision ou de la sensibilité de la mesure. Il permet surtout la totale interchangeabilité des sondes successivement construites par ELSYDE.

Il existe en effet plusieurs types de centrales d'acquisition CHLOE adaptés à différents besoins. Toutes ont en commun une logique évoluée d'acquisition de la mesure, destinée à stocker le maximum d'informations dans un minimum de place mémoire. Pour ce faire, deux grandeurs sont programmables :

- une période de scrutation Δt à l'issue de laquelle la centrale d'acquisition interroge le capteur SPI ;
- un seuil d'acquisition Δh : si la différence entre la nouvelle mesure donnée par le capteur et l'ancienne déjà enregistrée atteint ou dépasse ce seuil Δh , la nouvelle mesure est enregistrée, sinon le processus se renouvelle à l'issue d'une nouvelle période Δt .

La période de scrutation est programmable de 1 à 99 minutes et le seuil d'acquisition de 1 à 99 cm. Ainsi le limnigraphe CHLOE peut réaliser une saisie intelligente des données, adaptée à l'amplitude et à la rapidité de la variation du phénomène. Ce mode de saisie permet la collecte des seuls points significatifs et augmente donc l'autonomie de l'enregistrement sans rien enlever à la pertinence de ses mesures.

L'appareil est doté d'un terminal conversationnel, qui selon les applications peut être intégré dans le boîtier de l'enregistreur ou au contraire être portable et autonome. Ce terminal permet l'initialisation de la base de temps, la programmation du seuil d'acquisition Δh et de la période de scrutation Δt , et d'autres paramètres (gestion du décalage du zéro de la cote limnimétrique...). Il autorise aussi à tout moment la visualisation des mesures du capteur (cote et température) et de certains paramètres, variables avec les applications, comme le taux de remplissage de la cartouche, et des paramètres de bonne santé du système, température de l'abri, tension de la batterie d'accumulateur ou des panneaux solaires qui peuvent éventuellement l'alimenter.

Le principal avantage de ce système, en plus de la souplesse de gestion et de la grande capacité de sa mémoire, est certainement l'extrême facilité avec laquelle le capteur SPI peut être installé. Le faible encombrement de l'ensemble qui permet notamment son transport aisé par héliportage sur les sites difficiles et la faible maintenance sur site ne rendent nécessaires qu'une infrastructure minimale.

Le **pluviographe OEDIPE**, développé par la société ELSYDE avec la collaboration scientifique et technique de l'ORSTOM, est un système autonome dont la fonction consiste à mémoriser les moments exacts des basculements d'un pluviomètre à augets basculeurs, datés en secondes sur une cartouche à mémoire statique de 64 Ko : CE64.

Un terminal de mesure se connecte sur l'enregistreur OEDIPE et permet à l'opérateur, à tout moment, l'affichage de certains paramètres concernant la mesure et l'état de fonctionnement du système :

- numéro de la carte électronique OEDIPE de l'enregistreur
- cumul des basculements déjà enregistrés
- durée de l'enregistrement déjà réalisé
- date de l'enregistrement du dernier basculement
- nombre d'octets déjà écrits dans la cartouche CE64
- état de la tension batterie.

L'OEDIPE est un appareil alimenté par une batterie d'accumulateur, au plomb ou cadmium-nickel, éventuellement rechargée par des panneaux solaires. La capacité de la cartouche CE 64 permet l'enregistrement de 16384 basculements. La température de fonctionnement de l'enregistreur (partie électronique) peut-être comprise entre - 10 et + 70° C, l'humidité pouvant atteindre durablement 100 % (ce matériel est lui-même garanti entre - 25°C et + 80°C).

En résumé, les deux systèmes, qui ont en charge la mesure des deux grandeurs physiques essentielles de l'hydrologie (cotes hydrométriques et hauteurs pluviométriques), ont en commun le même mode d'enregistrement des données par stockage sur des cartouches régénérables de 64 Ko de capacité. Le transfert de cette information sur tout ordinateur muni d'une liaison standard RS 232 est permis par une interface de lecture LCM également construite par la société ELSYDE. Ce transfert est géré par un protocole informatique comportant des contrôles de parités transversales et longitudinales, afin d'éviter tout risque de défaut de liaison malgré le débit rapide de la transmission qui se fait en code ASCII. Le LCM assure aussi l'effacement électrique et régénère ainsi les cartouches qui peuvent être réutilisées sans péjoration de leurs caractéristiques.

La télétransmission satellitaire

Lorsque l'on dispose de matériels d'acquisition et d'enregistrement de la mesure aussi fiables et faciles à mettre en oeuvre, il est naturel de vouloir aussi télétransmettre ces mesures, afin de les acquérir en temps réel ou quasi réel. Deux systèmes satellitaires peuvent être utilisés, si l'on écarte a priori les systèmes non satellitaires (téléphone et réseau radio avec relais au sol), trop lourds à mettre en oeuvre dans les zones qui nous concernent habituellement compte tenu de leur consommation en énergie et de leur sensibilité aux phénomènes météorologiques eux-mêmes.

Les deux systèmes satellitaires s'appuient, l'un sur un réseau de satellites à défilement polaire (systèmes ARGOS embarqué sur TYROS), l'autre sur un satellite géostationnaire (METEOSAT pour l'Afrique, GOES pour l'Amérique).

ARGOS permet une acquisition disponible en temps différé (jusqu'à 6 heures à l'équateur), un message d'une longueur maximale de 256 bits ; la puissance d'émission est faible (1 W) ; une antenne multidirectionnelle permet une mise en station très aisée.

Les premiers limnigraphes et pluviographes à être équipés se satisfaisaient de la transmission d'une seule grandeur (hauteur d'eau ou nombre de basculements) au moment du passage de satellite. L'ORSTOM a participé à la mise en place du réseau HYDRONIGER sur le fleuve Niger (financement de l'OMM, 65 plateformes émettrices), du réseau AMAZONE DNAEE (25 plateformes émettrices) et du réseau pilote de l'OMS-OCP du Nord Togo (10 plateformes). Ces réseaux étaient tous basés sur ce principe de télétransmission de la mesure instantanée et utilisaient le système ARGOS.

Actuellement le message élaboré qui est transmis lors du passage du satellite est complexe. Ce message mémorise des hauteurs d'eau, ou des hauteurs de pluies, à diverses dates programmées antérieures au passage du satellite, aux côtés d'informations sur la bonne santé du système (température, remplissage cartouche d'enregistrement, tension batterie et panneau solaire etc.). C'est ce système plus performant qui équipe le réseau du projet de lutte contre l'Onchocercose de l'OMS (plus de 80 télébalises).

METEOSAT permet une acquisition en temps quasi réel, puisque l'on peut émettre toutes les heures et bénéficier des services du canal "alerte", les puissances d'émission sont plus fortes (5 à 40 W), mais la longueur des messages est importante (plus de 5000 bits). Les projets de veille hydrologique africaine prévoient d'acquérir non seulement des données sur l'hydrologie des grands fleuves mais aussi sur certains paramètres climatiques et environnementaux (température, humidité, qualité de l'eau etc...). Compte tenu de la taille des messages à transmettre ces projets préconisent l'utilisation du système **METEOSAT**.

Quel que soit le système de transmission retenu, ARGOS ou **METEOSAT**, les données peuvent être récupérées par les soins des centres spécialisés, ARGOS aux U.S.A. ou en FRANCE, CLS-ARGOS à Toulouse, **METEOSAT** à l'ESA en R.F.A, ou par l'utilisateur lui-même grâce à une station locale de réception satellite directe que développe CEIS-Espace.

Ces stations directes, **SRDA** pour ARGOS et **SRDM** pour **METEOSAT**, possèdent des logiciels parfaitement conviviaux qui permettent la gestion d'un réseau d'une centaine de plateformes émettrices et la constitution de fichiers de données en temps réel ou légèrement différé. Le transfert de ces banques de données, du micro-ordinateur de la station de réception vers le système informatique qui gère la banque de données hydroclimatologiques d'un service hydrologique, est fait de manière automatique.

Ces données sont alors gérées, par exemple, par les logiciels **HYDROM** (pour l'hydrométrie) ou **PLUVIOM** (pour la pluviométrie) développés par le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM.

Enfin, le système **INMARSAT**, qui fait intervenir plusieurs satellites géostationnaires, est en phase de mise en place en France. Il permet des télécommunications en mode de type commuté (commandé par récepteur ou émetteur). Les données peuvent être stockées et retransmises à la demande (interrogation à partir d'un récepteur, transmission systématique, messages d'alerte...). La tarification s'établit selon le volume de l'information transmise et son mode de transmission. L'ORSTOM étudie actuellement la possibilité d'utiliser le système **INMARSAT** qui permet une grande souplesse d'utilisation sans les contraintes liées à une émission à heure fixe (**METEOSAT**) ou de visibilité simultanée du satellite par les stations émettrices et réceptrices (ARGOS).

La formation en hydrologie opérationnelle et en technologies nouvelles

Les hydrologues de l'ORSTOM sont amenés en France ou dans leur pays d'affectation à apporter une contribution importante dans le domaine de la formation que ce soit dans le secteur de la recherche ou de l'hydrologie opérationnelle (DEA National d'Hydrologie, formation d'ingénieurs et de techniciens comme à l'EIER ou à l'AGRHYMET, etc...).

L'Unité d'hydrologie opérationnelle (UHO) du Laboratoire d'Hydrologie est habilitée à intervenir outre-mer dans le cadre de missions de soutien à l'implantation et à la gestion de réseaux de mesures hydropluviométriques et de formation des personnels techniques.

Des stages en technologies nouvelles sont organisés chaque année à Montpellier. Ils s'adressent à des personnels ingénieurs et techniciens supérieurs des Services Hydrologiques travaillant sur des problèmes d'aménagement, de gestion ou d'exploitation de réseaux hydrologiques mais aussi sur des programmes de recherche liés à l'Hydrologie. D'une durée de deux mois, cette formation est ciblée sur des thèmes précis qui correspondent aux évolutions sur le plan technologique en matière d'acquisition/transmission des données et aux problèmes de traitement et d'interprétation des données grâce au développement d'outils informatiques adaptés et performants.

Les banques de données hydropluviométriques du Laboratoire d'Hydrologie

Les données hydrométriques et pluviométriques rassemblées par les hydrologues de l'ORSTOM, soit directement par les observations des réseaux installés sur les cours d'eau d'Afrique francophone à partir de 1948 ou dans le cadre d'études de petits bassins versants dès 1952, soit indirectement par la récupération de données provenant d'autres sources (par exemple des gestionnaires des réseaux pluviométriques nationaux) constituent une masse d'information considérable.

C'est en 1967 que le Bureau Central d'Hydrologie, basé à Paris, a décidé d'informatiser la gestion de ces données. Un long et fastidieux travail de saisie sur cartes perforées a été entrepris et poursuivi durant plus d'une décennie. Parallèlement des programmes FORTRAN ont été développés par les hydrologues eux-mêmes afin d'exploiter cette information sur les ordinateurs du CNRS (CIRCE).

Plusieurs étapes successives (passage des cartes perforées aux bandes puis disques magnétiques, programmes de gestion en COBOL, utilisation de terminaux, développement progressif de logiciels de gestion) ont conduit à la création de deux banques de données, l'une pour l'hydrométrie, l'autre pour la pluviométrie, indépendantes dans leur organisation et leur gestion mais toutes deux placées sous la responsabilité du Laboratoire d'Hydrologie, désormais basé au Centre ORSTOM de Montpellier.

L'organisation générale des données Elle est schématisée sur la figure 1. Les deux banques, qui fonctionnent de manière centralisée, sont actuellement installées sur les ordinateurs IBM 3090 du Centre National Universitaire Sud de Calcul - CNUSC - de Montpellier, auquel le Centre ORSTOM est relié par une ligne spécialisée.

La gestion et l'exploitation des banques sont assurées, avec les logiciels HYDROM et PLUVIOM dans leurs versions "gros ordinateur", par l'intermédiaire de deux micro-ordinateurs de type IBM-PC.

La consultation des fichiers par terminal est possible par l'intermédiaire de réseaux commutés avec le CNUSC.

L'existence de versions opérationnelles sur micro-ordinateurs des logiciels HYDROM et PLUVIOM permet une gestion partiellement décentralisée des banques. Le développement de ces versions s'est avéré d'un très grand intérêt logistique car il a permis :

- la *saisie des données sur place* par les gestionnaires de réseaux ou par les hydrologues dans les différents Centres ou Missions de l'ORSTOM,
- des *échanges d'informations* très faciles soit par disquettes (procédure la plus courante actuellement), soit par la messagerie ORSTOM ou autre réseau de type TRANSPAC,
- la *création de banques* nationales (Services Hydrologiques Nationaux) ou régionales (Organismes interétatiques) indépendantes mais associées. Les Etats assument la gestion de leurs réseaux de collecte et sont seuls propriétaires de leurs données mais la compatibilité des formats et des logiciels rend possible une coopération étroite : copie de sécurité des fichiers, appui informatique pour la maintenance et l'actualisation des logiciels, formation des personnels.

L'information originale se répartit en deux grandes catégories : les données pluviométriques et les données hydrométriques.

Dans la première, l'information originale est simple : c'est une hauteur de pluie observée durant un intervalle de temps fixe, par exemple 24 h pour les précipitations journalières, ou variable pour les intensités de pluie enregistrées par des pluviographes. La donnée est donc un nombre toujours positif compris entre 0 et 100000, sachant que l'unité utilisée est le 1/10 de mm, que les dates sont en secondes, et que la durée maximale de cumul est en pratique d'une année.

L'information hydrométrique est, au contraire, multiple. Elle comprend des hauteurs d'eau lues sur des échelles limnimétriques ou enregistrées par des limnigraphes, des mesures de débit, instantanées (ou considérées comme telles) identifiées par un couple "débit mesuré - hauteur associée", les débits instantanés ou moyens sur une période, très rarement mesurés directement, en général calculés à partir des hauteurs d'eau par l'intermédiaire d'un barème de tarage qui est aussi une donnée de la banque.

A chacune des deux banques, pluviométrique et hydrométrique, est associée un fichier des stations, nécessaire pour l'identification et la caractérisation du point de mesure. Les éléments stockés dans ces fichiers sont des informations signalétiques diverses : nom de la station, situation géographique (coordonnées, altitude), équipement et appareillage, date de mise en service et bref historique du fonctionnement, etc...

Les données originales se présentent sous plusieurs formes différentes suivant leur nature et le support sur lequel elles se trouvent au moment de la saisie. On distingue :

- le *bulletin ou la fiche mensuelle*, original rempli par un observateur une ou plusieurs fois par jour à heures fixes; c'est la source d'information la plus fréquente encore aujourd'hui, autant pour les relevés pluviométriques que pour les hauteurs limnimétriques. La saisie de ces données constitue un travail fastidieux et est une source d'erreurs nombreuses, si une vérification systématique n'est pas faite.

- l'enregistrement graphique continu, ou diagramme journalier, hebdomadaire, mensuel, obtenu avec des appareils enregistreurs à tambour ou à table déroulante. Le dépouillement des diagrammes est désormais effectué avec une table à numériser, opération longue et délicate. Les hydrologues de l'ORSTOM travaillent encore à la mise au point de logiciels performants permettant une saisie exhaustive de l'information contenue dans le diagramme et sans procédures manuelles intermédiaires.

- les *fiches de jaugeages*, bordereaux originaux établis sur le terrain par les hydrométristes, qui doivent être dépouillés avant ou au moment de la saisie.

- les *données mémorisées* sur mémoires magnétiques par les pluviographes du type OEDIPE ou les centrales hydrologiques du type CHLOE.

- les *données télétransmises* par les stations équipées de balises émettrices ARGOS ou METEOSAT et enregistrées par des stations de réception.

Pour ces deux dernières catégories, l'information est facilement accessible. Néanmoins un traitement préalable est absolument nécessaire : les données doivent être filtrées, reformatées, quelquefois compactées.

La masse d'information actuellement stockée sur disques et bandes magnétiques au CNUSC est de l'ordre de 400 Mo (400 000 000 octets), avec 160 Mo pour la banque pluviométrique et 240 Mo pour la banque hydrométrique.

Cette information représente :

- plus de 57000 années de données pluviométriques réparties entre 2811 postes de mesure : la durée moyenne d'observation est d'un peu plus de 20 ans par station et les relevés les plus anciens datent du milieu du siècle dernier (1852).

- plus de 21300 années de hauteurs limnimétriques observées à 1624 stations : la durée moyenne est supérieure à 13 ans et les données les plus anciennes datent du début de ce siècle (1902). Rappelons que deux tiers des hauteurs sont traduites en débits instantanés et que la banque hydrométrique contient aussi des fichiers de débits moyens journaliers et des fichiers de débits dits "opérationnels" pour lesquels les données ont été complétées.

La répartition chronologique des données est représentée sur les deux diagrammes de la figure 2, pour lesquels la hauteur de chaque rectangle correspond au pourcentage d'années situées dans la décennie correspondante, et la répartition géographique est illustrée par les cartes schématiques des figures 3 et 4 où sont portés le nombre d'années et le nombre de stations de chaque Etat représenté.

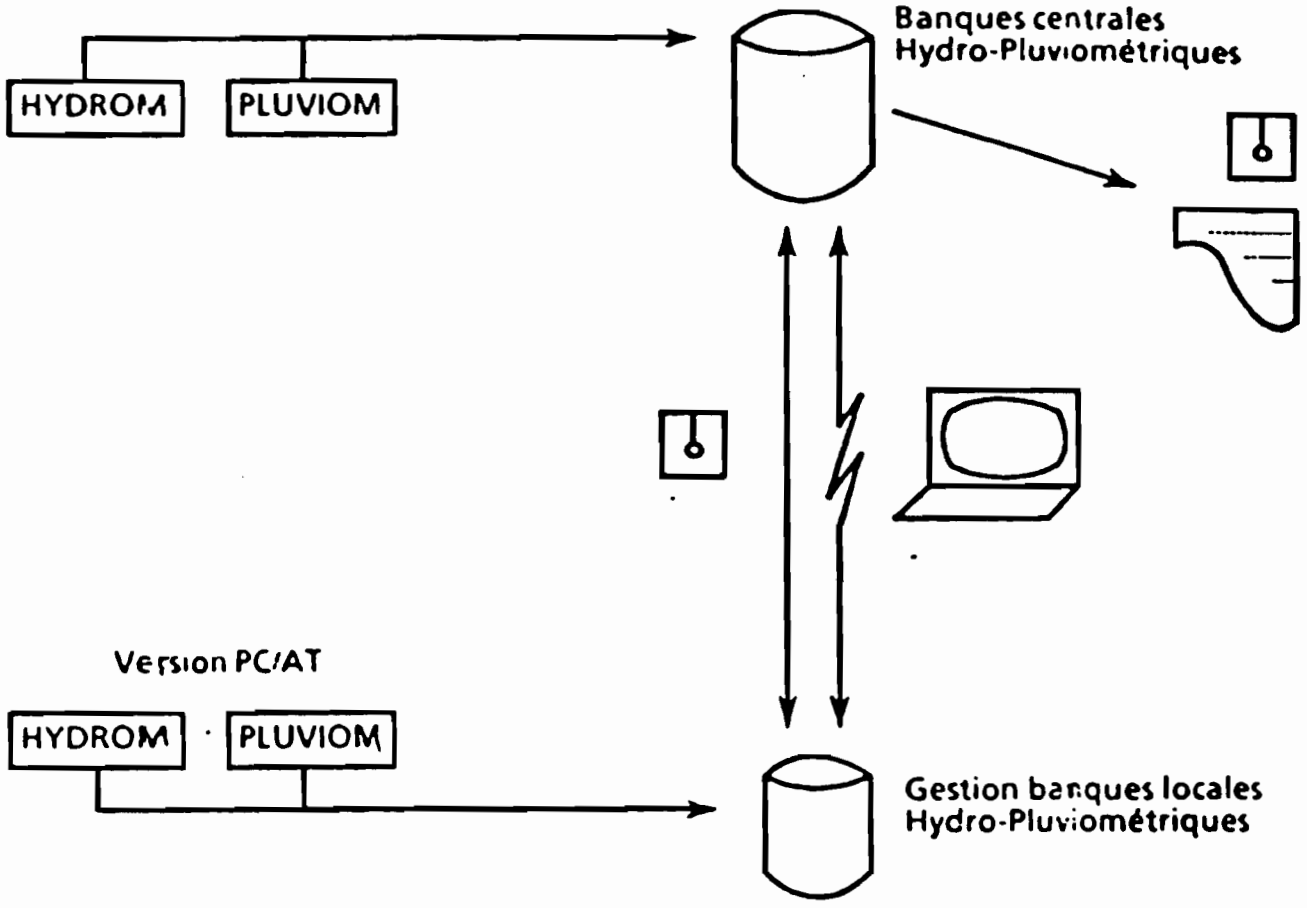
Pour la répartition géographique, on constate une grande similitude entre les deux banques : l'information provient à 80% au moins des Etats d'Afrique francophone, secteur d'intervention prioritaire de l'ORSTOM. Le reste vient des DOM-TOM et de certains pays comme Madagascar ou le Cap Vert où des études ont nécessité la récupération et le traitement des données.

Pour la répartition chronologique, on note l'allure régulièrement croissante du diagramme de pluviométrie qui s'oppose à la forme concentrée sur la période 1950-1980 du diagramme des données hydrométriques. Ce fait est dû à la forte activité des hydrologues de l'ORSTOM, durant cette période, dans le secteur de la gestion des réseaux et des études de bassins représentatifs.

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

Développement Maintenance
Documentation Diffusion

- Alimentation banques centrales
- Cession de données : Support magnétique ou papier
- Transfert des fichiers par messagerie



**CENTRES ORSTOM
UNITES DE RECHERCHE
ORGANISMES EXTERIEURS**

BANQUE DE DONNEES HYDROPLUVIOMETRIQUES ORSTOM
ORGANISATION GENERALE

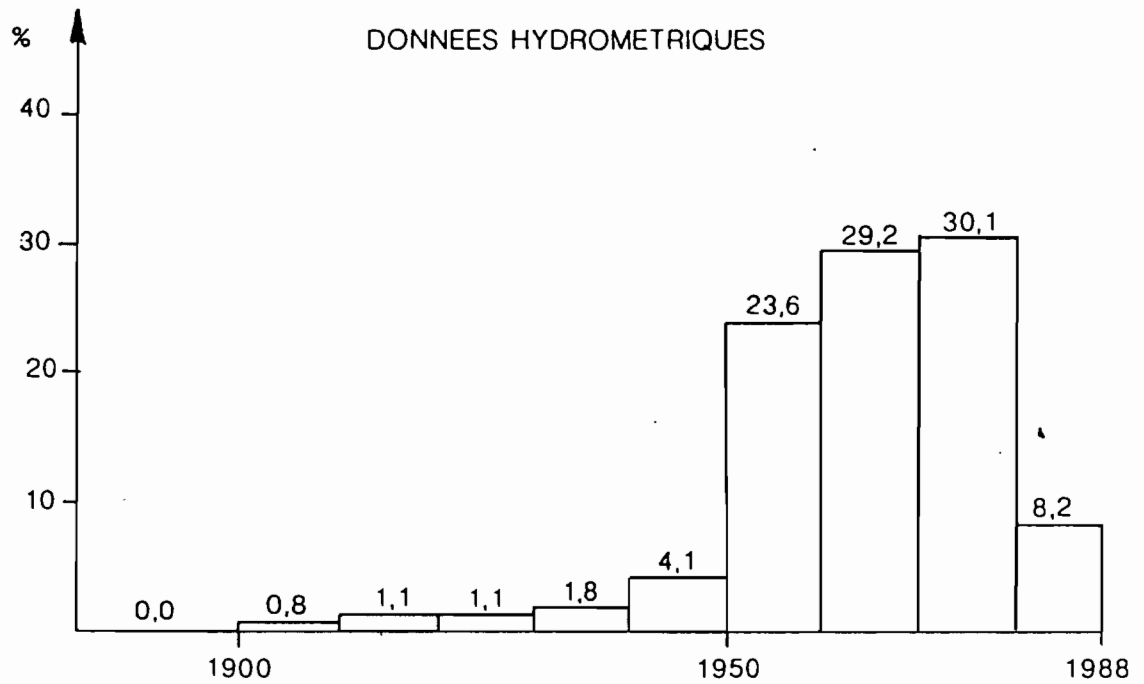
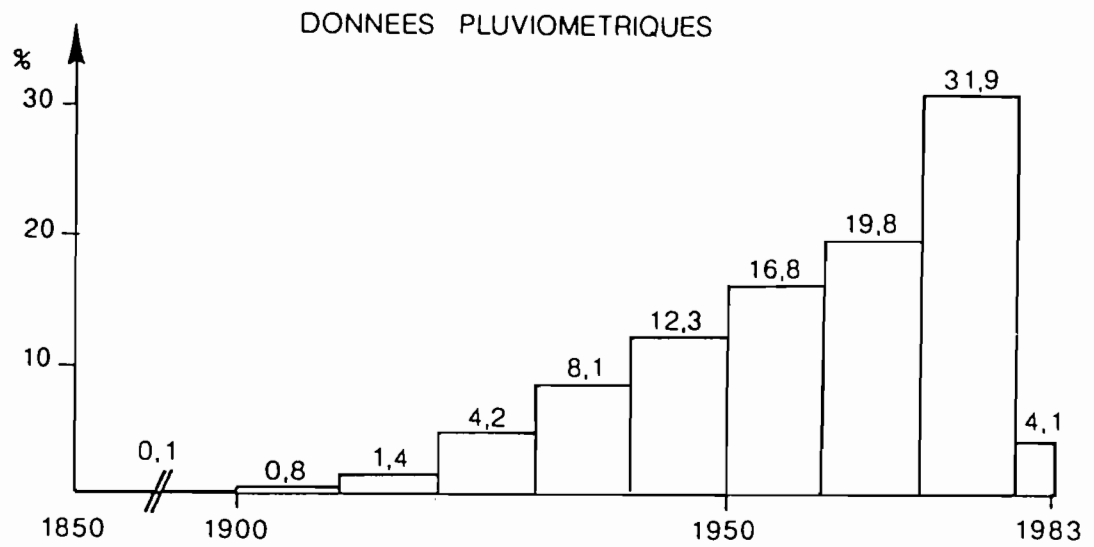


Fig. 2 BANQUE DE DONNEES HYDROPLUVIOMETRIQUES
REPARTITION CHRONOLOGIQUE DE L'INFORMATION

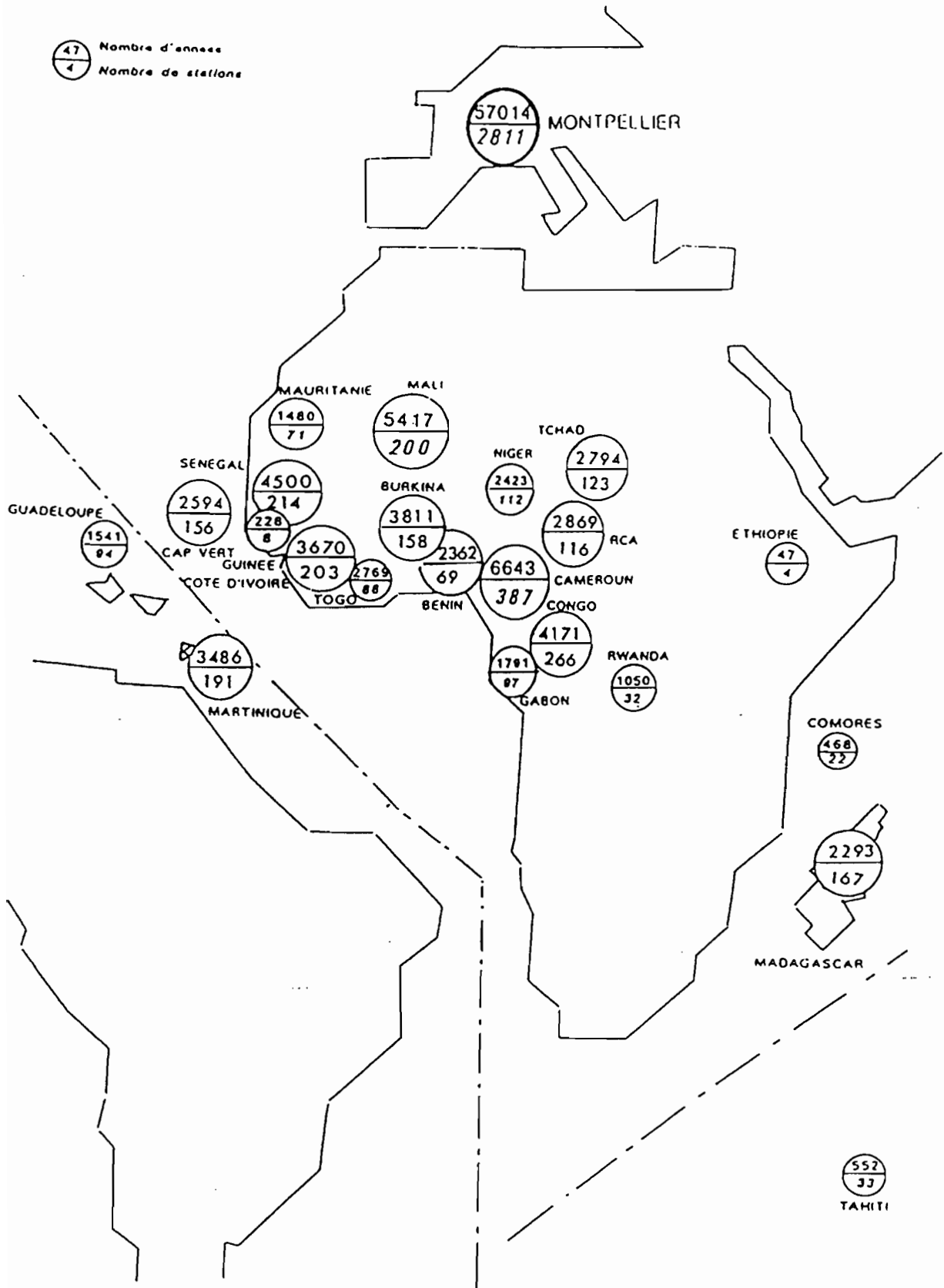


Fig. 3 DONNEES PLUVIOMETRIQUES REPARTITION GEOGRAPHIQUE

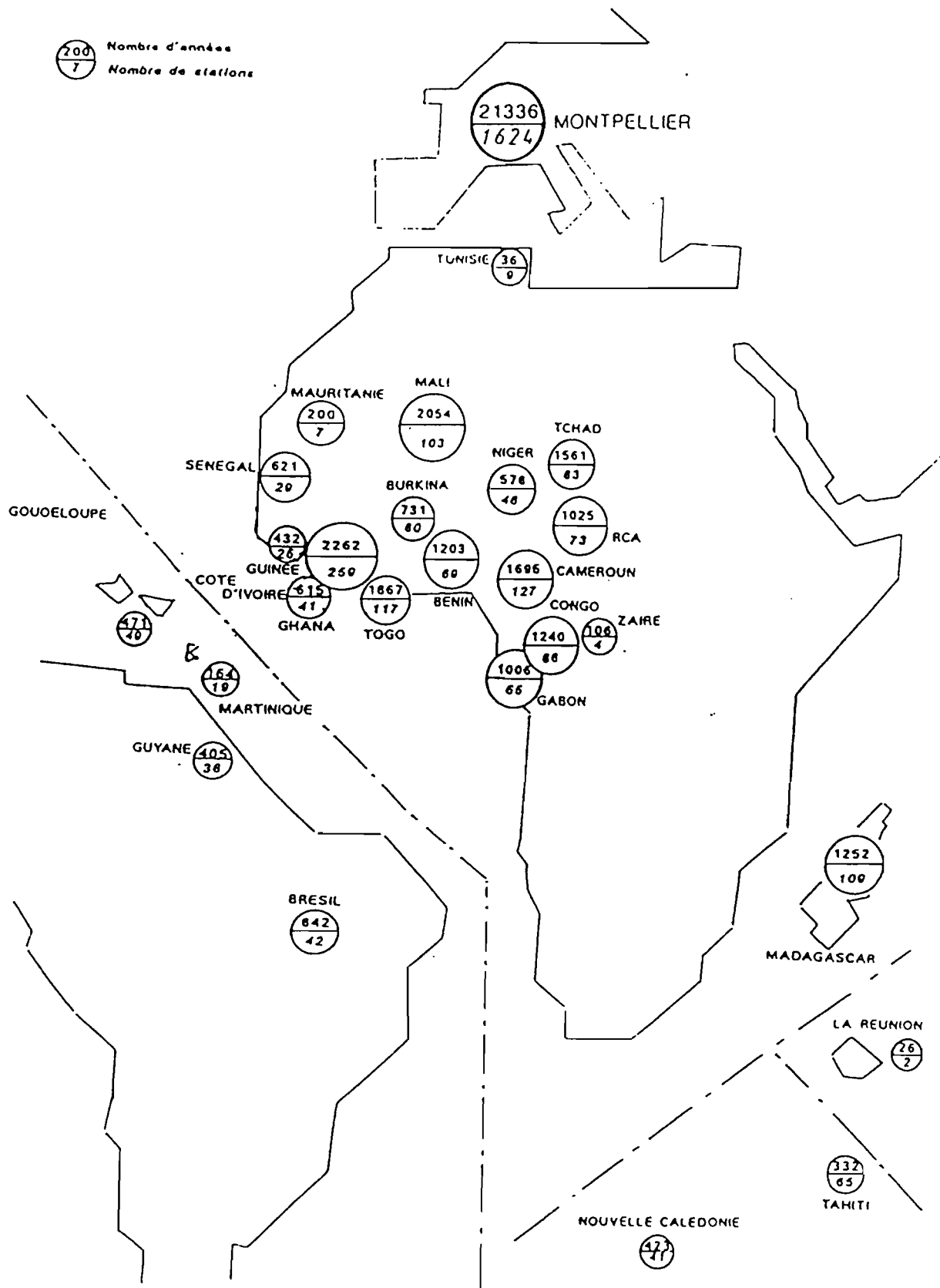


Fig. 4 DONNEES HYDROMETRIQUES REPARTITION GEOGRAPHIQUE

La disponibilité d'une banque performante est un objectif pour tout Service ou Organisme gestionnaire d'un réseau d'acquisition et de traitement de données naturelles. Il est fondamental que cette banque soit régulièrement actualisée.

La création de la banque hydropluviométrique de l'ORSTOM s'est avérée nécessaire pour la mise en forme d'une masse de données, déjà existantes, considérable et rapidement croissante et pour le traitement d'une information de base, fondement de tous les travaux de synthèse régionale.

Jusqu'au début de la présente décennie, l'ORSTOM produisait ses propres données essentiellement en hydrométrie. Le problème est que l'ORSTOM ne gère plus de réseaux, sauf dans quelques cas isolés, et que les postes d'observation se trouvent, pour plus de 90%, à l'étranger.

L'actualisation de la banque hydropluviométrique ORSTOM est donc aujourd'hui directement liée aux opportunités qui se présentent dans le cadre de conventions bilatérales avec les gestionnaires de réseaux ou de contrats d'études nécessitant une mise à jour des séries existantes. La faible densité de données pour la période postérieure à 1979 montre que l'actualisation est loin de présenter un caractère systématique.

Les seules données cessibles sont les données en l'état, c'est à dire les données originales non critiquées, qui représentent environ 80% du total pour la banque hydrométrique.

La cession de données à des organismes autres que les Services compétents des pays concernés, ne peut être faite qu'avec l'accord de ces derniers. La seule exception concerne la cession à des étudiants ou Laboratoires universitaires, de données nécessaires pour des travaux de recherche ou de thèses. Ces demandes portent toujours sur de faibles quantités (quelques dizaines d'années).

La fréquence moyenne des demandes de cession, reçues par le Laboratoire d'Hydrologie et d'origine extérieure à l'ORSTOM, est de l'ordre de deux par mois. Ces demandes proviennent pour moitié d'étudiants ou chercheurs, pour moitié de bureaux d'études français et étrangers. Ces demandes sont toujours satisfaites dans le cadre des limites indiquées ci-dessus et une simple compensation des frais informatiques engagés est exigée.

Il faut noter que le CIEH possède une copie complète de la banque pluviométrique constituée dans le cadre de la convention ASECNA/ORSTOM et qu'AGRHYMET pour la zone CILS et HYDRONIGER pour les pays du fleuve Niger possèdent des copies complètes sur bande magnétique des données hydrométriques.

Les logiciels de traitement de l'information

Les fiches des principaux logiciels de gestion, de traitement et d'exploitation de l'information hydropluviométrique sont présentées en annexe.

HYDROM et **PLUVIOM** sont les logiciels développés pour gérer les banques de données des services hydrologiques.

- **HYDROM** est un logiciel spécialisé dans l'acquisition, la gestion, le traitement, et l'édition des données hydrométriques (identification, jaugeages, étalonnages, cotes, débits instantanés et journaliers, débits caractéristiques, crues, modules mensuels etc...).

Destiné principalement aux services hydrologiques gestionnaires de réseaux nationaux ou régionaux, HYDROM peut aussi être utilisé dans le cadre d'études de petits bassins versants expérimentaux en milieu naturel ou urbain.

Dans sa version 3, le logiciel est opérationnel sur micro-ordinateur IBM PC ou compatible équipé d'un disque dur d'une capacité minimale de 20 Mo d'une carte graphique EGA ou VGA. HYDROM 3 utilise des périphériques comme la souris, la mémoire étendue ou paginée, divers types d'imprimantes et de traceurs. L'acquisition des données se fait par saisie, importation et digitalisation de diagrammes (Cf. note ci-jointe).

HYDROM 3 intègre des fonctions puissantes d'importation-exportation de données avec d'autres logiciels ainsi que des fonctions de représentation et d'exploitation graphiques des données. HYDROM 3 est diffusé en 4 langues (français, anglais, espagnol et portugais). Le package se compose de 2 disquettes (2.8 Mo) et d'un manuel d'utilisation.

- **PLUVIOM** est un logiciel spécialisé dans l'acquisition, la gestion et l'édition des données pluviométriques (identification, pluviométrie journalière, pluviographie). PLUVIOM est essentiellement destiné aux services gestionnaires de réseaux. Le logiciel est opérationnel sur micro-ordinateur IBM PC ou compatible équipé d'un disque dur d'une capacité minimale de 20 Mo.

D'autres logiciels utilisables sur micro-ordinateurs PC ou stations de travail sont développés par le Laboratoire d'Hydrologie. Ils portent sur les traitements spatialisés et statistiques de l'information hydropluviométrique. Les chercheurs et ingénieurs de l'Institut conçoivent et développent des modèles de simulation de la production et de la gestion de la ressource (Cf. fiches) .

Des sessions de formation sont proposées pour la quasi-totalité des logiciels développés au Laboratoire d'Hydrologie. Ces sessions sont assurées le plus souvent par les concepteurs des logiciels.

Conclusion

Ainsi, l'ORSTOM a prouvé qu'il dispose des compétences indispensables pour acquérir des données hydropluviométriques, les stocker, les télétransmettre et les gérer sous la forme de banques de données évolutives, avec des logiciels spécialisés performants. Ces techniques ont été mises en oeuvre au sein du Département "Eaux continentales" par le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à Montpellier et les chercheurs des Unités de Recherche sur le terrain en AFRIQUE et dans le monde tropical. Elles sont à la disposition des services susceptibles de les utiliser.

Les chercheurs et les ingénieurs de l'ORSTOM sont, par ailleurs, disposés à intervenir dans des sessions de formation en hydrologie opérationnelle et en technologies nouvelles dans le cadre de participations à des cycles d'enseignement organisés dans les pays d'accueil ou dans le cadre des stages de formation organisés chaque année par le Laboratoire d'Hydrologie.

L'ORSTOM vient de constituer un Groupement d'intérêt économique -HYDROCONSULT International- avec comme partenaire l'EDF (Electricité de France). Ce GIE lui permet de répondre mieux, et plus rapidement, à des demandes dès lors qu'il s'agit de valoriser les acquis de la recherche scientifique et l'expérience de l'ORSTOM en hydrologie opérationnelle .

Que ce soit dans le cadre de ses missions en matière de coopération au service du développement ou dans les secteurs d'intervention de son GIE, l'ORSTOM à travers le Laboratoire d'Hydrologie de Montpellier et ses quinze ingénieurs et techniciens permanents et avec le concours de plus de cent hydrologues dont la plupart sont affectés en Afrique, en Amérique Latine, aux Antilles et dans le Pacifique, est à même de conduire des opérations de soutien et de formation dans le domaine de la gestion des réseaux hydrologiques.

La banque de données hydropluviométriques du Laboratoire d'Hydrologie constitue un système d'information essentiel sans équivalent pour la communauté hydrologique amenée à travailler dans la zone intertropicale. Cet outil résulte d'une somme d'efforts considérables, tant humains que financiers. Depuis pratiquement une décennie, ces efforts n'ont pu être poursuivis au niveau souhaitable en raison des difficultés rencontrées par les pays partenaires pour collecter l'information et par absence d'accords de collaboration sur l'actualisation de la banque hydrométrique.

Il va de soi que l'ORSTOM apportera son concours à la mise en place et à l'exploitation de structures hydrologiques, et répondra à toute sollicitation des Services Hydrologiques Nationaux qui souhaiteraient que soit sauvegardées au Laboratoire d'Hydrologie les banques de données hydropluviométriques selon des modalités d'accès qui pourraient être définies au cas par cas.

L'ORSTOM s'est engagé à participer au programme FRIEND-Afrique de l'Ouest et Centrale. FRIEND est le projet H-5.5 du Programme hydrologique International de l'UNESCO, lancé en 1975, à l'issue de la Décennie Hydrologique Internationale et parvenu dans sa 4^{ème} phase (PHI I de 1975 à 1980, PHI II de 1980 à 1983, PHI III de 1984 à 1989 et PHI IV de 1990 à 1995).

Ce programme FRIEND-A.O.C. a pour objectif l'étude des "régimes d'écoulements à partir de séries de données internationales, expérimentales et de réseaux". Il s'agit donc d'un projet d'hydrologie régional à l'échelle des grands bassins versants intéressant donc de nombreux états.

Le programme FRIEND - A.O.C. porte sur :

- 1 - *la base de données FRIEND A.O.C.* : HYDROM sera probablement le système de traitement utilisé pour les données hydrologiques.
- 2 - *la modélisation hydrologique et régionalisation des paramètres hydrologiques - application aux bassins versants non jaugés*
- 3 - *l'étude des étiages - application à la gestion des mares et des bas-fonds*
- 4 - *la formation* : ce thème a été retenu par les Etats en vue de l'obtention de bourses doctorales, prioritairement aux jeunes chercheurs ayant choisi un thème FRIEND A.O.C. pour sujet de thèse.

L'intervention du Département "Eaux Continentales" de l'ORSTOM pourrait se traduire dans un premier temps par une (ou des) mission(s) d'un informaticien à OUAGADOUGOU pour une expertise de "faisabilité" de la base FRIEND et une formation "régionale" à HYDROM3, ainsi que par un soutien effectif au développement des thèmes 2, 3 et 4 et notamment la poursuite de notre mission dans le domaine de la formation (EIER, AGRHYMET) et le renforcement de notre accueil d'étudiants "FRIEND" au DEA National d'Hydrologie.

Un projet de recherche proposé par le Département "Terre-Océan-Atmosphère" sur les répartitions spatio-temporelles des précipitations en Afrique de l'Ouest pourrait, en partenariat avec les états concernés, s'accompagner d'une mise à jour de la banque de données pluviométriques de 1980 à nos jours et son extension au niveau de l'ensemble des pays de l'Afrique de l'Ouest.

Parallèlement, un vaste projet de veille hydrologique consiste à maintenir un réseau minimal d'environ 200 stations de contrôle des débits des grands fleuves d'Afrique de l'Ouest, d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Est.

Autant de projets qui tendraient à restaurer les banques de données hydropluviométriques existantes et à garantir un niveau minimal d'acquisition de paramètres hydroclimatiques et environnementaux sur le continent africain.

ANNEXES

- 0 0 0 -

Liste des logiciels et utilitaires développés par l'ORSTOM

- 0 0 0 -

La formation en hydrologie de 1988 à 1992

- 0 0 0 -

HYDROM

**Logiciel de gestion et de traitement
de données hydrométriques**

J-F.BOYER - G.COCHONNEAU

PC ou compatible - écran graphique - RAM 540 Ko - XMS 1 Mo

Saisie, consultation, correction de données hydrométriques (jaugeages, hauteurs d'eau, débits - pas de temps journalier, pas de temps variable).

Saisie, consultation, correction de données relatives aux postes de mesures (station).

Editions diverses (annuaires, tables, inventaires, graphiques) sur périphériques (traceur, tout type d'imprimante).

Echange de données : cession ou mise à jour à partir de fichier de structure quelconque.

UTILITAIRES COMPLEMENTAIRES A HYDROM

**Traitements élémentaires
sur des données hydrométriques**

J. BOURGES - V. SANCHEZ

PC ou compatible

Recodification des données : sur des fichiers de données en clair extraits par HYDROM 2, le module change un numéro de code en un autre. Par transformation sous HYDROM, mise à jour avec le nouveau code. Fonctionne pour toutes les données gérées par HYDROM à l'exception des identifications de l'appareillage et des stations.

Opérations élémentaires sur les débits journaliers sur les fichiers en clair extraits par HYDROM, ce module permet de sommer ou soustraire les débits à deux stations, calcul tenant compte du déphasage (en jour) entre les stations.

SYSCAD

**Contrôle automatique
de données collectées en temps réel**

DIALLO (HYDRONIGER) *

PC ou compatible

Contrôle des données de cotes ou débits instantanés et de débits journaliers. Ces données peuvent être extraites par l'utilitaire correspondant d'HYDROM ou provenir des logiciels de traitements d'HYDRONIGER.

Consultation, mise à jour des données de cotes ou de débits sur écran du même type que celui proposé par HYDROM. Une codification par couleur permet de localiser des périodes particulières ou suspecte au regard de critères de variations spécifiées par l'utilisateur. Possibilité d'affichage graphique de contrôle à tout moment de la saisie.

Affichage de séries chronologiques (jusqu'à 4 séries visualisées simultanément), zoom disponible.

Correction de données à partir du graphique, ou remplacement des données représentées par une courbe, par celles représentées par une autre courbe, ou même constitution de données à partir de l'écran graphique.

* autorisation de cession à formuler auprès de l'auteur

ANALEV

P. VAUCHEL

PC ou compatible

Affichage graphique de 3 séries de données instantanées (cotes, débits, pluies extraits de PLUVIOM et HYDROM).

Séparation d'événements selon deux critères simultanés de seuil et de durée.

Calcul de caractéristiques principales des événements identifiés et visualisés (débits, volumes). Sauvegarde de ces caractéristiques.

**EXPLOITATION
DES
DONNEES PIEZOMETRIQUES**

G. GIRARD

PC ou compatible

Traitement des données relevées au cours de campagne de mesures piézométriques

Saisie des caractéristiques des piézomètres (localisation, cotes d'installation, dates diverses)

Saisie des relevés piézométriques effectués au cours d'une campagne (date, cote, piézo).

Traitement graphique des données (graphique pour un poste ou n postes).

Extraction de données (entre deux dates, tous relevés, mini-maxi entre deux dates) sous forme de fichier de tableau

Cartographie des piézomètres (sur écran ou imprimante).

PROFIL

**Traitement de données obtenues
au cours du levé topographique
de la section transversale d'un cours d'eau**

G.JACCON

PC ou compatible - écran graphique

Saisie, visualisation et correction des données (couples distance cote)

Calcul des caractéristiques d'une section (série de couples cote (aire, périmètre, largeur, rayon hydraulique, profondeur).

Edition à l'écran ou sur imprimante du tableau des caractéristiques par pas de hauteur fixe

Tracé à l'écran ou sur traceur (Epson) HI 80 des diverses courbes correspondantes.

PERLES

**Prévision, Etalonnages, Réception,
Lectures d'Echelles**

OMS/OCP - Eric SERVAT et al

SRDA ARGOS / PC ou compatible - écran graphique

Logiciel de détermination des doses d'insecticide à utiliser en fonction des biefs des rivières à traiter dans le cadre de la lutte contre l'onchocercose.

Constitué de deux parties :

- . une partie installée sur une Station de Réception Directe Argos (SRDA);
- . une partie installée sur un micro-ordinateur relié à la station.

FONCTIONS

Partie station de réception : gestion des tables de transfert, contenant les numéros des balises Argos des stations limnigraphiques à prendre;

Partie micro-ordinateur : deux groupes de fonctions sont distincts :

- a) premier groupes de fonctions : réception des données transmises par la SRDA; gestion des étalonnages des stations des référence; calcul et édition de débits et de doses d'insecticide à utiliser en fonction des biefs à traiter.
- b) deuxième groupe de fonctions : réservé aux hydrologues. C'est l'ensemble des méthodes de calage des paramètres des méthodes de prévision de débits aux biefs de rivière à traiter (5 méthodes de prévision sont disponibles : propagation par la méthode Hayami, modèle auto-régressif, corrélation entre stations, méthode empirique propre à OCP, et modèle de tarissement.

EMILE

**Ensemble modélisateur Intégré
pour le calcul des lames d'eau**

E. SERVAT

PC ou compatible - écran graphique

Programmation de trois modèles globaux (GREC, GR3 et MODGLO) au pas journalier.

Calage manuel ou automatique des paramètres

Définition des bassins versants

Exploitation des résultats (tableau, graphique)

Appréciation des divers modèles ou calage par critères numériques fixés

Reconstitution de séries manquantes

HYDRAM

**Systeme informatisé
d'aide à la planification
des HYDro-AMénagements**

J-C POUGET

Station de travail sous UNIX

L'élaboration d'HYDRAM s'inscrit dans les problématiques de l'ORSTOM en matière de recherche méthodologique portant sur l'élaboration d'outils évolutifs, adaptés aux enjeux essentiels relatifs à la gestion rationnelle des ressources naturelles renouvelables.

Développé au Centre ORSTOM de la Guadeloupe, HYDRAM est un système informatique d'aide à la décision dans l'aménagement des eaux et à la planification des hydroaménagements.

L'ORSTOM a une longue expérience d'élaboration de modèles de simulation d'aménagement. Ces modèles nécessitaient cependant un développement informatique spécifique. L'originalité essentielle d'HYDRAM réside dans sa fonction de conception interactive des hydroaménagements, permettant de s'affranchir de la définition a priori d'un schéma topologique.

HYDRAM représente à ce jour un développement effectué sur station de travail de type SUN en langage orienté objet de plus de 6 hommes-années.

HYDRAM permet la modélisation de la gestion de la ressource en eau, à l'échelle de la région ou de grands bassins, de la desserte en eau en fonction de besoins hiérarchisés et de ressources mobilisées évolutifs. Il permet d'évaluer les conséquences prévisibles de scénarios d'aménagement, en favorisant la perception globale des systèmes d'eau : distribution d'eau potable, irrigation, production électrique, etc...

La mise à disposition d'un tel outil, pour les décideurs, planificateurs et gestionnaires apporte une aide effective dans la gestion rationnelle des ressources, par ses possibilités d'identification, d'exploration, d'analyse et de synthèse des systèmes d'eau.

PLUVIOM

**Logiciel de gestion et de traitement
de données pluviométriques**

J. GUISCAFRE - P. RAOUS

PC ou compatible - écran graphique

Saisie, consultation, correction de données pluviométriques (pas de temps journalier, pas de temps variables).

Saisie, consultation, correction des données relatives aux postes (stations, appareillage).

Editions diverses (annuaires, tables, inventaires)

Préparation de données pour utilisation hors PLUVIOM (extraction de données à pas de temps quelconque dans des fichiers de travail de format divers).

Echange de données.

Mise à jour de données à partir de périphériques divers (numériseurs, cartouches magnétiques).

UTILPLUV

**Utilitaire de traitement de données
pluviométriques**

P. CHEVALLIER

PC ou compatible - écran graphique

Conversion des données pluviométriques des banques de données brésiliennes (SUDENE DNAEE) au format PLUVIOM

Extractions de données journalières ou mensuelles et annuelles de pluies à partir d'un fichier de pluies journalières, extrait de PLUVIOM, pour traitement dans MVR, DIXLOIS ou autre.

GEXPLU

**Logiciel d'exploitation de données
pluviométriques**

P. VAUCHEL

PC ou compatible

Au niveau de la gestion des données, GEXPLU permet :

- de déclarer jusqu'à 12 répertoires de données possibles
- la création de fichiers journaliers, mensuels et annuels opérationnels
- le choix du début de l'année hydrologique, l'heure de début du jour pluviométrique
- de définir par donnée journalière un code divisé en 3 niveaux
 - qualité
 - représentativité (traces, cumulé, partiel)
 - nature (rosée, grêle, neige)

Au niveau des traitements, GEXPLU assurera :

- le calcul de la pluviométrie moyenne par Thiessen
- la création de fichiers spatio-temporels
- la création de fichiers de pluies décennales
- l'extraction de pluies maximales journalières
- la visualisation graphique des pluviogrammes
- l'étude des averses :
 - pluies utiles et excédentaires
 - hyétoigrammes classés et centrés
 - indices de Wishmeir

Par ailleurs, GEXPLU reprend les fonctionnalités de certains modules développés par ailleurs (ANALEV, UTILPLUV, BADINAGE...)

M.V.R.

**Méthode du Vecteur Régional
pour la critique, l'homogénéisation
et la synthèse de données pluviométriques**

G. COCHONNEAU , G. HIEZ

PC ou compatible - écran graphique - RAM 540 Ko

Administration de données (introduction ou mise à jour de données, visualisation, constitution de régions)

Constitution du vecteur régional, à partir des données appartenant à une région définie dans le point précédent.

Critique des données brutes ponctuelles, par comparaison avec les valeurs synthétiques définies par le vecteur régional.

Exploitation du vecteur (trace d'isohyètes, élaboration de données homogénéisées, etc...)

DIX LOIS

**Analyse probabiliste
d'échantillons de données**

T. LEBEL , J-F BOYER

PC ou compatible - écran graphique

Gestion d'échantillons (saisie, sauvegarde).

Traitement (ajustement des lois de probabilité théoriques usuelles continues ou discrètes, par diverses méthodes : moments, maximum de vraisemblance).

Tracé des graphiques d'ajustement à l'écran, ou sur traceur au standard HPGL.

<p style="text-align: center;">SAFARHY Statistiques et Analyse Fréquentielle Adaptées aux Risques HYdrologiques</p>
--

J-F BOYER, J-M MASSON, H.LUBES,

PC ou compatible - écran graphique

SAFARHY est un logiciel d'ajustement de lois statistiques usuelles en cours de développement au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM dans le cadre d'un projet commun avec le L.H.M. (Université de Montpellier UM II). Il est prévu que cet outil remplace à terme l'actuel logiciel DIXLOI auprès des hydrologues ORSTOM et des services hydrologiques nationaux des pays partenaires. La version 2 sera disponible en fin d'année 1993.

Le logiciel dispose des fonctions suivantes :

- 1) gestion élémentaire d'échantillons (saisie-correction, sauvegarde-restauration, importation d'échantillons provenant d'autres logiciels du même type (ALED, 10LOIS version 1), exportation en fichier 'texte' colonne, fusion de plusieurs échantillons,
 - 2) visualisation de l'échantillon (histogramme, 'chronologique' - tracé des valeurs dans l'ordre de leur saisie -; distribution mensuelle - cas des données datées -),
 - 3) calcul de tous les paramètres statistiques calculables et utiles (moyennes, dispersion, dissymétrie, aplatissement) sur la variable brute et sur quelques transformées (racine carrée, logarithme),
 - 4) ajustement de lois discrètes (géométrique, binômiale négative, fuites) ou continues (normale, Gumbel, gamma incomplète, Jenkinson, Weibull, exponentielle), sur la variable brute ou transformée (racine carrée, logarithme), par la méthode des moments, du maximum de vraisemblance, ou spécifique (cas de la loi de Jenkinson). Possibilité d'ajuster ou de fixer un paramètre supplémentaire,
- NB : l'utilisateur est orienté dans le choix du type de loi par un tableau de décision établi après analyse des caractéristiques de l'échantillon.*
- 5) visualisation du tracé des fonctions de répartition théorique et empirique (possibilité de calculer cette dernière par deux formules usuelles). Possibilité de faire figurer sur le graphique l'intervalle de confiance (sélection parmi trois seuils usuels : 90, 95, 99%). Superposition possible des ajustements de plusieurs lois,
 - 6) restitution sur imprimante graphique (nombreux drivers disponibles) ou sur traceur au standard HP-GL,
 - 7) calcul des quantiles pour des probabilités choisies ou des probabilités pour des quantiles choisis (si les données le permettent, l'estimation de la période de retour est possible),
 - 8) évaluation de la qualité des ajustements par examen d'un tableau synthétique résumant les résultats de tests classiques (χ^2 , A),
 - 9) sauvegarde des résultats obtenus pour examen ou édition ultérieurs,
 - 10) traitement par lot sur de nombreux échantillons et/ou de nombreuses lois.

DEMIURGE
Digital Elevation Model In Urgency
TOPOLOG - OROLOG - LAMONT

C. DEPRAETERE

PC ou compatible - écran graphique

Chaîne de logiciels permettant la production et le traitement de modèles numériques de terrains. L'ensemble constitue un logiciel de traitement d'image dédié à l'analyse du relief. Le logiciel DEMIURGE doit permettre de prendre en compte la géomorphologie des bassins versants dans la simulation des écoulements de surface.

- TOPOLOG

- . numérisation de contours de niveau par tablette, configurable par le logiciel.
- . planimétrie et curvimétrie ; résultats sauvegardés.

- OROLOG

- . pré-traitement des données issues de TOPOLOG (tri des courbes de niveau, conversion coordonnées, correction).
- . interpolation des données issues de TOPOLOG (ou semblables) pour production d'un MNT de caractéristiques paramétrables par l'utilisateur (pas de résolution, intervalle des courbes de niveaux).

- LAMONT

- . création de données issues du MNT (données de pente, d'exposition, de convexités, de courbures, typologie des sites, drainage).
- . correction automatique et/ou interactive du modèle de drainage.
- . calcul de caractéristiques hydrologiques (surfaces drainées, longueur de drain le plus long, distance à l'exutoire, accroissement des surfaces drainées aux points de confluence, etc).
- . nombreuses visualisation (courbes isovaleurs, vues perspectives, etc).
- . élaboration de diagrammes divers (profils en long de bassin, de talwegs, hiérarchisation bief/confluence).
- . restitution sur imprimante via le logiciel PIZAZZ (non fourni).

Récapitulatif des logiciels et utilitaires sur stations de travail

<u>Thème</u>	<u>Nom</u>	<u>Provenance</u>	<u>Fonction</u>
Géographique	SAVANE	Logiciel ORSTOM	S.I.G.
Traitement image	PLANETE	Logiciel ORSTOM	
Modèles	LACMOD	ORSTOM + Ecole des Mines	Modèle hydrologique distribué
	ECOUL	LIA ORSTOM	Transferts hydriques dans sol non saturé
Cartographie	ACA	L.H.	Digitalisation de cartes
	RASCA	L.H. + Guadeloupe	Rasterisation de courbes
	LEICA	L.H.	Extraction cartes à partir d'une banque de données mondiale
	CARTOVL	L.H. + Niamey	Visualisation cartes, tracé d'isovaleurs
Géostatistiques	SPLINE	L.H. + Niamey	Interpolation spatiale par Spline
	KRIGE	L.H. + Niamey	Interpolation spatiale par Krigeage
	VARIO	L.H. + Niamey	Calcul variogrammes
	STATCALC	L.H. + Niamey	Statistiques de base
MNT	LEIA	L.H.	Extraction MNT d'un fichier mondial
Divers	STATIONS	L.H.	Gestion de stations
	FTS	L.H. + Mexico	Passerelles entre fichiers
Outils Fortran	outils.a	L.H.	Projections géographiques
	projec.a	Météo Lannion	Fichiers FTS
	fts.a	L.H.	Librairie d'accès aux fichier FTS

L.H. : Laboratoire d'Hydrologie - Montpellier
L.I.A. : Laboratoire d'Informatique Appliqué - Bondy

EFFECTIFS
FORMATION DIPLOMANTE - FORMATION CONTINUE
1988 à 1992

