

ROYAUME DU MAROC

MINISTÈRE de L'ÉQUIPEMENT et de la PROMOTION NATIONALE

DIRECTION de L'HYDRAULIQUE

DIVISION DES RESSOURCES EN EAU

SERVICE HYDROLOGIQUE

ETUDE DE CAS CONCERNANT LES

BANQUES NATIONALES DE DONNÉES HYDROLOGIQUES

LAMACHÈRE J.M.

JUILLET 1979

ROYAUME DU MAROC
-
MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET
DE LA PROMOTION NATIONALE
-
DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE
-

ÉTUDE DE CAS CONCERNANT LES
BANQUES NATIONALES DE DONNÉES HYDROLOGIQUES

Juillet 1979
LAMACHÈRE J.M.

1 - INTRODUCTION

La Banque Nationale marocaine des données hydrologiques est de type centralisé.

Elle comprend les fichiers suivants :

- pluies journalières
- postes pluviométriques et pluviographiques
- points d'eau et stations hydrométriques
- matériel hydrométrique - courbes de tarage
- hauteurs d'eau
- jaugeages
- débits instantanés et débits moyens journaliers.
- mesures de transports solides
- volumes moyens journaliers transportés
- analyses chimiques
- mesures périodiques des niveaux de nappes
- intensités pluviométriques (en cours de mise au point)
-

Les fichiers ont été constitués et sont gérés par la Division des Ressources en Eau de la Direction de l'Hydraulique (Ministère de l'Équipement et de la Promotion Nationale) en étroite collaboration avec le Service Informatique de la Direction de l'Hydraulique.

La majeure partie des données figurant sur ces fichiers proviennent des archives de la Division des Ressources en Eau à l'exception des données pluviométriques journalières qui proviennent des archives du Service Météorologique National de la Direction de l'Air du Ministère des Travaux Publics et des Communications

.../...

2 - RENSEIGNEMENTS D'ORDRE GENERAL

Le Maroc couvre une superficie d'environ 650 000 km² comprise entre les parallèles 36 degrés et 24 degrés de LATITUDE NORD, les méridiens 2 degrés et 15 degrés de LONGITUDE OUEST.

Plaines, montagnes et plateaux se répartissent sur le territoire marocain en parts à peu près égales.

Les montagnes, orientées grossièrement SW-NE à l'exception du RIF orienté E-NW, dépassent fréquemment 3000 mètres d'altitude dans le RIF et l'ATLAS (4.161 mètres au Jebel TOUBKAL).

Les plaines et plateaux offrent des aspects variés liés à la nature du sous-sol et au climat.

Les grandes plaines (Rharb, Haouz de Marrakech, Souss, Tadla, basse Loulouya) sont formées de matériaux récents provenant des chaînes montagneuses qui les bordent.

Les plateaux versés ou rocailleux s'étendent largement sur le pays : plateau des phosphates, plateaux de Meknès - Fès aux riches cultures, hauts plateaux orientaux arides et plateaux hamadiens de type saharien.

Le réseau hydrographique des rivières issues du Rif et de l'Atlas est dense et actif.

Dans l'ensemble le climat du Maroc varie du type semi-aride humide dans le Tangérois, le Rif et l'Atlas (pluviosité supérieure à 800 mm/an) au type aride Saharien dans toute la partie sud du pays au delà de l'Anti-Atlas (pluviosité inférieure à 150 mm/an). C'est en fait la durée de la saison pluvieuse qui marque le plus les différences : de l'ordre de 6 mois au nord et à l'Ouest du pays, elle est inférieure à 2 mois au sud de l'Atlas. Au Maroc, les principaux utilisateurs des données hydrologiques sont :

- Le Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire pour la mise en valeur agricole, l'installation de périmètres irrigués et l'exploitation des eaux souterraines à des fins agricoles.

- Le Ministère de l'Équipement et de la Promotion Nationale dans le cadre de l'équipement hydraulique du pays (Direction de l'Hydraulique) pour la construction ou la gestion des grands barrages nationaux.

- Le Ministère des Transports et des Travaux Publics et plus spécialement la Direction des Routes pour le dimensionnement des ouvrages d'évacuation des eaux pour la protection des routes et chaussées,

- Le Ministère de l'Intérieur pour la protection des populations contre les inondations,

.../...

- L'Office National de l'Electricité, l'Office National de l'Eau Potable, les Offices de Mise en valeur Agricole et autres organismes.

Plusieurs organismes exploitent un réseau de stations météorologiques et pluviométriques :

- Le Service Météorologique National de la Direction de l'Air,
- L'Administration des Eaux et Forêts,
- La Division des Ressources en Eau de la Direction de l'Hydraulique,
- L'Office National de l'Electricité,
- le Ministère de l'Intérieur,
- Les Directions de Recherche Agronomique, de la Mise en Valeur Agricole et de l'Equipement Rural.

Par contre, un seul organisme exploite le réseau des stations hydrologiques au sens strict, cet organisme est la Division des Ressources en Eau.

La Division Exploitation des barrages gère quant à elle une vingtaine de retenues artificielles qui peuvent être considérées comme des stations hydrologiques d'un/ un peu particulier genre

L'Office National de l'Electricité gère également quelques retenues artificielles à vocation hydroélectrique.

.../...

3 - Situation des systèmes de rassemblement de données hydrologiques

3.1. Données pluviométriques et météorologiques Service Météorologique National

30 stations synoptiques
180 postes pluviométriques
70 stations climatologiques

De plus le Service Météorologique est à l'origine de l'Equipement d'un certain nombre de stations pluviométriques et météorologique gérées par d'autres organismes.

Administration des eaux et Forêts

250 postes pluviométriques
20 stations climatologiques

Division des Ressources en Eau

220 postes pluviométriques
74 stations climatologiques
65 pluviographes

Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire

50 stations climatologiques
150 postes pluviométriques

Le réseau du MARA est géré par un grand nombre d'organismes autonomes : INRA, ENA, CIV, CT etc...

Office National de l'Electricité

50 postes pluviométriques
15 stations climatologiques

Les chiffres fournis ci-dessus ne sont que des ordres de grandeur permettant de mieux évaluer les importances respectives des différents réseaux.

Les instruments utilisés sur le terrain sont essentiellement des appareils à lecture directe ou des appareils à enregistrement graphique.

A quelques exceptions près les réseaux ne sont absolument pas automatisés.

3.2. Données hydrométriques

La Division des Ressources en Eau gère un réseau de 226 stations hydrométriques parmi lesquelles on dénombre :

.../...

142 stations principales
65 stations simplifiées
9 stations sur sources
8 stations sur canaux
2 lacs naturels

Par station hydrométrique il faut entendre point d'observation permanent des variations des niveaux d'eau. Les points de jaugeages périodiques ne figurent pas dans ce décompte.

Les stations simplifiées ne disposent pas d'un équipement suffisant pour permettre l'exécution des jaugeages de crue.

La Division Exploitation des Barrages gère 14 barrages qui peuvent être considérés comme des stations hydrométriques d'un type un peu particulier.

L'Office National de l'Electricité gère environ 6 barrages qui peuvent également être considérées comme des stations hydrométriques.

Sur les 226 stations existantes, 37 sont équipées d'un limnigraphe à enregistrement graphique.

Le réseau hydrométrique marocain compte également 90 postes radio de type BLU pour l'annonce des crues.

Le réseau hydrométrique marocain n'est pas automatisé.

3.3. données piézométriques et de pompage

La Division des Ressources en Eau effectue des mesures périodiques sur environ 3000 points d'eau : forages, puits, piézomètres ou sources.

3.4. Analyses chimiques

Les prélèvements effectués sur les oueds, puits sources ou forages du réseau de la Division des Ressources en Eau sont analysés par les laboratoires de la D.R.E. ou par d'autres laboratoires, en particulier ceux de l'Office National des Eaux Potables ou des laboratoires d'offices Agricoles.

La fréquence moyenne est d'une fois par an sur les 3000 points d'eau du réseau DRE.

3.5. Transmission des données

A de rares exceptions, les données pluviométriques, météorologiques, hydrométriques, piézométriques ou chimiques sont transcrites sur papier, le plus souvent des bordereaux qui servent directement pour la perforation des données avant leur traitement informatique.

.../...

La Division des Ressources en Eau compte une vingtaine de Centres Régionaux qui assurent la collecte et un premier contrôle des données recueillies avant de les expédier au siège Central à Rabat.

Pour les données pluviométriques, l'Administration des Eaux et Forêts expédie assez régulièrement à la DRE un double des originaux de ses 200 à 250 postes pluviométriques.

4 - Mise en place de la banque nationale de données hydrologiques -

La mise en place de la banque Nationale des données hydrologiques a commencé en 1971 avec l'arrivée à la Division des Ressources en Eau d'Ingénieurs Informaticiens.

Les premiers fichiers mis à l'étude ont été les fichiers suivants :

- postes pluviométriques
- pluies journalières
- points d'eau et stations hydrométriques
- matériel hydrométrique
- jaugeages
- courbes de tarage
- hauteurs d'eau
- mesures périodiques de piézométrie

Une collaboration étroite entre informaticiens et hydrologues ou hydrogéologues a permis de progresser assez rapidement dans l'analyse des problèmes d'informatisation des données : présentation des données pour la perforation, codification, contrôles informatiques etc...

En 1974 la plupart des programmes concernant les fichiers mentionnés ci-dessus étaient écrits, éprouvés et rendus opérationnels par le Service Informatique de la Direction de l'Hydraulique.

Au fur et à mesure de la mise au point des programmes et des bordereaux s'est développé une seconde phase informatique comprenant la saisie des données archivées depuis 1966 à la Division des Ressources en Eau, la perforation et le chargement étant assurés par le Service Informatique, la codification et les contrôles par le Service Hydrologique.

En ce qui concerne les données pluviométriques, une navette a pu être établie entre Rabat et Casablanca pour la saisie des pluies journalières archivées au Service Météorologique National.

.../...

Dès 1973 les programmes de traitement des hauteurs d'eau étaient mis au point pour le calcul des débits moyens journaliers, mensuels et annuels, permettant d'envisager la publication d'annuaires hydrologiques par traitement informatique.

De 1974 à 1977, d'autres fichiers ont été mis à l'étude et ont commencé à se constituer :

- transports solides, opérationnel en 1977
- analyses chimiques, opérationnel en 1978
- intensités pluviométriques, non encore opérationnel
- températures maximales, minimales et moyennes journalières, non encore opérationnel.

Au fur et à mesure de la constitution de ces divers fichiers, les usagers eurent très rapidement accès aux données figurant sur ces fichiers grâce aux programmes d'extraction.

D'autres programmes spécifiques de traitement et d'extraction ont ensuite été développés pour permettre de mieux répondre aux besoins exprimés par les usagers ; entre autre on peut citer :

- le programme d'extraction des totaux pluviométriques mensuels et annuels,
- le programme d'ajustement statistique des principales lois statistiques,
- le programme de corrélation multiple.

En 1978, après 5 à 6 ans de fonctionnement des divers chaînes existantes il s'est avéré indispensable de procéder à de nombreuses modifications afin de faciliter la gestion des gros fichiers et d'en augmenter la souplesse d'utilisation.

Ces modifications sont en cours de réalisation par le Service Informatique de la Direction de l'Hydraulique.

.../...

5 - Structure et organisation de la banque

Tous les travaux proprement informatiques sont actuellement à la charge du Service Informatique de la Direction de l'Hydraulique.

Tous les travaux de collecte, de contrôle primaire ou secondaire et d'élaboration des données hydrologiques sont actuellement à la charge de la Division des Ressources en Eau. La Division des Ressources en Eau se subdivise en Service Hydrologique.

Le Service de l'Hydrogéologie gère les fichiers suivants :

- Le Fichier des points d'eau et stations hydrométriques
- le fichier de mesures périodiques de piézomètre,
- le fichier des analyses chimiques.

Le Service Hydrologique gère les autres fichiers mentionnés au paragraphe 1.

5.1. Moyens et installations utilisés pour le traitement informatique des données.

Le Service Informatique de la Direction de l'Hydraulique dispose du matériel suivant :

- un ordinateur IBM 370 - 125
à mémoire réelle de 256 K
- 6 axes de disques 3340 d'une capacité de 420 millions d'octets
- 2 axes de bandes magnétiques,
- un lecteur de cartes,
- un lecteur de minidisques,
- une imprimante.

La saisie des données se fait actuellement sur minidisques grâce à 12 postes de saisie par minidisques (IBM 3742).

Les fichiers de données hydrologiques sont actuellement sur bandes magnétiques et seront très prochainement sur disques

Les fichiers existent en double exemplaires dont une copie reste contamment dans une armoire ignifuge.

5.2. Moyens et installations pour la réception et le traitement des données hydrologiques.

La Division des Ressources en Eau dispose actuellement des moyens et installations suivants au Service Central à Rabat:

- données météorologiques, pluviométriques et pluviographiques :

.../...

3 bureaux comprenant 5 personnes sous la responsabilité d'un Ingénieur hydrologue

- jaugeages

2 bureaux comprenant 6 personnes pour la codification et le contrôle des jaugeages.

- hauteurs d'eau

Un bureau de 2 personnes pour la codification et le contrôle des hauteurs d'eau.

- transports solides

un bureau occupé par un ingénieur hydrologue

- analyses chimiques

Un bureau occupé par un ingénieur hydrogéologue

- fichiers des points d'eau et des mesures piézométriques

Un bureau comprenant deux personnes sous la responsabilité d'un ingénieur hydrogéologue.

- élaboration des débits instantanés, moyens journaliers et études hydrologiques :

. 10 ingénieurs dont 2 s'occupent plus particulièrement des problèmes de petite et moyenne hydraulique (sources, canaux, séguias etc...).

. 3 Adjoints techniques travaillant en collaboration avec 3 ingénieurs.

Les 10 ingénieurs ont également diverses responsabilités de contrôle des données, de gestion du réseau, de passation de marchés etc...

La Division des Ressources en Eau comprend également 12 Centres Régionaux dirigés par des ingénieurs hydrogéologues

Les 12 centres sont subdivisés en 20 annexes hydrologiques chargées plus spécialement de la collecte des données sur le terrain et du contrôle primaire de ces données.

5.3. moyens et installations pour l'archivage des données et leur restitution

Après saisie, les données hydrologiques sont archivées au Service Central de la Division des Ressources en Eau.

.../...

Les agents du Service chargés de la réception et de la codification des bordereaux s'occupent également de classer aussi bien les sorties d'ordinateur, copies des fichiers, que les originaux.

Copies du fichier et originaux sont classés séparément.

Les sorties d'ordinateur en forme de tableaux imprimés sont classés dans les bureaux des agents, respectivement bureau des hauteurs d'eau, bureaux des jaugeages, bureau pluviométrique etc...

Les originaux sont classés dans la salle des archives générales de la Division

5.4. Relations avec le Service Météorologique National

Au cours des années 1972- à 1975, une navette a été établie entre le service Météorologique National à Casablanca et la Division des Ressources en Eau à RABAT.

Cette navette a permis la saisie d'une partie importante des données pluviométriques archivées au Service Météorologique National.

En contre partie, le SIN a libre accès à la banque des données pluviométriques archivées au Service Informatique de la Direction de l'Hydraulique.

Dans un proche avenir, la Division des Ressources en Eau envisage de fournir au Service Météorologique National un exemplaire des données météorologiques recueillies sur les stations du réseau de la D.R.E.

5.5. Relations avec l'Administration des Eaux et Forêts

L'Administration des Eaux et Forêts envoie régulièrement à la Division des Ressources en Eau les bulletins mensuels pluviométriques récoltés sur l'ensemble de son réseau. Les données de ces bulletins sont chargées sur les fichiers pluviométriques de la banque des données hydrologiques.

En contre partie, l'Administration des Eaux et Forêts a libre accès aux fichiers pluviométriques.

.../...

6 - Nature et composition des données hydrologiques et des renseignements connexes reçus dans la banque

6.1. Données pluviométriques

Les données pluviométriques observées sont les relevés pluviométriques.

Sur l'ensemble du réseau pluviométrique marocain, les observateurs effectuent deux relevés : le premier à 7 heures le matin, le second à 18 heures le soir.

Les relevés sont consignés sur des imprimés.

Deux types d'imprimés sont actuellement en circulation :

- un type d'imprimé distribué par le Service Météorologique National,

- Un autre type d'imprimé utilisé et distribué par la Division des Ressources en Eau.

Les relevés pluviométriques de 7 heures doivent être inscrits sur la ligne du jour précédant.

Les additions des deux relevés journaliers sont faites ligne par ligne pour le calcul des pluies journalières.

Avant perforation, les pluies journalières sont recalculées et les imprimés codifiés soit par les agents des Centres Régionaux soit par les agents du Service Central de la DRE à Rabat.

Le Service Météorologique National effectue lui-même d'autres contrôles.

6.2. Liste des postes pluviométriques et pluviographiques

La liste des postes pluviométriques a été établie d'après des inventaires de postes réalisés par le Service Météorologique National, l'Administration des Eaux et Forêts et la Division des Ressources en Eau.

Les coordonnées kilométriques Lambert ont été extraites soit de cartes de reconnaissance au 1/200 000 (projection de BONNE) soit de cartes régulières au 1/100 000 ou au 1/50 000 (projection conique conforme Lambert).

La liste des postes pluviographiques (P.G.) ne comprend que les pluviographes gérés par la Division des Ressources en Eau.

Un contrôle systématique des coordonnées a été réalisé pour les postes pluviométriques du bassin versant de l'Oued SEBOU. Le contrôle a été réalisé sur carte au 1/50 000.

.../...

6.3. Liste des points d'eau et stations hydrométriques

La liste des points d'eau et stations hydrométriques a été établie d'après les fichiers manuels de la Division des Ressources en Eau.

Pour la plupart des points d'eau existants, les coordonnées kilométriques Lambert sont extraites des cartes régulières au 1/50 000 lorsqu'elles ont été publiées.

Le pointage sur carte est effectué par les agents des Centres Régionaux lors de missions sur le terrain. Les coordonnées sont ensuite transmises au Service Central Hydrogéologique de Rabat pour vérification et remplissage des bordereaux de saisie

6.4. Liste du matériel hydrométrique

Cette liste comprend tous les moulinets, leurs hélices et courbes d'étalonnage utilisés au Service Hydrologique de la D.R.E.

Elle est mise à jour à la réception du matériel neuf.

6.5. Fichiers des hauteurs d'eau

Les hauteurs d'eau sont observées ordinairement trois fois par jour à 8 heures, 12 heures et 18 heures et consignées sur des bulletins mensuels de hauteurs d'eau.

Les crues sont observées avec des fréquences variables de 15 minutes, 30 minutes ou 1 heure selon l'importance du cours d'eau et la rapidité de la montée des niveaux d'eau. Elles sont consignées sur des bordereaux 15 minutes, 30 minutes ou 1 heure.

Les chroniques de hauteurs d'eau, de qualités variables selon le sérieux ou la monchalance des observateurs, sont contrôlées et complétées au Service Central à Rabat à l'occasion d'études hydrologiques et de façon non systématique pour la publication de l'annuaire hydrologique.

Les enregistrements limnigraphiques servent à compléter et à corriger les chroniques de hauteurs d'eau.

6.6. Fichier des jaugeages

Chaque Centre Régional et chaque annexe hydrologique dispose de deux ou plusieurs équipes de jaugeurs spécialisés dans les mesures de débit et le dépouillement graphique de ces mesures.

Les jaugeages sont consignés sur des bordereaux servant directement à leur saisie.

La fréquence des mesures était fixée, jusqu'en 1978, à 1 jaugeage par station tous les 15 jours en période normale.

.../...

La codification de ces jaugeages est faite par les agents des bureaux de jaugeage à Rabat qui contrôlent également la conformité des dépouillements ordinateur et des dépouillements graphiques et corrigent les grosses anomalies.

6.7. Fichier des mesures de transports solides

Les prélèvements sont effectués à cotes fixes par les observateurs de stations hydrométriques préalablement sélectionnées (105 stations).

Les analyses sont faites dans les annexes ou Centres Régionaux équipés du matériel adéquat (rampe de filtration et dessicateur).

Les résultats de ces analyses sont consignés sur des bordereaux utilisés pour la saisie.

6.8. Fichier des analyses chimiques

Les prélèvements sont effectués par les agents de points d'eau ou jaugeurs des Centres Régionaux. Les analyses sont réalisées par des laboratoires spécialisés et consignées sur des bordereaux de saisie.

Les contrôles sont effectués à posteriori par l'ordinateur.

6.9. mesures périodiques piézométriques

Les mesures périodiques sont effectuées par les agents de points d'eau des Centres Régionaux de la Division des Ressources en Eau.

Les mesures sont ensuite envoyées à Rabat pour être consignées sur des bordereaux de saisie.

Les contrôles sont effectués à posteriori par l'ordinateur.

6.10. intensités pluviométriques

Les enregistrements pluviographiques sont dépouillés dans les annexes hydrologiques sur des bordereaux de saisie à pas de temps 15 minutes pour les appareils à déroulement journalier ou mensuel (table déroulante) et à pas de temps 1 heure pour les appareils à déroulement hebdomadaire.

Les dépouillements sont contrôlés par les agents du Service Central de Rabat.

La mise au point des programmes de saisie n'étant pas terminée, la saisie elle-même n'a pas vraiment commencé.

7.- TRAITEMENTS DES DONNEES

7.1.- Traitement des données pluviométriques

Traitement primaire

Avant saisie, les totaux pluviométriques journaliers sont contrôlés mais il n'est pas encore possible de s'assurer du non décalage des pluies de 7 heures.

Une méthodologie faisant intervenir les totaux enregistrés aux pluviographes et des listes de postes classés par bassins et sous-bassins est en cours de mise au point.

Les pluies journalières chargées sur le fichier ont été contrôlées conformes aux relevés originaux jusqu'en 1973.

Traitement secondaire

Des traitements secondaires (contrôle d'homogénéité, complètement) ont été réalisés à l'occasion des nombreuses études effectuées dans diverses régions du Maroc. Cependant il n'a été procédé jusqu'à présent à aucun regroupement de ces données.

7.2.- Traitement des données hydrométriques

Traitement primaire

Jaugeages et hauteurs d'eau sont contrôlés conformes aux valeurs originales après saisie. Les erreurs de saisie sont alors corrigées puis reperforées et reconstruites.

Les hauteurs d'eau sont confrontées aux enregistrements limnigraphiques de façon non systématique pour l'établissement de l'annuaire hydrologique, de façon systématique pour les études hydrologiques.

Les dépouillements graphiques et ordinateurs des jaugeages sont confrontés et permettent la détection des erreurs de codification, de perforation ou de dépouillement. En outre des contrôles sont effectués par les programmes de traitement. Les résultats de ces contrôles (nombre de verticales, nombre de points par verticale etc...) sont retournés aux annexes hydrologiques.

Traitement secondaire - élaboration des débits

A l'occasion de l'établissement de l'annuaire hydrologique ou d'études hydrologiques, il est procédé au traitement secondaire des données hydrométriques.

Ce traitement consiste à établir et charger les courbes de tarage en recherchant les détarages et en contrôlant les jaugeages. Le contrôle des jaugeages est effectué à la main (courbes hauteurs - sections mouillées, hauteurs-vitesses moyennes et hauteurs - débits).

.../...

Le cas échéant il est procédé également au complètement des chroniques de hauteurs d'eau.

Après chargement des courbes de tarage et vérification des hauteurs d'eau il est procédé à une demande de traitement en découpant les périodes à traiter avec les courbes de tarage et les périodes à traiter en tarissement (interpolation logarithmique entre jaugeages).

Après traitement à l'ordinateur et sortie des débits moyens journaliers, mensuels et annuels, il est procédé à un contrôle de conformité des débits d'étiage et des jaugeages, des débits instantanés de crue et des jaugeages.

A l'occasion d'études hydrologiques, les débits moyens mensuels et annuels peuvent être comparés à la pluviométrie ou aux débits d'autres stations voisines pour contrôle et extension des séries observées.

7.3.- Traitement des données de transports solides

Traitement primaire

Ce traitement consiste à confronter entre elles les mesures de concentration et les mesures de cotes à l'échelle.

Il aboutit à la correction des valeurs mesurées.

Traitement secondaire

Ce traitement consiste à établir un fichier de mesures corrigées et fictives des concentrations afin de permettre le calcul crue après crue des volumes journaliers, mensuels et annuels de matériaux transportés en suspension.

Les calculs des volumes transportés sont effectués par l'ordinateur à partir du fichier des concentrations corrigées ou fictives et du fichier des débits instantanés.

7.4.- Traitement des analyses chimiques

Traitement primaire

Après saisie, les analyses chimiques en sortie sont contrôlées conformes aux bulletins originaux et éventuellement corrigées.

Un certain nombre de contrôles sont également effectués par l'ordinateur (balance ionique, conductivité théorique - conductivité mesurée, total des ions dissous-résidu sec). Ces contrôles permettent de qualifier les analyses.

Traitement secondaire

Quelques traitements secondaires sont effectués à l'ordinateur tels que la détermination de la dureté, la qualité, la salure, la potabilité etc.... ou autres indications demandées par les utilisateurs.

.../...

7.5.- Traitement des mesures piézométriques

Traitement primaire

Les mesures piézométriques en sortie sont contrôlées conformes aux valeurs originales.

Le programme de chargement effectue lui-même des contrôles de validité des mesures (limites maximales et minimales).

Traitement secondaire

Le fichier des mesures piézométriques est utilisé pour le calage des modèles analogiques ou mathématiques de circulation des eaux dans le cadre des études de simulation d'exploitation des nappes souterraines.

7.6.- Traitement des intensités pluviométriques

Les programmes de chargement des intensités pluviométriques n'étant pas encore opérationnels, aucun traitement particulier autre que le dépouillement et le contrôle du dépouillement des enregistrements pluviographiques n'est réalisé à la Division des Ressources en Eau.

8.- ARCHIVAGE ET RESTITUTION DES DONNEES

8.1.- Données pluviométriques journalières

Les données pluviométriques sont archivées sur bandes magnétiques. La clé des enregistrements se compose du numéro de poste, de l'année et du mois. Chaque année comprend 15 enregistrements, les 13, 14 et 15ème enregistrements étant réservés à l'archivage des totaux décadaires, mensuels, annuels et saisonniers et à l'archivage des commentaires codifiés.

Deux modes de sortie sont utilisés :

- Les fiches annuelles comportant une année par fiche pour un poste avec tous les renseignements indiqués ci-dessus et les commentaires.
- Les tableaux récapitulatifs des totaux mensuels et annuels.

8.2.- La bibliothèque hydrologique

La bibliothèque hydrologique est un fichier contenant toutes les informations peu variables utilisées en hydrologie.

Liste des tables en bibliothèque

. Table des opérateurs (liste non exhaustive des noms des jaugeurs, non revue depuis 1973).

- . Table des marques de moulinets (liste des noms des constructeurs).
- . Table des montages (liste des types de montage des moulinets).
- . Table des modes opératoires (liste des méthodes utilisées pour les jaugeages à la capacité, au flotteur, par point, par intégration etc....),

Les 4 tables ci-dessus, utilisées pour les sorties des jaugeages, ont pour code 050.

- . Table des postes pluviométriques et pluviographiques (liste des postes par ordre alphabétique avec leurs numéros d'ordre, leurs numéros de bassin, leurs noms, leurs coordonnées, altitudes, organismes gestionnaires, les années et mois chargés dans le fichier des pluies journalières)
- . Table des petits réseaux de pluviomètres (listes de postes pluviométriques regroupés par bassin, par région ou par autorité gestionnaire dans l'ordre désiré).
- . Table des points d'eau (listes des points d'eau (sources, puits, stations, hydrométriques, points de jaugeages, piézomètres etc...) regroupés par carte au 1/200 000 de reconnaissance dans l'ordre d'inventaire avec leurs numéros d'ordre, leurs noms, natures, coordonnées, altitudes, limites inférieures et supérieures de batteries d'échelles en cotes NGM ou en cotes lues).

.../...

- Table des batteries d'échelles inclinées avec les dates d'installation et de disparition (ou non utilisation) et les tableaux des correspondances élément par élément des cotes lues et des cotes verticales.
- Table des courbes d'étalonnage (liste de toutes les courbes d'étalonnage par station, numérotées avec les barèmes d'étalonnage).
- Table des moulinets (liste des moulinets utilisés à la DRE avec leurs numéros, leurs dates de mise en service, de mise hors service et leurs formules d'étalonnage)

Toutes ces tables peuvent être sorties sous forme de tableaux groupant l'ensemble de chaque liste ou sélectivement selon les utilisations qui en sont faites en particulier pour les tableaux d'échelles inclinées et les courbes d'étalonnage sous forme de barèmes.

8.3.- Données limnimétriques

Les données limnimétriques sont archivées sur bandes magnétiques. La clé des enregistrements se compose du numéro IRE de la station, de l'année, du mois et du numéro de la batterie d'échelles. L'enregistrement contient l'indication de son rang dans le mois, le nombre des observations totales du mois et les 93 couples moment-hauteurs d'eau en cotes verticales. Le moment est le nombre d'intervalles de 5 minutes écoulés depuis le début du mois jusqu'à la date et l'heure de la lecture.

En sortie sur imprimante, un programme d'extraction permet de dresser des tableaux mensuels de hauteurs d'eau dans l'ordre désiré par années et mois pour une série de postes ou par poste pour une série de mois.

8.4.- Fichier des jaugeages

Les jaugeages sont archivés sur bandes magnétiques. La clé d'un enregistrement comprend le numéro IRE, l'année, le mois, le jour et l'heure moyenne d'exécution du jaugeage. Le reste de l'enregistrement comprend les résultats de la mesure, le débit, la section mouillée, la largeur, la vitesse moyenne de surface, la cote lue au début et à la fin du jaugeage ; l'indication du numéro du moulinet et de l'hélice utilisés ; la codification du nom de l'opérateur, de l'origine de jaugeage, du mode de dépouillement et du mode opératoire.

Un programme d'extraction permet de sortir par station la liste des jaugeages d'une période donnée.

8.5.- Fichier des débits instantanés et des débits moyens journaliers

Le fichier des débits instantanés est structuré de la même façon que le fichier des hauteurs d'eau. Il possède les mêmes facilités d'extraction que ce fichier.

Le fichier des débits journaliers est archivé sur bande magnétique.

Chaque enregistrement comprend une clé formée du numéro IRE de la station, de l'année et du mois, puis les 28 à 31 valeurs des débits moyens journaliers et le débit maximum instantané du mois avec son moment.

.../...

Un programme d'extraction permet de sortir par station et par année un tableau des débits moyens journaliers, des débits moyens mensuels, le débit moyen annuel et le débit maximum instantané de l'année.

8.6.- Fichiers des transports solides

Le fichier des mesures des transports solides en suspension est archivé sur bande magnétique. Chaque enregistrement comprend une clé formée du numéro IRE, de l'année, mois, jour, heure et minute du prélèvement, suivie de la cote à l'échelle, du poids du filtre nu, du poids du filtre chargé, du poids de sédiment, du volume d'eau analysé, du dépôt solide en grammes par litre, de la qualité attribuée à la mesure et de la position du prélèvement dans la section de jaugeage.

Un programme d'extraction permet de sortir des tableaux de mesures de transports solides par station hydrologique.

Le fichier des volumes journaliers transportés en suspension est structuré de la même façon que le fichier des débits moyens journaliers.

8.7.- Fichier des analyses chimiques

Le fichier des analyses chimiques est archivé sur bande magnétique .

L'enregistrement comprend une clé formée du numéro IRE, de la date de prélèvement (année, mois, jour, heure et minute) et du numéro de l'échantillon, suivie du numéro d'ordre de l'enregistrement pour une même analyse.

Le nombre des enregistrements varie de 1 à 18 pour une même analyse. Les enregistrements 1 à 14 sont réservés aux résultats, au mode de prélèvement, aux conditions de prélèvement et d'analyse. Les enregistrements 15 à 18 sont réservés aux codes des messages d'erreurs (211 types d'erreurs ont été inventoriés).

Un programme d'extraction permet de sortir des tableaux conformes aux bulletins en entrée ainsi que des tableaux d'analyses par poste pour une période donnée ou par période pour une série de postes.

8.8.- Fichier des mesures piézométriques

Le fichier des mesures piézométriques est archivé sur bande magnétique.

La clé des enregistrements est formée du numéro IRE, de la nature du point d'eau et du numéro du Centre Régional concerné. Chaque enregistrement peut contenir 60 mesures piézométriques avec leurs dates et leurs positions cotées par rapport au niveau local de référence.

Des programmes d'extraction permettent de sortir des listes de mesures piézométriques pour un poste sur une période donnée, sur une période donnée pour une série de postes.

.../...

9.- NORMALISATION

La Division des Ressources en Eau étant à l'origine de la création des différents fichiers de la banque des données hydrologiques, une certaine normalisation des codes, des fichiers et des méthodes de gestion s'est imposée d'elle-même.

9.1.- Normalisation des codes

- Codification des postes pluviométriques.

Une liste alphabétique de tous les postes pluviométriques marocains existants ou ayant existé, a été établie. Dans l'ordre alphabétique, des numéros à 4 chiffres ont été attribués à chaque poste pluviométrique en ménageant des intervalles libres entre postes. Afin de permettre le traitement des données pluviographiques, les pluviographes de la DRE ont été joints à cette liste. Un cinquième chiffre placé devant les quatre chiffres de l'ordre alphabétique permet d'indiquer à quel grand bassin hydrologique appartient le poste.

- Codification des stations hydrologiques et points d'eau (numéro IRE).

Le numéro IRE comprend deux parties :

- . L'indice correspondant au numéro de la carte au 1/200 000 de reconnaissance sur laquelle se situe le point d'eau ou la station,
- . le numéro d'ordre d'inventaire pour l'indice correspondant.

9.2.- Normalisation des supports techniques

Afin de permettre la codification et la saisie des données, de nouveaux bulletins et bordereaux ont été élaborés, différents de ceux qui étaient en circulation.

D'une façon générale les données se présentent à la saisie sous forme manuscrite et ressortent après saisie sur des tableaux permettant de contrôler la conformité des renseignements saisis à ceux figurant sur le bulletin original.

Tous les fichiers sont archivés sur bandes magnétiques IBM 2400, bandes à 9 pistes, généralement de 730 mètres de long,

Des disques IBM 33/40 sont de plus en plus utilisés comme supports intermédiaires de traitement.

Avant 1979 le chargement s'effectuait par l'intermédiaire de cartes perforées.

Depuis 1979 le chargement s'effectue par l'intermédiaire de mini-disques.

Les bandes magnétiques sont archivées au service Informatique de la Direction de l'Hydraulique. Les tableaux en sortie de l'imprimante sont archivés dans les bureaux de la Division des Ressources en Eau.

.../...

9.3.- Normalisation des méthodes

L'introduction de l'informatique a nécessité la normalisation des méthodes de mesure, d'observation, de traitement et de dépouillement.

- Jaugeages et dépouillement des jaugeages

Des règles de remplissage des bordereaux et d'exécution des jaugeages ont été élaborées. Un minimum de 7 verticales par chenal d'écoulement et un minimum de 5 points par verticale ont été exigés. Une note technique, diffusée à l'ensemble des Centre Régionaux, a été rédigée.

- Hauteurs d'eau

Les bordereaux de hauteurs d'eau imposent aux observateurs une certaine cadence de mesures à intervalles régulière (1 heure, 30 minutes ou 15 minutes) pour l'observation des crues.

Les mêmes bordereaux sont utilisés pour le dépouillement des enregistrements limnographiques

- Elaboration des débits

L'élaboration des débits d'une station hydrologique à l'ordinateur impose l'observation d'un certain nombre de règles assez strictes, concernant en particulier le chargement des courbes de tarage.

Une note concernant la méthodologie de l'élaboration des débits moyens journaliers a été rédigée à l'intention des ingénieurs et adjoints techniques du Service Hydrologique de la D.R.E.

Des normes ont été fixées pour le dépouillement des enregistrements pluviographiques, les mesures de transports solides etc....

9.4.- Normalisation de la programmation

La grande majorité des programmes sont écrits en COBOL. Quelques programmes d'application sont écrits en FORTRAN IV.

Depuis 1978, le Service Informatique de la Direction de l'Hydraulique s'efforce de rationaliser la programmation en appliquant une méthode de programmation linéaire, modulaire et structurée.

Plusieurs programmes antérieurs à 1978 devront être repris afin d'alléger la maintenance et la gestion des fichiers afférents à ces programmes.

.../...

10.- SERVICES AUX USAGERS

La Division des Ressources en Eau ne tient pas une comptabilité précise des demandes de renseignements hydrologiques qui parviennent dans ses services.

Cependant, compte tenu du caractère unique des fichiers réalisés et de la gratuité des renseignements fournis, les demandes sont très nombreuses.

Les demandes qui parviennent à la D.R.E. peuvent être classées en trois catégories :

- demandes de données brutes
- demandes de données élaborées
- demandes d'études ou de critiques d'études.

Les demandes de données brutes sont les plus courantes et les plus faciles à satisfaire lorsque ~~ces données ont été chargées sur les fichiers~~ principaux.

Les demandes de données élaborées (débits moyens journaliers ou instantanés, pluies contrôlées, critiquées et complétées etc...) ne peuvent être satisfaites que de façon incomplète ; le fichier des débits moyens journaliers comprenant actuellement les données suivantes :

- débits moyens journaliers de toutes les stations hydrologiques publiées dans les annuaires hydrologiques 1970-71 à 1974-75.
- débits moyens journaliers de 20 à 30 stations hydrologiques depuis leurs créations.

Il n'existe pas de fichier pluviométrique de données élaborées.

Enfin le fichier des transports solides en suspension ne comprend que 5 stations hydrologiques traitées.

Les demandes d'études ou les demandes de critique d'études sont nombreuses et variées. Elles émanent principalement d'autres Divisions de la Direction de l'Hydraulique ou d'autres Ministères (Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire). Elles concernent essentiellement l'élaboration des débits et leur traitement dans le cadre de projets d'aménagement, la gestion des nappes souterraines ou l'installation de forages et puits.

.../...

11.- EVALUATION

Les problèmes rencontrés lors de l'établissement et de l'exploitation de la banque nationale de données hydrologiques concernent essentiellement la programmation et l'analyse des fichiers, la saisie des données et le contrôle de la saisie, l'élaboration des données.

11.1.- Analyse et programmation

L'analyse et la programmation ont nécessité plusieurs années d'efforts et la mobilisation d'un personnel important d'analystes, hydrologues et programmeurs, environ 8 à 10 ingénieurs de bon niveau pendant 3 ans.

Dans la plupart des cas, l'analyse a été menée par un hydrologue ou un hydrogéologue. Pour ce faire, il a été nécessaire de s'assurer la collaboration d'ingénieurs hydrologues et hydrogéologues confirmés initiés au traitement informatique des données.

Après cinq ans d'exploitation des diverses chaînes de programmes, il s'est révélé indispensable de reprendre certaines chaînes dont la maintenance était excessivement lourde.

La reprise de ces programmes s'est avérée parfois très difficile en raison de l'absence de dossiers et d'une méthode rationnelle de programmation.

11.2.- Saisie et contrôle de la saisie

La saisie et le contrôle de la saisie des données constitue une des tâches les plus ingrates mais aussi les plus essentielles à la constitution des fichiers de données brutes.

La perforation des données s'est révélée de qualité très inégale. Toutes les données chargées n'ont pu être contrôlées conformes aux valeurs originales et un important travail de collationnement teste à effectuer pour obtenir des fichiers de données brutes identiques aux données originales, en particulier en ce qui concerne les données pluviométriques à compter de l'année 1973.

D'autre part, il s'est avéré indispensable de modifier certains programmes de chargement afin de permettre l'introduction pour correction d'informations ponctuelles sans resaisie de la totalité de l'enregistrement concerné. L'écriture de ces programmes de correction de fichier n'a pas encore commencé mais devrait être entreprise au cours de l'année 1979-80.

.../...

11.3.- Elaboration des données

Les difficultés rencontrées dans l'élaboration des données hydrologiques tiennent d'une part à l'insuffisance chronique des effectifs en ingénieurs et agents techniques qualifiés au sein du Service Hydrologique de la Division des Ressources en Eau et d'autre part à la qualité des données recueillies sur le terrain.

Les effectifs du Service Hydrologique sont actuellement de 13 ingénieurs et environ 25 agents techniques de qualifications diverses. Pour un fonctionnement satisfaisant du Service, ces effectifs devraient être doublés, le recrutement devant être accompagné d'une formation adéquate des nouveaux ingénieurs et agents techniques.

11.4.- Avantages économiques et utilisés de la banque des données hydrologiques

Les avantages économiques de la banque nationale des données hydrologiques sont difficiles à chiffrer.

Dans certains cas il serait sans doute plus avantageux d'utiliser une photocopieuse que de pratiquer une extraction de fichier.

Toutefois la plupart des demandes de données hydrologiques qui parviennent à la Division des Ressources en Eau n'auraient pu être honorées dans des délais raisonnables sans la constitution de cette banque qui permet la fourniture d'un grand nombre d'informations diverses dans un délai limité.

En outre le traitement informatique des données permet d'assurer avec fidélité et rapidité un grand nombre d'opérations et de calculs qui ne sont pas envisageables manuellement.

Enfin, il est devenu très facile d'opérer une duplication d'un très grand nombre d'informations facilitant ainsi leur diffusion à l'échelon régional ou Ministériel pour des applications propres ou à chaque Service ou personne intéressée par ces informations.