

## HYDROM : UN LOGICIEL DE GESTION DES DONNÉES D'UN RÉSEAU D'OBSERVATION HYDROMÉTRIQUE.

Gérard Cochonneau  
(Informatique-Hydrologie)  
(UR 502, Cadres spatiaux de l'Indépendance Alimentaire)

EMBRAPA  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria  
SuperCenter Venâncio 2.000  
70333 Brasilia, DF (Brésil)

**RESUME** - Utilisé par le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM (où il a été développé) et par certains services hydrologiques de pays Africains, HYDROM est un logiciel qui permet la saisie, la gestion et l'exploitation classique des données issues d'un réseau d'observation hydrométrique.

A l'origine, l'information à gérer se compose :

- de bordereaux de hauteurs d'eau remplis par des observateurs, quotidiennement ou plusieurs fois par jour ;
- d'enregistrements graphiques de hauteurs d'eau, provenant de limnigraphes ;
- d'enregistrements sur mémoire EPROM, provenant également de limnigraphes ;
- de rapport de tournées d'inspection ou d'installation de stations d'observation ;
- de résultats de campagnes de mesures de vitesses.

En raison de cette diversité, différentes techniques (saisie manuelle, digitalisation, lecture de cartouches de mémoire, dépouillement de campagnes de mesure) sont utilisées pour introduire ces données de base dans les fichiers correspondants (identification, historique des stations, hauteurs d'eau, jaugeages).

Le logiciel permet également la gestion des fichiers des données élaborées ou calculées à partir des données de base (étalonnages, débits instantanés, débits journaliers).

Une place importante est réservée à l'édition de ces informations sous forme de tableaux ou de graphiques utilisés pour contrôler la qualité des données ou pour des publications (annuaires notamment). Enfin, HYDROM possède des utilitaires pour intégrer des fichiers de données hydrométriques déjà saisies dans un autre contexte, extraire des données sous forme de fichiers en

format ASCII, préparer un fichier utilisable par d'autres logiciels (statistiques, modèles mathématiques pluies-débits).

Deux versions parfaitement compatibles sont opérationnelles, les données pouvant transiter de l'une à l'autre :

- une version pour micro-ordinateur IBM-XT ou compatibles qui permet une exploitation complète et décentralisée des données d'un bassin, d'un fleuve, d'un service ou d'une section outre-mer ;

- une version moins riche implantée sur gros système (CNUSC) et utilisée pour gérer la banque complète du Laboratoire d'Hydrologie.

Indépendamment du volume du logiciel (60 fonctions accessibles par 13 menus), de la variété des périphériques connectés (table à digitaliser, table traçante, lecteur de mémoire EPROM), il convient de signaler un certain nombre de points décisifs lors du développement :

- la définition du logiciel par enquête auprès des futurs utilisateurs ;

- les contraintes imposées par le matériel (une première version développée sur la configuration Mini-6/CIRCE de Bondy a été remise en question par le transfert du Laboratoire d'Hydrologie et son équipement en micro-informatique) ;

- les avantages et les inconvénients du langage principal (Cobol) choisi par continuité avec la première version ;

- la nécessité d'utiliser un autre langage (Basic) pour les graphiques ;

- l'accès aux fonctions du logiciel par des menus et la saisie des données et des requêtes à l'aide de grilles de saisie aussi bien sur micro-ordinateur que sur gros système ;

- la décision de développer un gestionnaire d'écran (MASQUE) et certains outils de manipulation de répertoires ;

- l'implantation du logiciel inachevé en trois lieux différents (dont une configuration en réseau de micro-ordinateurs), afin de le tester en vraie grandeur avant sa diffusion plus générale.

## 1. HISTORIQUE, OBJECTIFS

En 1967, le Bureau Central Hydrologique de l'ORSTOM, basé à Paris, a décidé d'informatiser la gestion des données issues des réseaux d'observation hydrométrique exploités par les sections hydrologiques Outre-Mer. Deux raisons ont motivé cette décision :

- le grand volume de données déjà collectées par les réseaux de plus en plus denses installés dans pratiquement tous les pays d'Afrique francophone depuis 1950 ;

- le bénéfice qui pourrait être tiré de cette gestion informatique pour exploiter ces données par calcul automatique.

Une fois définis les formats dans lesquels seraient conservées les données, le BCH s'est doté d'un atelier de saisie équipé d'une table à digitaliser et de perforatrices de cartes, support choisi pour stocker l'information. Parallèlement, en l'absence de personnel spécialisé, les hydrologues affectés ou de passage au BCH ont été formés au langage Fortran, choisi pour développer les programmes de gestion et d'exploitation sur les ordinateurs installés au CIRCE, centre de calcul du CNRS.

Au cours des années suivantes, un certain nombre de programmes ont été mis au point pour constituer, sinon un logiciel de banque de données, du moins un ensemble cohérent permettant le contrôle et l'exploitation des données saisies.

A partir du milieu des années 1970, les données ont été conservées sur des bandes magnétiques, la carte perforée restant le support primaire utilisé pour la saisie. Cette amélioration s'est faite sans modification des formats de données, en introduisant de nouveaux programmes de gestion, de mise à jour et d'extraction des données écrits pour la plupart en langage Cobol. Les moyens d'accès au centre de calcul ont eux aussi suivi l'évolution technologique, passant du triporteur à un terminal lourd avec lecteur de cartes, imprimante et lecteurs de bandes magnétiques.

Ce n'est qu'en 1981 que l'installation d'un mini-ordinateur au centre ORSTOM de Bondy a permis d'envisager une modernisation de la saisie des données et de l'accès au centre de Calcul et par conséquent à la banque de données. Plutôt qu'une simple adaptation de l'existant, et compte tenu de l'expérience acquise pendant les dix ans d'exploitation du système antérieur, une refonte complète a été décidée, entraînant la création de nouveaux fichiers de données jusqu'alors non informatisées, la modification du contenu des fichiers déjà gérés et, parfois, la définition de nouveaux algorithmes. Le nouveau système ainsi défini, nommé Hydrom, a été développé et utilisé partiellement jusqu'à sa presque conclusion à la fin de 1984 quand le Laboratoire d'Hydrologie s'est transféré à Montpellier.

Plusieurs faits concomitants ont alors conduit à réexaminer les orientations prises précédemment. Tout d'abord, le changement d'équipements informatiques disponibles : si l'accès à un centre de calcul (CNUSC) restait possible et s'améliorait puisque réalisé à travers des terminaux interactifs et non plus en "batch", le Mini-6 était remplacé par des micro-ordinateurs IBM-PC qui allaient ensuite être connectés en réseau. D'autre part, la mise à disposition des sections Outre-Mer de micro-ordinateurs permettait d'envisager une saisie et une exploitation locales des données hydrométriques collectées, décentralisation souhaitée aussi bien

par le Laboratoire surchargé de données à saisir que par les hydrologues expatriés, soucieux d'étudier leurs données le plus rapidement possible et in situ. Enfin, le transfert de plus en plus fréquent depuis les années 1970, de la responsabilité de l'exploitation des réseaux d'observation des sections ORSTOM aux services hydrologiques nationaux prouvait, comme le point précédent, la nécessité d'un outil de gestion décentralisable.

Une version d'Hydrom pour Goupil-III sous système d'exploitation Flex-9 a été développée à partir du milieu de l'année 1984 par Ph. Vauchel. Elle n'a pas été menée à son terme, faute de temps, et a perdu de son intérêt dès l'arrivée de l'IBM-PC. Dans sa version incomplète, elle a cependant rendu des services aux sections équipées de Goupil-III, en attendant la disponibilité de la version IBM-PC.

Diffusé en 1986 dans sa version actuelle, Hydrom a été développé au Laboratoire d'Hydrologie de Montpellier pour répondre à deux objectifs :

- le gestion et l'exploitation de la banque complète des données hydrométriques collectées par l'ORSTOM depuis l'origine des réseaux d'observation ;
- la gestion et l'exploitation décentralisées d'une partie de ces données, observées récemment sur place ou extraites de la banque complète.

Il existe donc une version du logiciel opérationnelle sur un gros centre de calcul (CNUSC) et une version opérationnelle sur les micro-ordinateurs de la famille IBM-PC, chacune d'elles intégrant des procédures d'échange de données avec l'autre. Ces deux versions sont parfaitement compatibles, en dépit des matériels et des outils différents utilisés et leur partie commune est vue par l'utilisateur de façon identique : mêmes menus, mêmes grilles de saisie, mêmes sorties imprimantes.

La figure 1 montre la succession dans le temps des versions successives, sans distinguer la période de développement de la période d'utilisation. Les flèches simples montrent que la version IBM-PC a été développée en profitant des programmes de la version Mini-6/CIRCE et que la version CNUSC a été une adaptation de la version IBM-PC. Les flèches doubles schématisent la compatibilité des données gérées par les différentes versions.

## 2. DESCRIPTION DES DONNÉES

### 2.1. Généralités sur l'hydrométrie

La finalité principale d'un réseau d'observation hydrométrique est de connaître, de manière continue, le débit des cours d'eau. Pour cela, l'hydrologue choisit certains endroits qu'il juge

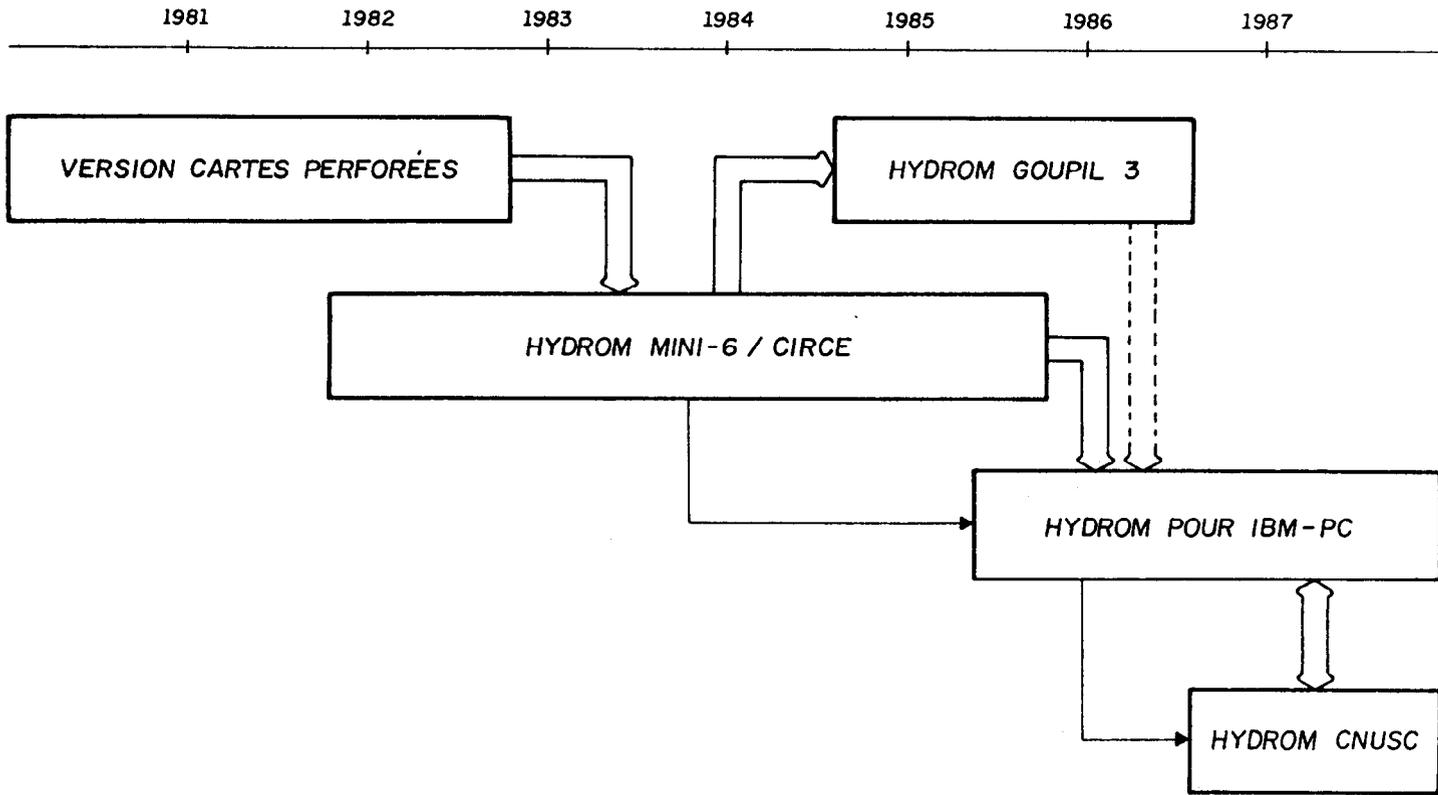


Figure 1 - Chronologie des différentes versions du logiciel.

intéressants par leur situation pour y installer une station de mesure qui contrôle les écoulements d'un bassin versant. Comme il n'est pas envisageable de mesurer directement les débits (méthodes coûteuses et peu adaptées aux conditions naturelles), on est conduit à mesurer continuellement les cotes du niveau d'eau (à l'aide de capteurs : batterie d'échelles, capteur de pression, flotteur, etc...) et à les traduire en débits grâce à une courbe d'étalonnage de la station qui fournit la relation entre la cote et le débit. Cette relation est établie expérimentalement à la suite de mesures (de vitesse en général) qui permettent de connaître le débit correspondant à la cote du niveau d'eau lors de la mesure. Ces mesures, appelées jaugeages, doivent être réalisées en différentes saisons, pour obtenir des couples cotes-débits bien répartis sur la plage de variation du niveau du cours d'eau, et de façon régulière pour accompagner l'instabilité de la relation hauteur-débit qui peut varier au cours du temps, à la suite notamment de modifications du lit de la rivière. Chaque modification importante impose de définir une nouvelle courbe d'étalonnage.

Une fois la station de mesure installée, son exploitation classique comprend donc une collecte continue des mesures de la cote des niveaux d'eau par un observateur ou un système enregistreur, des campagnes de jaugeages et des tournées d'inspection et d'entretien de périodicité variable. La partie supérieure de la figure 2 montre, de façon schématisée, les différentes étapes de cette exploitation et les informations produites par chacune d'elles.

## 2.2. Description des informations de base

Nous allons classer ces informations en six catégories en fonction de leur nature et du support sur lequel elles se présentent avant traitement. Nous distinguons ainsi :

- les informations signalétiques connues dès l'installation de la station (situation, équipement), les divers incidents constatés et les travaux effectués lors des tournées d'inspection ; ces données sont collectées en format libre sous forme de rapports de tournées voire même relatées par les hydrologues dans leur rapport d'activité mensuel, comme ce fut le cas à une certaine époque ;

- les fiches de jaugeages qui nécessitent d'être dépouillées avant de produire les informations utiles à l'hydrologue ; à titre d'exemple, dans le cas des jaugeages au moulinet, les données collectées (coordonnées des points de mesure dans la section de la rivière, nombre de tours effectués par l'hélice pendant un temps déterminé) sont ensuite intégrées sur toute la surface pour donner le débit total, la vitesse moyenne, la section mouillée ;

- les bordereaux mensuels de cotes, remplis par un observateur une ou plusieurs fois par jour à heures fixes ; les

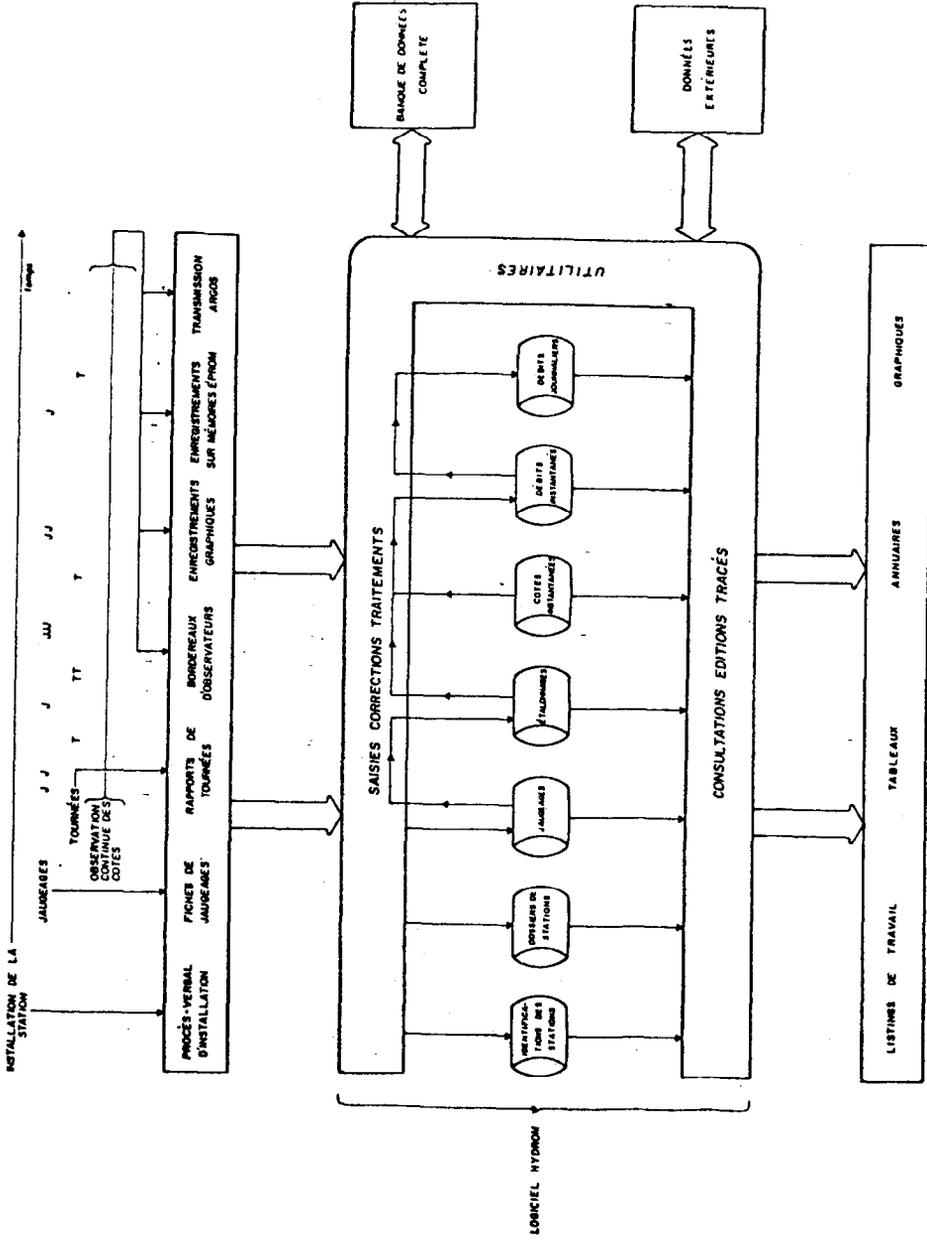


Fig. 2 - Interactions schématisées entre le logiciel et les informations administrées

bordereaux de débits, plus rares, obtenus à une usine hydro-électrique par exemple ;

- les enregistrements graphiques continus de cotes, collectés selon une périodicité variable (journalière, hebdomadaire, mensuelle) selon le régime du cours d'eau, la précision de l'information souhaitée ou l'accessibilité de la station ;

- les cotes enregistrées sur cartouches de mémoire EPROM par les limnigraphes équipés de centrale CHLOE ;

- les cotes télétransmises par les stations équipées de balises ARGOS et reçues en temps réel via une station de réception.

### 3. DESCRIPTION DU SYSTEME

Le but n'étant pas d'entrer ici dans une description détaillée du logiciel qui énumérerait toutes les fonctions disponibles, nous allons, dans ce chapitre, donner un aperçu de l'organisation des données, des services disponibles classés en quatre catégories (saisie contrôlée, traitements, sorties, utilitaires) et de la documentation. Le logiciel est décrit plus en détail par ailleurs, notamment dans la note qui est diffusée à titre de présentation.

#### 3.1. Organisation des données

Les données décrites ci-dessus sont organisées en sept fichiers principaux (voir partie centrale de la figure 2) :

- identification des stations,
- jaugeages,
- étalonnages,
- dossiers de stations,
- cotes instantanées,
- débits instantanés,
- débits journaliers.

Chacun de ces fichiers fait l'objet d'un sous-système du logiciel accessible à l'utilisateur à partir d'un menu principal. Un huitième sous-système rassemble des procédures utilitaires d'extraction, d'échange de données. Ces sous-systèmes ne sont pas d'égale importance, certaines des fonctions qu'ils offrent atteignent elles-mêmes la taille d'un sous-système : les dépouillements des enregistrements de cotes, graphiques ou sur mémoire EPROM, sont parmi celles-là.

Deux fichiers supplémentaires, que nous qualifierons de secondaires, sont éventuellement nécessaires en fonction des équipements utilisés : il s'agit des fichiers des caractéristiques des hélices utilisées pour jauger et des caractéristiques de l'appareillage utilisé pour enregistrer les cotes.

Tous ces fichiers sont organisés de façon séquentielle-indexée. Les données qu'ils contiennent sont, pour la plupart, codées en binaire et rassemblées en enregistrements logiques de longueur fixe ou variable, selon la nature des données.

L'organisation physique a été pensée de manière à rendre aussi souple que possible l'utilisation du système sur des configurations aussi différentes qu'un micro-ordinateur isolé ou un réseau de micro-ordinateurs utilisés par un service décentralisé ou encore le centre de calcul CNUSC à Montpellier. Pour chaque implantation du système, les fichiers énumérés ci-dessus sont divisés en deux classes :

- les fichiers communs à l'implantation : identification des stations, hélices, appareillage des limnigraphes ; ils contiennent des informations qui intéressent tous les utilisateurs de la banque ;
- les fichiers propres à un utilisateur : tous les autres types de fichiers constitués uniquement des données propres à une étude, à une station, à une rivière, à un bassin, à une année d'un groupe de stations, etc..

Prenons pour exemple l'organisation que nous conseillons à un service hydrologique équipé d'un micro-ordinateur :

- un répertoire R0 où se trouve le logiciel ;
- un répertoire R1 des fichiers d'intérêt commun ;
- un répertoire R2 où se trouvent les autres fichiers de la banque des données hydrométriques complètes du réseau placé sous la responsabilité du service ;
- un répertoire R3 qui contient les données collectées pour l'année en cours.

Le répertoire R2 n'est donc pratiquement accédé qu'en consultation alors que les mises à jour, les critiques et les corrections des données récentes se font dans les fichiers du répertoire R3, peu volumineux donc plus aisés à manipuler et à sauvegarder après chaque altération importante. A la fin de l'année, quand toutes les données sont en place, elles sont intégrées à la banque complète. Sur le centre de calcul, la terminologie est différente mais l'organisation reste la même.

Dès l'entrée dans le logiciel, l'utilisateur doit indiquer l'étude sur laquelle il va travailler, ce qui suffira à identifier le répertoire où se trouvent les fichiers qu'il va utiliser, et dispose ensuite des fonctions offertes dans le menu des utilitaires pour extraire des données de la banque générale ou les échanger d'une étude à une autre, ou même d'une implantation à une autre par l'intermédiaire de disquettes ou par transmission de fichiers dans le cas d'un micro-ordinateur relié au CNUSC.

### 3.2. Saisie contrôlée

Tous les fichiers et les tables sont gérés par une fonction interactive de saisie, correction, suppression à l'aide de grilles d'écran. Un maximum de contrôles, faisant parfois intervenir d'autres fichiers (identification des stations), sont effectués pour interdire l'intrusion de données erronées dans les fichiers. Cette fonction permet également de consulter les informations du fichier.

L'utilisation de touches de fonction programmées (duplication de champs notamment) est généralisée pour aider l'opérateur dans ses tâches de saisie. La signification des touches autorisées est documentée en permanence sur l'écran quand cela est possible ou peut défiler sur la dernière ligne de l'écran, à la demande de l'utilisateur.

Pour introduire des données dans certains fichiers, il existe, en plus de la saisie/correction directe, d'autres fonctions plus complexes :

- la numérisation des enregistrements graphiques de cotes sur une table à digitaliser connectée par liaison série ;
- le transfert du contenu des cartouches de cotes par un lecteur de mémoires EPROM, connecté par liaison série ;
- le transfert des cotes télétransmises de la station de réception, toujours par liaison série ;
- le dépouillement des fiches de jaugeages.

### 3.3. Traitements

Certains fichiers sont aussi alimentés par calcul automatique à partir des données d'autres fichiers : les débits instantanés sont obtenus par traduction automatique des cotes à l'aide des étalonnages, les débits journaliers sont calculés à partir des débits instantanés. Tous ces traitements sont requis par l'utilisateur à travers des grilles d'écran qui lui permettent de sélectionner les stations et les périodes à considérer et réalisés immédiatement après, toujours en mode conversationnel pour informer l'opérateur du déroulement du traitement. Un compte rendu final est imprimé qui relate les opérations effectuées et les éventuelles anomalies rencontrées.

### 3.4. Sorties imprimées, graphiques

Pour toutes les informations gérées par le logiciel et pour les résultats obtenus à la suite de traitements classiques, des procédures d'impression sont prévues, en général sous plusieurs formes : inventaires, listings de travail, listings destinés à des publications. D'autre part, l'accent a été mis sur l'importance des graphiques, aussi bien pour contrôler la qualité des données saisies ou les comparer entre elles que pour des publications. Comme pour tout le

reste, les impressions et les graphiques sont requis en utilisant des masques d'écran.

Les graphiques sont visualisés par défaut sur l'écran, l'échelle peut être redéfinie et l'utilisateur peut profiter d'effets de zoom en sélectionnant une partie du graphique à l'aide d'un curseur mobile, pour la représenter à plus grande échelle. A tout moment, au cours de ces manipulations, le graphique affiché sur l'écran peut être obtenu, par une simple touche de fonction, sur imprimante ou sur table traçante.

### 3.5. Utilitaires

Nous avons déjà vu leur importance pour échanger les données entre différentes configurations qui utilisent le logiciel Hydrom. Il convient d'y ajouter la possibilité qu'ils offrent de recevoir et fournir des données dans un format séquentiel en clair, permettant ainsi d'envisager d'une part, de gérer avec le logiciel des données déjà saisies dans un autre format, d'autre part, de fournir à un utilisateur, sur support magnétique, des données extraites de la banque Hydrom dans un format facilement lisible. D'autres fonctions d'extraction plus spécifiques produisent des fichiers qui peuvent alimenter les modèles pluies-débits développés par l'UR 504 et un logiciel d'ajustement à des lois statistiques.

### 3.6. Fichier "Journal"

Chaque opération réalisée est datée et consignée dans un fichier qui peut être imprimé à la fin de chaque session puis détruit. Une bonne gestion du document imprimé peut permettre de contrôler les altérations faites dans les fichiers et notamment de reconstituer un fichier, en récupérant une sauvegarde antérieure et en refaisant toutes les mises à jour mémorisées depuis la date de la sauvegarde.

### 3.7. Documentation

La documentation diffusée se divise en plusieurs fascicules qui visent à intéresser des personnes différentes :

- une présentation du logiciel qui sera prochainement remplacée par une plaquette plus "commerciale" ;
- un manuel de l'utilisateur, qui fait la liaison entre l'hydrométrie proprement dite et le logiciel ; illustré par des exemples, il est indispensable pour préparer la mise en oeuvre des différentes fonctions ;
- un manuel de l'opérateur, qui fournit notamment toutes les informations utiles lors de la mise en oeuvre du logiciel sur les terminaux et les micro-ordinateurs (messages d'erreurs possibles, dispositions à prendre, etc.) ;

- un manuel d'aide au développement d'applications particulières : il contient, sous forme d'exemples commentés écrits en quatre langages (Basic, Cobol, Fortran et Turbo-Pascal), des routines d'accès aux fichiers de données extraits d'Hydrom par l'intermédiaire des procédures utilitaires ; ce manuel est destiné aux utilisateurs désireux de développer leurs propres applications en utilisant les données gérées par Hydrom et sans risque d'altérer les fichiers originaux.

#### 4. DIFFUSION DU LOGICIEL

La version d'Hydrom pour micro-ordinateurs est diffusée de plusieurs manières. La plus classique consiste à fournir le logiciel et sa documentation aux hydrologues de l'ORSTOM qui en font la demande et qui ont accès à un matériel compatible. En complément, le ou les hydrologues concernés profitent parfois de leur passage à Montpellier pour se familiariser avec l'utilisation du logiciel, au cours d'un stage pratique d'une ou deux journées.

Dans le cas de services hydrologiques nationaux, la politique du Laboratoire d'Hydrologie est de céder gratuitement l'utilisation du logiciel et les fichiers de données déjà collectées aux stations qui relèvent maintenant de ces services. En contrepartie, un accord est passé afin que, chaque année, les fichiers de données nouvelles soient communiqués à l'ORSTOM et alimentent la banque de données générale. Ceci se fait souvent dans le cadre d'un accord plus vaste qui englobe d'autres activités, comme ce fut le cas pour la convention avec la République du Bénin (qui comprenait la remise en état du réseau d'observation) ou pour le projet "*Onchocercose*" de l'OMS.

Enfin, un troisième cas, plus rare, consiste à céder les programmes sources à une entité extérieure à l'ORSTOM en vue d'une adaptation du logiciel à un cas particulier. Cette cession est gratuite moyennant l'assurance :

- que les adaptations à réaliser soient mineures et ne remettent pas en cause les standards définis (formats de fichiers notamment) ;
- que la nouvelle version ainsi produite ne soit pas utilisée à des fins commerciales ;
- que l'ORSTOM soit cité aussi souvent que nécessaire comme auteur du logiciel.

Deux opérations de ce type sont en voie de réalisation ou de négociation. La première, avec le Ministère Français de l'Environnement, pour la partie du logiciel relative aux dépouillement des enregistrements graphiques et à la gestion des cotes instantanées ; des modifications étant nécessaires pour adapter le

logiciel à la numérotation des stations d'observation en vigueur en France. La seconde, avec l'EMBRAPA (Entreprise Brésilienne de Recherche Agro-Pastorale), l'adaptation principale consistant dans ce cas à une traduction du logiciel en portugais.

## **5. QUELQUES ÉLÉMENTS IMPORTANTS AU COURS DU DÉVELOPPEMENT**

### **5.1. Conception du système**

Une première consultation a été faite fin 1981 auprès de tous les hydrologues ORSTOM affectés ou de passage en France, afin de recueillir en vrac toutes les suggestions sur le contenu des fichiers et les fonctions que devrait être capable de réaliser le logiciel. Ce document a servi de base à l'élaboration par l'analyste d'une première proposition, discutée et affinée lors d'une réunion générale. Le développement a alors commencé et s'est poursuivi pendant une période d'environ un an au terme de laquelle une nouvelle consultation a eu lieu afin de présenter les résultats obtenus, examiner quelques points particuliers et surtout parvenir à un consensus sur certains problèmes mis en évidence par les développements déjà réalisés.

L'expérience et la culture informatique accumulées par les hydrologues lors de l'utilisation du système antérieur et le fait que la personne chargée de l'analyse et de la réalisation possédait déjà une expérience dans le domaine des banques de données hydrologiques ont grandement facilité le dialogue toujours difficile entre les utilisateurs finaux et l'analyste.

### **5.2. Influence de l'équipement informatique**

Le type de la configuration destinée à recevoir le logiciel opérationnel a eu une influence prépondérante sur la mise au point du logiciel au niveau de la définition du système, mais aussi au niveau des outils utilisés pour le réaliser.

#### *5.2.1. Influence sur la définition*

Le système dans sa version Mini-6/CIRCE était organisé de la façon suivante :

- gestion des données sur le CIRCE ;
- saisie des données et interrogation sur le Mini-6 ;
- transfert vers le CIRCE des données saisies pour mises à jour et sollicitations à réaliser en traitements par lots ;
- saisie et corrections programmées dans un esprit d'atelier de saisie : c'est à dire saisie de tout un lot de données par un opérateur non habilité à corriger des données douteuses, puis

retour à l'utilisateur qui prépare un lot de corrections qui seront ensuite effectuées par l'opérateur.

Tous ces points ont du être réexaminés à l'arrivée des micro-ordinateurs pour lesquels :

- le système devait exister en version complète et autonome ;

- l'interactivité des procédures de saisie et correction devait être augmentée pour correspondre à une utilisation différente : saisie et correction réalisées au coup par coup par l'hydrologue lui-même.

Beaucoup de programmes et de grilles d'écran ont ainsi du être profondément modifiés pour s'intégrer à cette nouvelle ambiance. Avec le recul, on se rend compte de l'économie qui aurait été réalisée si, dès 1981, le choix avait été fait de concevoir une version du système complète et autonome sur le Mini-6 et une version sur le CIRCE. Il est regrettable que ce bon choix n'ait pas été fait, mais pouvait-on prévoir, à l'époque, l'essor que prendrait la micro-informatique dans les années suivantes ?

### *5.22. Influence sur le choix des langages et des outils logiciels*

Lors de la définition de la première version, le choix du Cobol comme langage de programmation principal était évident, compte tenu de la bonne aptitude de ce langage à la gestion de données, partie du logiciel prépondérante comparée à la partie de calculs. L'homogénéité des compilateurs sur gros système permettant la communication entre divers langages, certains programmes appelaient des routines écrites en Fortran pour effectuer les calculs les plus complexes ou accéder à une bibliothèque graphique.

Lors du changement d'équipement provoqué par le transfert à Montpellier, deux alternatives se présentaient : continuer en Cobol ou choisir un langage plus répandu sur micro-ordinateur, comme le Basic ou le Pascal. Mises à part les qualités intrinsèques de chaque langage et ses performances sur un micro-ordinateur, un nouvel élément est apparu : comment adapter et ainsi viabiliser, le plus vite possible, un logiciel que l'on pouvait qualifier de mort-né, c'est à dire périmé par un changement d'équipements dès sa phase de conclusion, comme l'est devenue la version Mini-6/CIRCE à la fin 1984.

Tableau 1. Principaux langages et outils utilisés par la version actuelle d'Hydrom.

	Micro-ordinateur	Centre de calcul
gestionnaire de grilles d'écran	Masque	ISPF
langage de gestion de données	Level-II Cobol	Cobol
organisation de fichiers	Séquentiel Indexé	VSAM (KSDS)
langage pour les applications graphiques	Quick-Basic	---
langage pour certains calculs	Quick-Basic	Fortran
transfert de fichiers	Kermit IDEA3278	

Nous allons expliquer certains des choix résumés dans le tableau 1. Premier point important : la disponibilité d'un logiciel de grilles d'écran. En l'absence d'un tel outil adéquat utilisable en Level-II-Cobol, il a été choisi d'en développer un, appelé Masque (qui fait l'objet d'une autre communication de ce séminaire), conçu de façon à ressembler le plus possible dans sa syntaxe et surtout dans sa "philosophie" à celui utilisé précédemment, toujours dans le but d'accélérer l'adaptation sur micro-ordinateur.

Par son haut niveau de définition intégrant la plupart des extensions apportées à la norme Ansi-74 (notamment la gestion des fichiers séquentiels indexés), le Level-II-Cobol satisfaisait deux conditions importantes de compatibilité :

- compatibilité avec la version antérieure, permettant une adaptation sans traduction dans un autre langage des programmes déjà écrits ;
- compatibilité avec la version à développer sur le centre de calcul.

Il a donc été choisi pour toute la partie de gestion des données.

Cette dernière caractéristique de compatibilité a été un facteur favorable primordial lors de la mise au point de la version d'Hydrom sur le CNUSC. Les programmes écrits en Level-II-Cobol sont en effet pratiquement directement compilables sur le centre de calcul ; la seule adaptation nécessaire étant de substituer Masque par un autre logiciel de grilles d'écran, en l'occurrence ISPF. Le passage des fichiers séquentiel-indexés sur micro aux fichiers VSAM sur le CNUSC fut de plus totalement transparent, l'organisation séquentielle-indexée étant partie intégrante de la syntaxe du Cobol.

Par contre, la totale inadéquation du Cobol pour calculer ou pour les applications graphiques interactives envisagées sur micro-ordinateur, ajoutée à la non communicabilité entre les divers langages de programmation disponibles pour la famille IBM-PC a posé de réels problèmes. Ceux-ci ont été résolus en utilisant le langage Basic compilé et en développant des procédures d'accès aux fichiers séquentiels-indexés gérés en Cobol qui sont incompatibles avec les fichiers du même type reconnus par le Basic.

### 5.3. Tests en vraie grandeur

Si la première version Mini-6/CIRCE ou la version CNUSC sont conçues dans le cadre d'une implantation unique du logiciel, il n'en est pas de même de la version pour IBM-PC susceptible d'être implantée loin du lieu de développement et sur des matériels différents, compatibles (mais jusqu'à quel point ?). En plus du Laboratoire d'Hydrologie où les tests étaient faits sur micro-ordinateurs isolés ou connectés en réseau, deux sections outre-mer (Adiopodoumé et Madagascar) ont accepté d'utiliser Hydrom dès le printemps 1986, dans une version incomplète.

Tous ces tests utilisant une grande variété de données ont permis d'éliminer des erreurs parfois dépendantes des données utilisées et de mettre au point la technique à employer pour diffuser le logiciel (notice d'installation, manuel de l'utilisateur, manuel de l'opérateur).

## CONCLUSIONS

Dans ce chapitre, nous allons énumérer un certain nombre de conclusions issues de la mise au point d'HYDROM. Sans vouloir leur donner valeur de lois, il faut cependant reconnaître que le volume et la diversité des fonctions développées, les moyens utilisés, les difficultés rencontrées font que ces conclusions reposent sur une expérience assez complète. Il ne faut pas perdre de vue également que ces conclusions représentent seulement le point de vue de la personne qui a développé le logiciel.

### 1. Equipe de développement

Il faudrait éviter aussi souvent que possible de confier la réalisation d'un logiciel aussi volumineux à une seule personne. Outre le fait que plusieurs personnes ont évidemment plus d'idées qu'une seule, ce qui suscite une émulation bénéfique, une plus grande rapidité de mise au point aurait permis de conclure plus tôt les différentes versions du logiciel et, par conséquent, de rendre son cycle de vie plus en rapport avec l'évolution des équipements. La répartition des tâches entre les différents membres de l'équipe est plus délicate à planifier car elle dépend beaucoup des capacités et des aspirations de chacun et du fait que la phase génératrice de retards est la phase de programmation.

### 2. Methodologie

Sur ce point, la première impression qui transparait de l'expérience exposée précédemment semble indiquer qu'il est très possible de réaliser un logiciel sans méthodologie. En fait, le développement a été partagé en plusieurs phases :

- une phase de conception réalisée avec les futurs utilisateurs ;
- une phase d'analyse pour définir les différentes fonctions du logiciel et le contenu des fichiers,
- une phase de définition de programmes, de programmation et de tests.

La nécessité du découpage en plusieurs étapes est donc naturelle et n'a pas été mieux mise en évidence (éclatement de la troisième phase identifiée) dans notre cas particulier, à cause du fait qu'une seule personne travaillait sur le logiciel. Le plus grave est en réalité que cette méthodologie "*naturelle*" n'ait pas produit une documentation correcte qui faciliterait aujourd'hui la maintenance du logiciel ou les développements ultérieurs. Là encore, la constitution d'une équipe de développement aurait certainement catalysé la réalisation de cette documentation en la rendant nécessaire à la bonne compréhension du système par ses différents membres.

### 3. Convivialité

La qualité de l'interface avec l'utilisateur apparait comme un élément important du "*succès*" d'un logiciel, que ce soit la facilité d'utilisation, la présentation ou la documentation en ligne ou sur papier. Cette caractéristique a été considérablement renforcée par l'usage des micro-ordinateurs et des logiciels du commerce, ce qui fait que les utilisateurs sont de plus en plus exigeants. Sur ce point, l'effort qui a été réalisé dans HYDROM a été payant et a contribué à la mise en valeur du logiciel.

#### 4. Modularité

Dans le cas d'un système de grande envergure dont on sait que la mise au point complète sera longue, il est important d'identifier des modules plus ou moins indépendants (sous-systèmes), de les réaliser complètement et de les diffuser, même de façon restreinte. Cette mise à disposition d'une version incomplète, outre qu'elle rend crédible l'équipe de développement, peut aussi être enrichissante si les remarques justifiées de l'utilisateur sont prises en compte dans les développements ultérieurs.

#### 5. Choix des outils logiciels

Le choix des outils utilisés pour le développement peut avoir une grande influence sur la durée de la mise au point ou même la durée de vie du système. Ceci est encore renforcé quand plusieurs versions du logiciel sont prévues sur des matériels différents. Avant de définir les programmes, et parfois même avant de réaliser l'analyse si l'utilisation d'outils logiciels est envisagée lors de cette étape, il est indispensable d'étudier les outils disponibles (langages, gestionnaires de fichiers, logiciels de grilles d'écran) et d'imaginer les avantages qu'ils pourront apporter. Plusieurs facteurs sont à considérer : les performances lors de l'utilisation finale mais aussi la portabilité, les avantages apportés lors du développement, l'utilisation répandue ou non de ces outils à l'ORSTOM ou dans la structure d'accueil.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOYER (J.F.), COCHONNEAU (G.), DIEULIN (C.) et ROUCHE (N.), 1986 - *HYDROM, Manuel de l'opérateur.*

COCHONNEAU (G.), 1986 - *HYDROM, Manuel de l'utilisateur.*

COCHONNEAU (G.), 1985 - *HYDROM, Présentation.*

JACCON (G.) et SÉCHET (P.), 1980 - *Base de données hydroclimatologiques du nord-est brésilien.* Paris, ORSTOM, Série Hydrologie, vol XVII, 3-4.

ROCHE (M.), 1968 - *Traitement automatique des données hydrométriques et des données pluviométriques au Service Hydrologique de l'ORSTOM.* Paris, ORSTOM, Série Hydrologie, vol V, 3.

VAUCHEL (Ph.), 1985 - *HYDROM pour Goupil 3, Manuel d'utilisation.*