

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Mission Hydrologique à RECIFE

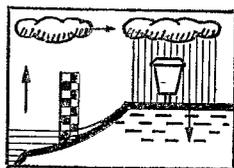
REPÚBLICA DOS ESTADOS UNIDOS  
DO BRASIL

MINISTERIO DO INTERIOR  
SUPERINTENDENCIA  
DO DESENVOLVIMENTO  
DO NORDESTE - SUDENE

DEPARTAMENTO DE RECURSOS  
NATURAIS - DRN

**INVENTAIRE ET EXPLOITATION RATIONNELLE  
DES DONNEES D'OBSERVATIONS DES RESSOURCES  
EN EAU DU NORD-EST BRÉSILIEN**

**Rapport final de mission relatif à la  
Convention du 4 avril 1973**



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER  
**Mission Hydrologique à RECIFE**  
BUREAU CENTRAL HYDROLOGIQUE - PARIS



13.325

REPUBLIQUE FRANCAISE  
OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

-----  
Mission Hydrologique à RECIFE  
-----

REPUBLICA DOS ESTADOS UNIDOS  
DO BRASIL  
-----  
MINISTERIO DO INTERIOR  
SUPERINTENDENCIA DO DESENVOLVIMENTO  
DO NORDESTE - SUDENE  
-----  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS  
NATURAIS - DRN

INVENTAIRE ET EXPLOITATION RATIONNELLE DES DONNEES  
D'OBSERVATIONS DES RESSOURCES EN EAU DU  
NORD-EST BRÉSILIEN

-----  
Rapport final de mission relatif à la  
Convention du 4 avril 1973  
-----

par J. HERBAUD  
Maître de recherches principal à l'ORSTOM,  
Chef de Mission.

- 7 NOV. 1975

Récife, Juillet 1975.



13.325

## SOMMAIRE

	Pages
<b>I HISTORIQUE</b>	
1.1 Implantation de la mission	P. 2
1.2 Année 1973	P. 2
1.3 Année 1974	P. 3
1.4 Année 1975	P. 4
<b>II INVENTAIRE ET ANALYSE CRITIQUE DES DONNEES HYDROPLUVIOMETRIQUES</b>	
2.1 Inventaire et saisie des données	B. 5
2.2 Etablissement des chaînes de traitement	p. 8
2.3 Etat d'avancement de la création des fichiers	P.16
2.4 Utilisation de la banque de données	P.16
<b>III PLANIFICATION DES IMPLANTATIONS ET CONSEILS DE GESTION DES BASSINS REPRESENTATIFS</b>	
3.1 Planification des implantations	P.17
3.2 Bassins représentatifs installés et projetés	P.19
3.3 Conseils de gestion	P.20
3.4 Aspect pédagogique des activités liées aux études de bassins représentatifs	P.21
<b>IV ETUDE DE LA REPRESENTATIVITE DES RESEAUX HYDROMETRIQUES DU NORDESTE</b>	
<b>V CONCLUSION GENERALE</b>	

Conformément à l'article 14 de la convention passée le 4 avril 1973 entre la SUDENE et l'ORSTOM pour fournir une assistance technique afin de réaliser l'inventaire et l'exploitation rationnelle des données d'observation des ressources en eau du nord-est brésilien, il est établi le présent rapport final sur les activités réalisées.

Ce rapport couvre une période allant d'octobre 1972 (mois d'arrivée des premiers experts français) à juillet 1975, date à laquelle la présente convention cesse pour être remplacée par une nouvelle.

On y lira comment dans un délai relativement peu long des résultats tangibles ont été obtenus :

- introduction à la SUDENE du traitement sur ordinateur des données hydro-météorologiques
- constitution de fichiers de données sur cartes perforées et bandes magnétiques selon les procédures les plus modernes
- mise en oeuvre d'une politique d'études sur bassins représentatifs.

De cette première phase, la coopération franco-brésilienne qui s'est instaurée entre hydrologues de l'ORSTOM et de la SUDENE sort aguerrie et renforcée.

On peut augurer favorablement de la poursuite qui lui sera donnée dans la seconde convention dont les objectifs sont à la fois d'achever et de compléter l'opération "banque de données" et également de mettre en oeuvre les premières synthèses hydrologiques régionales à partir de ces données et des résultats obtenus sur bassins représentatifs.

\* \* \*

Les activités réalisées dans le cadre de cette Convention décrites dans le présent rapport ont été le fruit d'une Coopération permanente entre hydrologues français et brésiliens.

Qu'il nous soit permis ici de citer tous les ingénieurs et spécialistes brésiliens ayant à un titre ou à un autre coopéré à l'entreprise commune.

Au niveau de l'élaboration des programmes et de l'organisation des activités, les responsables du Département des Ressources Naturelles :

- Dr. Manoel Sylvio C. Campello Neto - Director do Departamento de Recursos Naturais (DRN)
- Dr. François Albert Laroche - Assistente Técnico do Superintendente (Diretor adjunto do DRN précédemment)
- Dr. Isaias Vasconcelos de Andrade - Assistente Técnico do Diretor do DRN
- Dr. Romulo Tavares Ribeiro - Assistente Técnico do Diretor do DRN
- Dr. Ruy Nobrega - Assistente Técnico do Diretor do DRN
- Dr. Aydil Gusmao Carneiro da Silva - Chefe da Divisao de Hidrometeorologia (HM)

Au niveau de l'exécution des programmes, les ingénieurs de la Division d'Hydrométéorologie :

- Dr. Antonio Faustino Cavalcante de Albuquerque Neto

- Dr. Beronildo José de Freitas
- Dr. Francisco Xavier de Magalhaes
- Dr. Francisco das Chagas Pereira
- Dr. Humberto José Pires Vieira
- Dr. Marcelo Nogueira de Menezes
- Dr. Pedro Augusto Sanguinetti Ferreira
- Dr. Teocrito de Vasconcelos
- Dr. William Imperiano de Cristo

Au niveau de l'appui fourni a) par les autres services de la SUDENE :

- Dr. Alcimar de Albuquerque Macedo - Coordenador da Coordenação de Informática (CIN)
- Dr. Benedito José Zelaquett Seraphim - Eng. Civil da HIA
- Dr. Eduardo Carneiro Campello Junior - Supervisor do Grupo Tarefa de Sistemas de Informação (GTSI)
- Dr. Jaime Pires Galvao Filho - Supervisor do Grupo Tarefa p/Processamento de Dados (GTPD)

ainsi que les analystes de la CIN :

- Luciano Carlos Arroio Simoes
- Ricardo Dalia Maia
- Sylvio Chagas da Silva

b) par les autres divisions du DRN :

- Dr. José Geraldo Pedrosa de Melo - Chefe da Divisao de Estudos Integrados (EI)
- Dr. José Maria de Andrade Pereira - Chefe da Divisao de Recursos Renovaveis (RR)
- Dr. Luiz Gonçalves Chada Filho - Chefe da Divisao de Recursos Minerais (RM)
- Dr. Dr. Manoel Francisco de Oliveira - Chefe da Divisao de Cartografia (CT)

\* \* \*

Sigles utilisés dans le rapport

- ORSTOM - Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
- SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
- DNOGS - Departamento Nacional de Obras contra as Secas
- ATECEL - Associação Técnica e Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior  
(Organisme dépendant de l'Université Fédérale de la PARAIBA à  
CAMPINA GRANDE)
- DNAEE - Departamento Nacional de Aguas e Energia
- SUVALE - Superintência do Vale do Sao Francisco

\* \* \*

## I. HISTORIQUE

### 1.1 Implantation de la mission

En 1971, le Dr SYLVIO CARNEIRO CAMPELLO, Directeur du Département de Ressources Naturelles de la SUDENE, avait sollicité de l'Ambassade de France au Brésil l'envoi d'une mission de coopération technique.

Cette mission a été confiée à P. DUBREUIL de l'ORSTOM. Cet organisme en décembre 1971 devrait être ainsi choisi pour fournir les experts demandés, et participer à "l'inventaire des données de Ressources en Eau du Nordeste" (voir P. DUBREUIL 1971). Avant même que le texte définitif de la convention soit établi et approuvé, l'ORSTOM a affecté deux chercheurs à RECIFE pour créer la Mission Française qui devrait travailler au sein de la Division d'Hydrologie du Département de Ressources Naturelles de la SUDENE (Division dirigée par le Dr AYDIL GUSMAO G. DA SILVA et qui en 1974 devrait devenir celle d'Hydrométéorologie). L'implantation de cette Mission fut donc effective avec l'arrivée de ces deux chercheurs :

- Jacques HERBAUD, Chef de Mission, le 8/10/1972
- Jean-Marie FRITSCH, le 28/10/1972

La participation du Ministère des Affaires Etrangères de France à la constitution de la Mission a consisté en :

- a) un appui financier au départ (en supportant une partie du salaire de Jean-Marie FRITSCH jusqu'au 25 avril 1974).
- b) l'affectation d'un volontaire du Service National - VSN - ou "coopérant militaire"; Ainsi, dès le départ et pendant un an la Mission a compté un troisième membre en la personne de Pierre DERANSART, arrivé à RECIFE le 26/10/1972 (spécialiste en informatique).

Des contacts furent établis avec les divers services et équipes travaillant déjà à l'inventaire des données ; le compte-rendu des premières décisions prises à l'initiative de la Mission figure dans le rapport de J. HERBAUD (1973, a).

### 1.2 Année 1973

Au cours de l'année 1973, les opérations de traitement systématique des données pluviométriques ont été poursuivies, supervisées par J. HERBAUD, en même temps qu'une méthodologie de traitement des données hydrométriques était élaborée par J.M. FRITSCH et commençait à être testée avec les données de cotes limnimétriques et de débits, utilisant d'abord le système IBM 1130, ensuite IBM 360. C'est également en 1973 qu'a été définie, l'option d'achat, par la SUDENE, d'un équipement de saisie de données sur bandes magnétiques (voir J. HERBAUD 1973 b, c et P. DUBREUIL, 1973, ce dernier étant le rapport de consultation faisant suite à la mission de P. DUBREUIL du 14 au 25 mai 1973).

Dès le milieu de 1973 s'est précisée la volonté de la SUDENE de demander à l'ORSTOM sa collaboration à un projet de création de nouveaux ensembles de bassins représentatifs. Il était assez logique que de telles implantations soient faites en fonction de critères techniques indiqués par la Mission puisque celle-ci aurait à utiliser les données des réseaux de mesures dans une phase ultérieure de ses activités ; en effet, le texte de la Convention signée le 4 avril 1973, mentionnait, outre les objectifs initiaux (introduire le calcul automatique et mener à bien l'inventaire, la saisie et la critique des données), celui d'exécuter des études de synthèse hydrologique régionale.

Durant les derniers mois de 1973, la Mission s'est donc employée à réunir des éléments pour un travail de planification d'implantation de bassins représentatifs. Sur le plan contractuel, l'ORSTOM et la SUDENE ont signé le 4 décembre 1973 un avenant à leur Convention, permettant l'affectation d'un chercheur de niveau "senior" qui puisse être chargé de l'étude de planification. Le chercheur désigné, Jean-François NOUVELOT, est arrivé effectivement à RECIFE le 6 décembre 1973.

Par contre, la fin 1973 a été marquée par le défaut de P. DERANSART, dont le remplacement ne va intervenir que vers la fin de la présente Mission. Dans le domaine de l'informatique, celui-ci avait eu le temps de réaliser divers travaux intéressant la Mission : programmation pour ordinateur IBM 1130 (dessins par points de courbes de totaux cumulés, tracés de limnigrammes), tests du système 360/30 en cours de montage à la SUDENE, cours pratique d'informatique enseigné aux ingénieurs de la SUDENE.

### 1.3 Année 1974

Au cours de l'année 1974, il n'y a pas eu à noter de mouvements de personnel français excepté :

- Les missions de consultant P. DUBREUIL qui eurent lieu du 23 avril au 3 mai 1974 et du 20 octobre au 9 novembre 1974 ; d'ailleurs, au cours de cette dernière période, la mission essentielle de P. DUBREUIL était la participation aux travaux des cinq experts français appelés par la SUDENE à évaluer les travaux et recherches effectués ou à entreprendre dans le domaine des ressources naturelles.

- Les congés pris par J. HERBAUD (1 mois 1/2 à partir de 16/6/1974 et 1 mois 1/2 à partir du 4/12/1974), et par J.M. FRITSCH (1 mois en décembre 1973 et 2 mois 1/2 à partir du 3/9/1974).

L'année 1974 a été marquée par la prise de conscience, par les ingénieurs brésiliens travaillant avec la Mission, des possibilités de transfert de connaissances offertes par la coopération française :

- départ pour un stage en France du Dr ANTONIO FAUSTINO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE (1 - X-74 au 28-2-75) et, du Dr PEDRO AUGUSTO SANGUINETTI FERREIRA (1 - X- 74 au 28-3-75).

- accompagnement d'ingénieurs brésiliens par J.F. NOUVELOT dans leurs tournées de terrain surtout pour améliorer certains dispositifs de mesures sur bassins représentatifs. .

En conclusion J.F. NOUVELOT a élaboré le compte-rendus de tournées (voir J.F. NOUVELOT 1974 a,b,c, et d)

- Participation à l'élaboration de 6 notes techniques en portugais avec l'un ou l'autre des chercheurs de la Mission et sur divers sujets méthodologiques liés au déroulement du programme (J.M. FRITSCH 1973, 1974 a et b, J. HERBAUD 1974 a, J.F. NOUVELOT 1974 e).

- Participation aux opérations, définies et organisées par la Mission, visant à la saisie et au traitement de base des données de quelques postes hydro-métriques (exécution de tâches relevant de la compétence d'ingénieurs, constituant un maillon non automatisable de la chaîne de traitement).

L'avancement, en 1974 des travaux relatifs à la création d'une banque de données hydrologiques et au programme d'études de bassins représentatifs (exploitation de bassins existants et choix des nouveaux bassins à créer), apparaît dans les rapports d'activités établis par J. HERBAUD en avril et novembre (J. HERBAUD 1974, b et c) et dans les rapports de mission du consultant P. DUBREUIL également en avril et novembre (P. DUBREUIL 1974 a et b )-

L'un des principaux résultats des activités de la Mission en 1974 a été la préparation et la rédaction d'un volumineux rapport , par J.F. NOUVELOT (1974, f décrivant la recherche d'une zonification hydrologique du Nordeste destinée à établir un programme d'implantation de bassins représentatifs. Dès le mois de décembre 1974 était publié un texte résumé où apparaissent des conclusions pratiques (J.F. NOUVELOT, 1974 g ).

En matière de saisie de données, les évènements importants intervenus en 1974 sont l'achèvement par la division d'Hydrométéorologie des opérations de microfilmage de la majeure partie des données anciennes du Nordeste (en particulier celle du DNOCS), la mise en "jaquettes" de ces microfilms et le début des opérations de saisie sur cassettes magnétiques (l'équipement "DE" Olivetti ayant commencé à fonctionner en août 1974).

#### 1.4. Année 1975

Il est apparu que les modalités matérielles de réalisation de l'inventaire et de l'exploitation des données hydrologiques ne pouvaient évoluer, pour des raisons de disponibilité du personnel de la SUDENE, que vers des solutions dans lesquelles la Mission aurait pour rôle de définir très clairement les procédés déjà mis en oeuvre et de préciser ceux qui n'avaient pas encore pu être appliqués : de retour à RECIFE à l'issue de son stage en France, le Dr ANTONIO FAUSTINO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE a assumé la charge de collaborer avec la Mission pour la rédaction de notes et la solution des problèmes d'organisation qu'elles soulèvent.

Les notes méthodologiques sur le point d'être publiées sont : "création des fichiers définitifs destinés à recevoir l'ensemble des données pluviométriques collectées dans le Nordeste du Brésil. Utilisation du système IBM 360/30 . "Mise en oeuvre de la chaîne de traitement des données pluviométriques à la SUDENE : instructions pour obtenir des fichiers critiques". "Création des fichiers critiques des données hydrométriques de la SUDENE système IBM 360/30". "Mise en oeuvre de la chaîne de traitement des données hydrométriques de la SUDENE et de la création de fichiers sur bandes magnétiques".

L'effort entrepris par la SUDENE dans le domaine des études de bassins représentatifs va aboutir en 1975 à collecter un plus grand volume de données, le nombre d'ensembles de bassins en exploitation étant passé de 2 à 4 pour la campagne 1974-75. Parallèlement, l'exploitation et l'interprétation des données se poursuit, en ayant pour objectif principal la synthèse des résultats des campagnes effectuées sur le RIACHO DO NAVIO : travail déjà largement commencé par le Dr PEDRO AUGUSTO SANGUINETTI FERREIRA au cours de son stage en France, et qu'il a repris en mains à RECIFE à partir de mai 1975.

Enfin, dans le prolongement de ses activités dans le domaine de la planification, J.F. NOUVELOT s'est attaché en 1975 à superviser la publication en portugais de son rapport cité au paragraphe précédent (1974, f) rapport qui pourra être publié en français ultérieurement car il existe une minute dactylographiée, et à rédiger un nouveau rapport (J.F. NOUVELOT, 1975), où il part des conclusions du découpage du Nordeste en zones hydrologiquement homogènes, pour aborder les problèmes posés par la situation actuelle du réseau hydrométrique, conseillant certaines modifications d'implantation de stations pour que ce réseau se rapproche aux moindres frais d'un "réseau minimal" dans les bassins où il est déjà assez dense. En outre, J.F. NOUVELOT a supervisé la publication en portugais d'un certain nombre de notes méthodologiques déjà rédigées en 1974 ( J.F. NOUVELOT 1974 h et i) sur les problèmes de bassins représentatifs.

## II INVENTAIRE ET ANALYSE CRITIQUE DES DONNÉES HYDROPLUVIOMETRIQUES

### 2.1 Inventaire et saisie des données

#### 2.1.1. Données pluviométriques

L'inventaire à réaliser concernait des données pouvant être classées grosso-modo en deux ensembles a) données recueillies par la SUDENE depuis que celle-ci avait pris en charge la maintenance du réseau et la création des stations, b) données recueillies dès le début du 20<sup>e</sup> siècle par d'autres organismes.

Le premier ensemble se présentait sous forme de bulletins originaux dont la localisation, souvent hors de la SUDENE, le classement et l'état de conservation ne permettaient plus une utilisation systématique car ils avaient été soumis à trop

de manipulations lors des déménagements successifs de la Division d'Hydrologie de la SUDENE. D'ailleurs des copies sur fiches de carton pouvaient remplacer ces bulletins et la décision avait été prise, après consultations de l'ORSTOM, de perforer les données de ces fiches dans un format très peu différent de celui de l'ORSTOM (2 cartes perforées par station - mois) ; le résultat de ce travail (que la Mission a fait compléter par la perforation des données originales de 1971, dans l'attente de l'adoption d'un autre système de saisie, se traduit comme suit :

Etats	Nombre de stations - années de données perforées
MARANHAO	855
PIAUI	1985
CEARA	3494
RIO GRANDE DO NORTE	1279
PARAIBA	1302
PERNAMBUCO	2496
ALAGOAS	609
SERGIPE	610
BAHIA	4325
MINAS GERAIS	813

Au total, cela fait 17768 stations-années pour le Nordeste, c'est à dire théoriquement 426 432 cartes perforées. En réalité, les lacunes d'observation se traduisant par l'absence des couples de cartes correspondant aux mois considérés (les lacunes étant toujours d'un nombre entier de mois), le nombre total de cartes perforées a été de l'ordre de 400 000 (équivalent de 16 600 stations années complètes) car on peut compter environ 7 % de lacunes, affectant en grande partie la première année d'observation (1961, 1962, 1963 suivant les postes).

Le deuxième ensemble était, pour une grande part, constitué par les données du DNOCS dont le volume peut être estimé à 27 000 stations années si l'on considère la période antérieure à 1963. Pour centraliser à RECIFE les opérations de saisie sur bandes magnétiques, la solution adoptée a été de microfilmer les bulletins mensuels et autres documents originaux, sur les lieux où ils se trouvaient (bureaux du DNOCS dans les divers Etats) au total, 420 000 documents mensuels ont été microfilmés, dont quelques-uns correspondent aux mêmes données rencontrées sur deux imprimés différents, et d'autres peuvent correspondre à des données déjà perforées sur cartes ; la classification parfaite et la comptabilisation des données saisies (sans prendre en compte celles qui proviennent d'une duplication), est en cours de réalisation par traitement à l'ordinateur. On peut dire dès à présent que la saisie des données anciennes du DNOCS est pratiquement terminée. En effet, elle a été réalisée sur cassettes magnétiques grâce à l'ensemble d'équipements OLIVETTI installé dans les locaux de l'ATECEL à RECIFE, et à l'équipe d'opérateurs engagée par cette Association dans le cadre de la Convention qui la lie à la SUDENE ; la gravure sur cassettes était réalisée par 2 équipes de 3 opérateurs et un chef d'opération utilisant à temps complet (de jour) les 2 claviers "DE - 521" et les 2 claviers "DE - 523" ; l'un de ces derniers, relié à l'unité de bande magnétique "UN 812", permettait de libérer les cassettes en gravant leur contenu sur bande compatible destinée au traitement sur l'ordinateur de la SUDENE ; le volume d'information ayant ainsi été mis sur support magnétique correspond à 12 bandes de 2400 pieds et 1600 BPI, c'est-à-dire environ

30 000 stations-années (30 000 enregistrements mensuels par bande). Pour estimer le volume total des données disponibles antérieures à 1972, en réunissant les deux ensembles "données de la période SUDENE" et "données anciennes du DNOCS" on peut ajouter ces 30 000 stations-années aux 16 600 stations-années complète du premier ensemble, et retirer plus de 1000 stations-années correspondant à des données postérieures à 1960 qui ont été incluses dans chacun des deux ensembles : on arrive ainsi à environ 45000 stations-années. Si l'on compare ce bilan à ceux effectués antérieurement (rapport d'Hydroservice en 1961 et publication de données "in natura", bilans que l'on peut actualiser grossièrement), on voit que presque tous les documents originaux correspondants ont pu être retrouvés et que probablement certaines lacunes vont être comblées.

Il convient de souligner le haut rendement obtenu dans la deuxième phase de saisie de données, grâce à la qualité du matériel OLIVETTI et à l'efficacité du personnel de l'ATECEL dans cette opération, c'est à la suite de ce succès que la SUDENE a confirmé sa décision d'effectuer de la même façon la saisie des données postérieures à 1971.

L'inventaire des données pluviométriques anciennes (celles du second ensemble défini au début du paragraphe) a concerné également environ 4000 stations-années disponibles dans les archives du DNAEE, et leur saisie sur cassettes permet de constituer un fichier brut pratiquement complet pour le Nordeste, car les autres sources de données ne fourniront qu'un faible accroissement de l'information.

#### 2.1.2 Données hydrométriques

Comme les données pluviométriques, celles-ci se présentaient en deux ensembles : celui des données recueillies par la SUDENE depuis 1962, et celui des données du DNOCS, recueillies antérieurement.

Le premier ensemble se trouvait disponible dans les dossiers de 150 stations à la Division d'Hydrologie de la SUDENE, groupant chacun les bulletins limnimétriques, et éventuellement les liste de jaugeages, courbes d'étalonnage sur papier bi-logarithmique, dessins des limnigrammes mensuels ou annuels ayant servi à estimer des cotes moyennes journalières, et tableaux de débits journaliers (et enfin, éventuellement, les limnigrammes enregistrés). Les opérations de saisie à effectuer concernaient les cotes limnimétriques (1 à 16 par jour), et les résultats des jaugeages, exclusivement, car la saisie des débits, aussi bien calculés fussent-ils, aurait entraîné des difficultés insurmontables au stade de la consistance : il valait mieux prévoir un système de traduction automatique de cotes en débits (voir la description de la chaîne de traitement, paragraphe 2.2.2). Les formats de saisie ont été imaginés en adoptant pour support la carte perforée ; bien que, dans la dernière phase des opérations de saisie et pour des raisons de disponibilité de matériel, on ait décidé d'utiliser le support d'entrée "cassette magnétique", un changement de format n'était pas justifié étant donné le faible volume de données restant à saisir : nous avons donc des cartes perforées (ou enregistrements sur cassettes) à raison - a) d'une par jour avec 16 relevés horaires

dans la journée, dans l'un des cas extrêmes, b) d'une carte pour 1 à 4 jours dans le cas où il y a au maximum 3 relevés par jour, c) d'une carte pour une période quelconque de 1 à 31 jours consécutifs du même mois dans le cas d'arrêt de l'écoulement ou d'arrêt d'observations.

Le deuxième ensemble de données a fait l'objet d'un inventaire à l'occasion du microfilmage des documents, du DNOCS effectué en même temps que celui des documents pluviométriques : 14049 microfilms, correspondant à près de 1200 stations-années de données anciennes, sont actuellement disponibles à la SUDENE.

Le nombre total de cartes perforées ou en cours de perforation est de 108.000 et va passer à 124.000 en comptant les données en préparation. Ceci correspond à 159 stations, soit environ 60 % des stations inventoriées mais les 40 % qui restent ne vont apporter qu'une faible augmentation du nombre de cartes perforées (durée courtes d'observations, petits bassins restant à sec 6 à 10 mois par an) de plus parmi les données non perforées jusqu'ici, il y a des cotes de plan d'eau dans des retenues dont l'utilisation n'est pas une opération prioritaire.

## 2.2 Etablissement des chaînes de traitement

L'introduction du calcul automatique dans le traitement des données hydro-pluviométriques avait été envisagé avant l'arrivée de la Mission Française, et divers ensembles de données avaient même été traités afin d'obtenir des listes brutes et de conserver les données sur bandes magnétiques. Cependant, mis à part un ensemble de données de température dont l'utilisation n'est toujours pas actuellement un objectif prioritaire, la saisie ne concernait pratiquement que des données pluviométriques journalières anciennes d'une faible partie du réseau (dans l'état du CEARA) ou des données mensuelles "in natura" (donc brutes). D'autre part, un fichier de données d'identification des stations des divers réseaux existait déjà à la SUDENE, et pouvait faciliter la mise au point de programmes d'édition. Il restait principalement à créer des fichiers critiqués contenant la totalité de l'information disponible en matière de précipitations journalières, de cotes et débits des cours d'eau correspondant aux lectures d'échelles, et de pluviographie et limniographie dans la mesure où un équipement de saisie serait adopté ; les programmes à mettre au point en priorité pour assurer la création de ces fichiers présentaient relativement plus de difficultés que les programmes de traitement spécialisé (analyse statistique, corrélations) qui devaient suivre, car ces derniers peuvent être le fruit d'une simple adaptation de programmes existants (ceux du Service Central Hydrologique de l'ORSTOM).

### 2.2.1. Présentation générale des 4 chaînes de traitement existantes

A l'arrivée de la Mission Française, la saisie et la consistance des données pluviométriques commencées à l'atelier de perforation de l'ATECEL de CAMPINA GRANDE étaient suffisamment avancées (cf. 2.1.1.) pour que la Mission

puisse juger de la qualité de ce travail et décider qu'il était bon de le poursuivre, en améliorant la recherche des erreurs corrigibles et en visant la constitution d'un fichier provisoire dit "des données SUDENE": ce fut possible grâce à la collaboration de IAN JAMES WELSH, analyste à l'ATECEL.

Le fichier obtenu n'était que provisoire car sa structure allait être modifiée lors de son incorporation au fichier général pluviométrique conçu pour être géré par le Centre de Calcul de la SUDENE. Ainsi, à l'amont de cette fusion il y a deux chaînes de traitement parallèles aboutissant chacune à un fichier critiqué: la chaîne sur IBM 1130 et IBM 360/20 opérationnelle à l'ATECEL à CAMPINA GRANDE et la chaîne sur IBM 360/30 opérationnelle à la SUDENE à RECIFE, différente de la première essentiellement par l'absence du support intermédiaire "carte perforée" et par le fait que les totaux mensuels sont digités systématiquement pour contrôle.

Quant aux données limnimétriques et de débits, leur traitement devait être mis au point entièrement, aucune décision n'ayant encore été prise à leur sujet, même pas pour le choix des formats de saisie. Là aussi, il a fallu créer successivement deux chaînes de traitement, uniquement à cause du changement d'ordinateur qui nous a été imposé: initialement seul l'IBM 1130 de l'ATECEL à CAMPINA GRANDE était disponible, mais dès que l'IBM 360/30 de la SUDENE a été installé, son utilisation devint la meilleure solution à envisager puisqu'elle permettait de créer un fichier sur bandes magnétiques.

## 2.2.2. Chaînes de traitement de la pluviométrie

### 2.2.2.1. Chaîne sur IBM 1130 - 16 K et sur IBM 360/20

Cette chaîne a servi à créer le fichier critiqué provisoire des "données SUDENE". Elle comprend:

a) Un programme de consistance préliminaire signalant les erreurs grossières; celles-ci étant corrigées par re-perforation des cartes erronées, on obtient un "fichier brut"

b) Un ensemble de deux programmes qui furent réunis en un seul pour fournir les résultats de divers tests de qualité (données arrondies, ou correspondant à un multiple du contenu des éprouvettes, faibles pluies non observées ou cumulées) et des tableaux de précipitations mensuelles permettant la vérification visuelle de leur vraisemblance, et souvent la découverte et la correction d'erreurs.

c) Un programme de contrôle admettant en entrée, à la fois le fichier principal et un lot de cartes perforées fournissant le total mensuel, le nombre de jours de pluie du mois et la hauteur journalière maximale du mois, correspondant à chaque bulletin original que l'on désire utiliser pour le contrôle du fichier principal (ce dernier provenant, rappelons-le, de la perforation de copies et non d'originaux). Des corrections ont été décidées après exécution des deux derniers programmes, et les cartes correspondantes ont été re-perforées, pour obtenir ainsi un "fichier critiqué"

d) Un programme d'édition des données journalières à raison d'une page par station -année avec une partie récapitulative comprenant les totaux mensuels en mm et en % du total annuel, les hauteurs journalières maximales de chaque mois, les nombres de jours de pluie par mois et pour l'année, le total annuel et la hauteur journalière maximale de l'année.

e) Un programme d'édition des données mensuelles à raison d'un tableau, généralement d'un tiers de page par station contenant la série chronologique des hauteurs mensuelles et annuelles et les 13 moyennes pour la période (quand il n'y a pas de lacunes), les données jugées douteuses sont signalées à l'ordinateur par un jeu de cartes spéciales et l'impression se fait alors entre parenthèses ou même, si la donnée a été jugée très douteuse quant à son ordre de grandeur, elle est remplacée sur le listing par un signe spécial (\*\*\*) et les moyennes ne sont pas calculées.

Cette chaîne sur IBM 1130 a été complétée et les deux programmes d'édition ont été adaptés afin de transférer le fichier de cartes perforées sur bandes magnétiques et de traiter celles-ci sur le nouvel ordinateur IBM 360/20 de l'ATECEL, toujours à CAMPINA GRANDE.

Un dernier programme, utilisant ces bandes magnétiques en entrée, fournit un listing d'inventaire des données, où chaque station-année complète apparaît sous forme d'une liste identifiée, des initiales des 12 mois de l'année (et où chaque lacune d'un mois apparaît par l'absence de l'initiale correspondante).

#### 2.2.2.2. Chaîne sur IBM 360/30 - 64 K

La création du "fichier brut" des données anciennes est assurée à partir de la saisie sur bandes magnétiques avec l'équipement DE 520 OVIVETTI, par les trois programmes suivants :

a) programme éliminant les enregistrements de taille inférieure à la taille standard (il faut signaler ici qu'il ne peut y avoir d'autres défauts dus à l'opérateur de digitalisation, et susceptibles de provoquer spontanément des messages d'erreurs de la part de l'ordinateur, car le système DE-520 refuse de graver l'enregistrement tant que l'opérateur n'a pas corrigé de tels défauts)

b) Programme de tri (utilitaire), effectuant le classement par Etat, puis par station, puis par ordre chronologique (année, mois)

c) Un programme fournissant un listing d'inventaire des données a été mis au point pour aider ultérieurement les recherches d'erreurs au cas où elles sont liées à des perturbations dans l'ordre chronologique des microfilms : ce programme est calqué sur le dernier de ceux qui sont décrits au paragraphe 2.2.2.1. Il est évidemment utilisé avant le programme de tri mentionné précédemment. Le passage du fichier brut au fichier critiqué se fait par le jeu de deux programmes séparés par un travail d'interprétation

ce dernier aboutissant à définir des corrections qui sont perforées sur cartes puis gravées sur une bande de travail :

a) Programme de consistance, signalant les erreurs les plus courantes telles que : deux enregistrements mensuels consécutifs ayant même en-tête et des données pluviométriques différentes et vice-versa, cas de non-concordance des données journalières et du total mensuel digitalisé, cas de données fictives apparaissant au-delà du dernier jour du mois

b) Programme de "balance-line" exécutant les corrections désirées sur le fichier : corrections préparées par des hydrologues chargés de confronter le listing de consistance et les microfilms, et de rédiger des bordereaux pour la perforation, sur cartes, des corrections codifiées. L'exécution des deux programmes ci-dessus est pratiquée, comme toujours pour ce type de programme, alternativement jusqu'à élimination complète des erreurs, mais dès le premier passage du "balance-line", apparaissent dans un champ jusqu'alors inutilisé divers paramètres dont les valeurs codifiées peuvent informer l'utilisateur du fichier au sujet de la nature du document digitalisé, de la nature des corrections qui ont été effectuées et de l'incertitude qui peut subsister malgré ces corrections.

A l'aval de la création du fichier critiqué, la chaîne de traitement comprend essentiellement

a) Un programme fournissant les résultats de tests de qualité, calqué sur le 2<sup>e</sup> programme de la chaîne sur IBM 1130 (voir § 2.2.2.1), mais ayant pu être placé bien plus loin à l'aval dans cette chaîne-ci car la sécurité de la saisie est meilleure (essentiellement par le contrôle du total), et la consistance est plus sévère (nouveau contrôle du total). D'autre part, s'agissant d'un traitement de séries chronologiques plus longues, il a été décidé de conserver les résultats des tests sur bande magnétique, pour utilisation ultérieure sous la même forme (année par année) ou après totalisation sur diverses périodes.

b) Un programme traçant les courbes de totaux cumulés comparés, écrit pour ordinateur IBM 1130 de 16 K et testé à l'ATECEL à CAMPINA GRANDE au début de la Mission (voir § 1.2). Les données d'un ensemble de N stations (11 au maximum) sont traitées pour fournir, sur traceur N graphes de (N-1) courbes de comparaison chacun, avec un choix automatique d'échelles permettant d'obtenir, dans le cas de séries homogènes, des courbes oscillant autour de droites parallèles. Les stations jouant, chacune sur un graphe déterminé, le rôle de station de base, c'est lorsqu'un graphe présente des oscillations de type "cassuré" avec un "parallélisme" certain entre les diverses courbes, que la série de base correspondante est réputée hétérogène.

L'interprétation des résultats des deux traitements ci-dessus, tests de qualité et tests d'homogénéité, permettent de définir pour certaines stations et certaines périodes des coefficients de correction qui ont leur place dans le "cadastre" de données mensuelles créé à partir du "grand cadastre" ou fichier général des données journalières.

## 2.2.3 Chaînes de traitement de l'hydrométrie

### 2.2.3.1. Chaîne sur IBM 1130 - 16K

Cette chaîne a été conçue pour fournir un fichier critiqué sur cartes perforées, contenant toutes les observations de cotes obtenues par lecture d'échelles et en matière de débits les résultats de jaugeages, d'une part, les débits moyens journaliers d'autre part. Elle est formée par les programmes suivants :

a) Programmes SH 301 et SH 391 effectuant des tests de consistance sur les cotes limnimétriques, et différant seulement entre eux par les sorties imprimées et la vitesse d'exécution. En plus des messages d'erreurs prévus, le premier fournit un listing des cotes alors que le second ne fournit qu'une liste des mois traités. Ces programmes effectuent, en même temps, le transfert sur disque magnétique (de capacité 300 K mots) des cotes limnimétriques à raison d'un enregistrement par jour, le fichier dit "OTEUR" étant défini pour recevoir au maximum 30 stations-années. Un autre fichier dit "LETSL" reçoit en même temps une information qui lui permettra de servir de clé d'accès (identification de chacune des stations-années traitées), à raison d'un enregistrement par station-année.

Les messages d'erreurs prévus signalent essentiellement les cas de cotes dépassant une valeur maximale admise (et introduite en donnée d'entrée), et les cas où il n'est pas fait référence, sous une forme codifiée ou une autre, à tous les jours du mois dans l'ordre chronologique ; la gravure sur disque n'est exécutée que pour les mois ne présentant aucune erreur, et c'est pourquoi les corrections doivent être effectuées après re-perforation des cartes erronées en introduisant les données du mois entier correspondant

- b) Programme DUMPH, fournissant une liste des 30 stations-années sur le disque, et, sur demande, la liste complète des hauteurs correspondantes
- c) Programme SH 305 de traitement des cartes de résultats de jaugeages (cartes où figurent en particulier cote, débit, surface mouillée et largeur)

Ce programme fournit deux listes des jaugeages avec les données des cartes d'entrée et la vitesse moyenne calculée, une liste chronologique et une par ordre de débits croissants, ces deux listes facilitant le contrôle visuel, et deux graphes sur table "frasaulé" où apparaissent les points de coordonnées "Cote" "débit" avec un figuré qui peut être différent suivant les jaugeages (possibilité de définir au maximum 6 groupes de jaugeages, successifs dans l'ordre chronologique, et d'affecter un figuré à chaque groupe).

Pour le tracé des deux graphes à des échelles convenables, on fournit à l'ordinateur les données suivantes : cote minimale à laquelle sera tracé l'axe des débits, cote et débit maximaux limitant le premier graphe, cote et débits maximaux limitant le second graphe où l'on veut, à une échelle plus grande, obtenir une représentation plus claire du nuage de points de basses eaux.

L'interprétation de ces graphes conduit au tracé, à la main, de la ou des courbes d'étalonnage correspondant aux divers groupes de jaugeages. Chaque courbe est alors découpée en tronçons (au maximum 16) choisis de telle sorte que chacun d'eux soit approximativement un arc de parabole d'axe parallèle à l'axe des débits.

d) Programme SH 306 de calcul des équations des courbes d'étalonnage. Ce programme, calqué sur le POH 302 de l'ORSTOM, utilise des ensembles de coordonnées de trois points par tronçon (les deux points extrêmes et un point intermédiaire), et fournit pour chaque tronçon l'équation de la parabole passant par ces trois points ; il édite un barème de contrôle de 10 en 10 cm et perfore sur cartes les coefficients des équations calculées.

e) Programme SH 308 de traduction de cotes en débits ; ce programme utilise le fichier OTEUR dans lequel le SH 301 a gravé des cotes instantanées, et les cartes de coefficients des équations des courbes d'étalonnage fournies par le SH 306 ; il calcule les débits instantanés correspondant à chacune des cotes, calcule les débits moyens journaliers (qui sont des moyennes de débits instantanés pondérés par des intervalles de temps), et grave ces débits moyens sur le disque dans le fichier dit "DESCA" à raison d'un enregistrement par mois (la taille du fichier est donc de 360 enregistrements, pour les 30 stations-années pouvant être admises).

f) Programme SH 309 de perforation des débits moyens journaliers. Cette opération ne pouvait être exécutée par le programme précédent SH 308 au fur et à mesure du calcul car l'ordinateur utilisé n'est relié qu'à une seule unité à la fois lectrice et perforatrice de cartes, dans laquelle la perforation se fait à l'aval de la lecture dans le même couloir et à partir du même magasin. Le SH 309 fournit deux cartes par mois avec un format voisin de celui de l'ORSTOM, comprenant des champs d'identification et 16 champs de débits journaliers : si la carte correspond à la première quinzaine d'un mois, le 16ème champ de débit est occupé par le débit maximum instantané du mois.

g) Programme SH 302 de tracé de limnigrammes ; ce programme utilise les fichiers LETSL et OTEUR remplis par le SH 301, et lit des cartes perforées d'identification de station et de résultats de jaugeages ; il exécute des graphes suivant les consignes reçues soit par cartes perforées, soit par messages digités à la console, les diverses options possibles étant principalement le tracé des points "date-cote" sans liaison, avec liaison par segments de droite d'un point au suivant, ou par paliers horizontaux partant de chacun des points (donnant un histogramme), le tracé éventuel de lignes de rappel verticales tous les 10 jours, la superposition éventuelle de plusieurs limnigrammes, et le report éventuel des points de jaugeage.

h) Programme SH 310 de tracé d'hydrogramme ; ce programme utilise les cartes perforées de débits journaliers fournies par SH 309, et exécute le tracé en ordonnées logarithmiques à cinq modules, avec des codes spéciaux pour représenter les débits nuls (sur une ligne prévue au-dessous de l'axe des temps), les débits probablement nuls malgré un étalonnage douteux (croix le long de la ligne précédente), les débits non nuls inférieurs à la limite inférieure de la gamme de débits étalonnés (croix le long de l'horizontale issue du point de l'hydrogramme qui précède ces débits), et les débits supérieurs à la limite supérieure de la gamme étalonnée (croix le long d'une ligne située au-dessus du 5ème module).

La chaîne de traitement sur IBM 1130 - 16 K peut être actuellement exécutée presque entièrement sur un ordinateur de 8 km comme celui de l'Université Fédérale du Pernambuco. Les adaptations nécessaires pour pallier l'insuffisance de la taille de la mémoire centrale ont été effectuées pour ce qui concerne le SH 305 ; seul le SH 302 exige encore 16 K pour être exécuté. C'est dire l'intérêt d'une telle chaîne de traitement quand on connaît la grande quantité d'ordinateurs de cette petite taille existante dans de nombreux pays en voie de développement et dans de nombreuses villes de pays plus développés.

#### 2.2.3.2. Chaîne sur IBM 360/30 - 64 K.

La différence fondamentale entre cette chaîne et la précédente est que, grâce à la possibilité de créer des fichiers sur bandes magnétiques sans limitation de taille, les débits instantanés correspondant à chacune des lectures d'échelles sont conservés dans un fichier permanent. Les fichiers sur bandes sont ainsi au nombre de quatre : celui des cotes, celui des débits instantanés, celui des débits moyens journaliers bruts et celui des débits journaliers complétés par diverses méthodes excluent un nouveau passage du programme de traduction (interpolations, corrélations, etc ...).

a) Programme SHM 391, calqué sur le SH 391 qui lui correspond dans la chaîne sur IBM 1130 : il vérifie la consistance des cotes entrées sur cartes perforées et leur gravure sur le fichier "d'attente" COTAS (sur disque) ; en même temps, le fichier PILOT, qui doit servir de clé d'accès aux autres fichiers du disque, est actualisé par gravure de l'identification de chaque station-année nouvellement enregistrée et de paramètres décrivant les 12 enregistrements mensuels de cotes correspondants. Un listing est émis par la subroutine DUMPIL pour visualiser le contenu du fichier PILOT. Liste des 50 adresses disponibles sur PILOT, avec pour chacune d'elles la mention "disponible" ou l'identification de la station-année qui l'occupe et dans ce dernier cas, pour chaque mois l'indication codifiée des traitements effectués (SHM 391, SHM 308, SHM 309).

b) Programme SHM 305, calqué sur le SH 305, qui traite toutes les cartes de résultats de jaugages mais ne fournit pas de graphe car il n'existe pas de périphérique traceur.

c) Programme SHM 306, calqué sur le SH 306, qui établit les barèmes d'étalonnage mais les présente par un tableau à double entrée, avec valeurs du débit de centimètre en centimètre ; de plus, il perfore, sur demande, autant de jeux de cartes de coefficients qu'il en faudra pour exécuter le programme de traduction, dans le cas où les courbes déterminées sont valables alternativement plusieurs fois chacune.

d) Programme SHM 308, calqué sur le SH 308, qui exécute la traduction des cotes en débits instantanés, calcule à partir de ces derniers les débits moyens journaliers, et enregistre sur disque ces deux ensembles de données "débits", respectivement dans les fichiers "d'attente" QINST et QDIA. En même temps le fichier PILOT, défini plus haut à propos du SHM 391, est actualisé et son contenu est édité par la sous-routine DUMPIL.

e) Programme ALTER 1, qui permet, tant que les données "cotes" et "débits" ne sont que sur disque, de corriger l'identification de la station correspondante (orthographe du nom, et n° de code) ; la sous-routine DUMPIL, ici aussi, édite un listage du fichier PILOT actualisé.

f) Programme SHM 309, qui décharge les trois fichiers COTAS, QINST et QDIA respectivement sur trois bandes porteuses des fichiers permanents COTES, QIST, QMJR, et QMJC, ces deux derniers fichiers recevant chacun, de la même façon, le contenu de QDIA. Il existe deux options, la première étant le déchargement automatique de toutes les stations années traitées par SHM 391 et SHM 308 (stations années que le fichier PILOT permet de sélectionner), la seconde étant le déchargement de certaines stations à la demande, traitées ou non par SHM 308 (stations étalonnées ou non, et même stations limnimétriques de barrages). La sous-routine DUMPIL édite un listage du fichier PILOT actualisé, d'après lequel on sait que les adresses des stations-années traitées entièrement par SHM 309 peuvent être occupées automatiquement pour graver de nouvelles données par SHM 391, au même titre que les adresses portant la mention "disponible".

g) Programmes SHM 311, 312, 313 et 314 qui classent les données (par station puis par année) respectivement dans chacun des fichiers sur bande COTES, QIST, QMJR et QMJC.

h) Programme SHM 320 qui édite, dans un format utilisable pour des publications, un tableau de débits moyens journaliers par station-année, moyennant l'appel des stations demandées. Il utilise pour cela l'un des fichiers QMJR ou QMJC, qui sont différents après traitement par SHM 321.

i) Programmes LISTCOT et LISTQIST, qui fournissent un listing de travail présentant des données respectivement "cotes" ou "débits instantanés", à partir de la lecture des fichiers COTES ou QIST.

j) Programme SHM 321, qui est un "balance-line" exécutant des corrections sur le fichier QMJC en fonction de données perforées sur cartes puis gravées sur une bande de travail (introduction de débits journaliers estimés par interpolation dans le temps, ou par un calcul hydraulique en cas de cote supérieure à la limite d'extrapolation de la courbe d'étalonnage ou par corrélation avec une station très voisine, etc ...).

Les données nouvelles de débits journaliers prises en compte ici remplacent en général des valeurs conventionnelles négatives que le programme SH 308 avait introduites pour exprimer l'absence de relevés ou d'étalonnage ; un paramètre est gravé sur le fichier à côté de chaque débit journalier et indique, par sa valeur spécialement codifiée à cet effet, quel a été le procédé utilisé pour estimer ce débit, ou bien s'il s'agit du procédé normal mis en oeuvre par le SH 308.

k) Programme LISTQMJ, qui fournit suivant les options introduites, un listing de travail des débits journaliers, ou un lot de cartes perforées permettant de traiter ces débits par le SH 310 sur IBM 1130 (tracé de l'hydrogramme = voir § 2.2.3.1.), ou les deux choses à la fois.

## 2.3. - Etat d'avancement de la création des fichiers -

### 2.3.1. Les données pluviométriques de la "période SUDENE".

sont disponibles sur cartes perforées et sur bandes magnétiques dans des fichiers critiqués créés par l'ATECEL à CAMPINA GRANDE avec l'orientation et la collaboration de la Mission Française. Le contenu de ce fichier fait l'objet d'une publication intitulée "Dados oluviométricos - periodo 196.. - 1971" (un fascicule par Etat, pour une période variable suivant l'Etat, la première année étant 1962, 1963 ou 1964).

Une "présentation" de 5 pages décrit la création du fichier critiqué, et quelques pages de commentaires propres à chacun des Etats, donnent en particulier la liste des stations présentant les défauts les plus graves qu'il est impossible d'éliminer (valeurs arrondies par les observateurs ...). Les données isolées douteuses par leur ordre de grandeur sont signalées dans les tableaux.

Ces tableaux donnent les données mensuelles et annuelles de tous les postes, et les données journalières des postes où les observations sont de meilleure qualité (environ 10 % des postes).

### 2.3.2. Les données pluviométriques anciennes du DNOCS.

sont disponibles dans un fichier brut sur bandes magnétiques, créé au Centre de Calcul (CPD) de la SUDENE. Quelques éléments de ce fichier ont déjà subi les traitements qui vont aboutir à la création du fichier critiqué, ceci à l'occasion de la mise au point de la chaîne de programmes sur IBM 360/30.

### 2.3.3. Les données hydrométriques.

Le fichier brut de données de la période SUDENE si l'on appelle ainsi l'ensemble des hauteurs d'eau observées et des résultats de jaugeages, est disponible sur cartes perforées. Pour 30 % de ce fichier, il existe également des lots de cartes perforées de débits moyens journaliers qui représentent un fichier quasi-critiqué résultant de la mise en oeuvre de la chaîne de traitement provisoire sur IBM 1130, ou à l'occasion de sa mise au point, de la chaîne sur IBM 360/30.

Les fichiers sur bandes magnétiques ont été créés et ont déjà reçu 1257 enregistrements.

## 2.4. Utilisation de la banque de données.

L'ensemble des fichiers décrits plus haut ne constitueront vraiment une banque de données utilisable qu'une fois exécutée la critique complète d'un volume suffisant d'information : au minimum, par la consistance de longues séries de données pluviométriques relatives à toutes les

stations de quelques grands bassins et le calcul des débits critiqués aux stations hydrométriques des mêmes bassins.

Les travaux d'analyse statistique et études à caractère monographique, prévus lors de l'établissement de la Convention entre la SUDENE et l'ORSTOM, pourront alors être développés efficacement.

### 3 - PLANIFICATION DES IMPLANTATIONS ET CONSEILS DE GESTION DES BASSINS REPRESENTATIFS -

#### 3.1. Planification des implantations.

La SUDENE ayant opté pour une politique d'études sur bassins représentatifs afin de collecter les informations qui lui manquent sur le cycle de l'eau à l'échelle de moins de 1000 km<sup>2</sup>, il était nécessaire qu'elle adopte un plan d'action à longue échéance, aboutissant à la création progressive de bassins dans des zones significativement différentes par leurs caractéristiques hydrologiques.

Ce plan devait, plus précisément, permettre d'acquérir les informations recherchées au rythme le plus rapide compatible avec une dépense minimale : il s'agissait d'un véritable problème de planification et l'ORSTOM était en mesure de le résoudre en appliquant une méthodologie déjà mise au point en France.

On désire qu'à l'issue des études de terrain, l'estimation des paramètres des régimes hydrologiques puisse être réalisée sur un bassin quelconque dépourvu d'observations de débits ; on prétend y arriver dans la mesure où l'ensemble des résultats obtenus sur bassins représentatifs :

a) couvre bien la gamme de variation des paramètres hydrologiques susceptible de se manifester dans la région,

b) vient prouver l'existence et préciser l'intensité des liaisons que l'on s'attendait, par analogie avec d'autres pays, à découvrir entre ces paramètres et les caractères physico-climatiques.

Il en résulte que la méthodologie de la planification consiste à découper la région en zones homogènes au point de vue physico-climatique, et à prévoir les implantations de bassins représentatifs dans des zones qui :

a) couvrent des surfaces importantes,

b) diffèrent entre elles par des variations assez nettes de l'un au moins des caractères physico-climatiques.

Pour cela, le choix des indices, numériques ou non, devant différencier les zones homogènes, est essentiel, et l'on comprendra pourquoi l'étude de planification a été présentée avec l'articulation suivante :

- description de la méthodologie,
- description sommaire de la région Nordeste du Brésil,
- documentation collectée,

- définition précise de la différenciation des zones homogènes, compte-tenu des indices représentant le climat, la perméabilité liée à la nature géologique des terrains, et le relief,
- inventaire des zones homogènes,
- conclusion et calendrier d'implantations de bassins représentatifs.

Rappelons ici seulement qu'elles ont été les classes de pluviosité moyenne, de perméabilité, de relief et d'altitude, retenues pour différencier les zones homogènes, ces quatre critères de différenciation étant cités dans l'ordre théoriquement décroissant de leur influence sur la potentialité d'écoulement superficiel (le dernier critère, altitude, intervenant par le fait qu'il est lié à la température moyenne, donc à l'évapotranspiration)

Critère	Définition des classes	indices des classes
Pluviosité	moins de 400 mm	H <sub>1</sub>
	de 400 à 600 mm	H <sub>2</sub>
	de 600 à 800 mm	H <sub>3</sub>
	de 800 à 1100 mm	H <sub>4</sub>
	de 1100 à 1500 mm	H <sub>5</sub>
	plus de 1500 mm	H <sub>6</sub>
Perméabilité	terrains imperméables	P <sub>1</sub>
	" de faible à moyenne perméabilité	P <sub>2</sub>
	" de moyenne à forte perméabilité	P <sub>3</sub>
	" de très forte perméabilité	P <sub>4</sub>
	" perméables "en grand" (karst ...)	P <sub>5</sub>
Relief	dénivelée spécifique inférieure à 10 m	R <sub>1</sub>
	" " de 10 à 25 m	R <sub>2</sub>
	" " de 25 à 50 m	R <sub>3</sub>
	" " de 50 à 100 m	R <sub>4</sub>
	" " de 100 à 250 m	R <sub>5</sub>
	" " de 250 à 500 m	R <sub>6</sub>
	" " supérieure à 500 m	R <sub>7</sub>
Altitude	moins de 500 m	A <sub>1</sub>
	de 500 à 800 m	A <sub>2</sub>
	de 800 à 1000 m	A <sub>3</sub>
	plus de 1000 m	A <sub>4</sub>

Rappelons aussi que, d'une manière assez sommaire, on a introduit une différenciation climatique supplémentaire concernant la répartition mensuelle des pluies : la région Nordeste a été divisée en deux sous-régions, l'une présentant un hyétogramme annuel à une seule pointe, l'autre (couvrant surtout l'Etat de BAHIA) un hyétogramme à plusieurs pointes et évidemment plus étalé, les indices des classes de pluviométrie dans cette seconde sous-région étant par convention H<sub>1</sub><sup>+</sup>.

Rappelons enfin que, le facteur superficie intervenant très fortement dans les variations des paramètres hydrologiques, toute étude locale de bassin représentatif doit comporter le contrôle de plusieurs bassins, si possible imbriqués ; cependant, pour simplifier, le terme "bassin" sera employé dans la suite du texte pour désigner ces ensembles de bassins.

### 3.2. Bassins représentatifs installés et projetés.

Les bassins représentatifs déjà installés avant notre étude de planification étaient les suivants, représentant respectivement deux zones physico-climatiques que nous caractérisons par leurs indices de classes :

- RIACHO DO NAVIO, dans le haut-PAJEU, affluent de rive gauche du SAO FRANCISCO, dans le Sertao du PERNAMBUCO (zone H<sub>2</sub> - H<sub>3</sub> / P<sub>1</sub> / R<sub>5</sub> / A<sub>1</sub> A<sub>2</sub>)

- SUME, dans le haut-PARAIBA, dans le Sertao de l'Etat de PARAIBA (zone H<sub>2</sub> / P<sub>1</sub> / R<sub>5</sub> / A<sub>2</sub>)

On voit que les zones représentées par ces deux bassins ne sont pas très nettement différentes, ce qui prouve qu'on n'aurait pas choisi à la fois ces deux implantations si l'on avait connu les conclusions de l'étude de planification. Par contre, avant que celle-ci soit terminée, il est apparu évident que l'on devait :

a) reprendre les études sur le bassin de QUIXADA, dans le haut-BANABUIU, affluent du JAGUARIBE, dans l'Etat du CEARA, bassin où l'on possédait déjà les résultats de deux campagnes effectuées par le Groupe d'Etude de la Vallée du JAGUARIBE (résultats un peu incomplets mais pouvant être ainsi valorisés, et représentant une zone différente : H<sub>3</sub> / P<sub>1</sub> / R<sub>4</sub> - R<sub>5</sub> / A<sub>1</sub>)

b) installer un bassin dans la zone littorale du Sud de l'Etat de PERNAMBUCO, sur terrains cristallins, région déjà proposée par la Mission Française en 1973 pour étudier les conditions d'occurrence des plus fortes ruissellements possibles dans le Nordeste (le bassin choisi est celui d'ESCADA, sur le PATACHOCA, affluent de rive gauche de l'IPOJUCA, et la zone représentée est H<sub>6</sub> / P<sub>1</sub> / R<sub>5</sub> / A<sub>1</sub>)

Enfin, ayant achevé l'inventaire des bassins représentatifs du Nordeste actuellement exploités, nous pouvons citer :

- ceux qui ont été fermés à l'issue des campagnes effectuées de 1963 à 1965 : bassins du CARIRI et QUIXABINHA, dans le haut-SALGADO, affluent du JAGUARIBE créés par le Groupe d'Etude de la Vallée du JAGUARIBE et qui représentent la zone H<sub>4</sub> / P<sub>3</sub> / R<sub>5</sub> / A<sub>1</sub> A<sub>2</sub>

- ceux qui vont être installés en 1975 et dont l'implantation est déjà parfaitement définie : bassin du GRAMAME, sur le rio cotier du même nom, près de JOAO PESSOA - Etat de PARAIBA - (zone H<sub>5</sub> / P<sub>3</sub> / R<sub>4</sub> / A<sub>1</sub>) et bassin d'IRECE, sur le riacho du BANDEIRA, affluent du rio VERDE, lui-même affluent de rive droite du SAO FRANCISCO - Etat de BAHIA (zone H<sub>2</sub> / P<sub>2</sub> / R<sub>5</sub> / A<sub>23</sub>)

### 3.3. Conseils de gestion.

#### 3.3.1. Dispositif de mesures.

Il a été décidé d'adapter l'importance du dispositif de mesures aux possibilités des équipes de terrain chargées de les exploiter. On a fait fermer les stations d'accès difficile quand elles n'étaient pas indispensables à la connaissance des paramètres hydrologiques, en conservant, en principe, au minimum trois stations représentant respectivement des surfaces de l'ordre de 10 à 30 km<sup>2</sup>, de 30 à 100 km<sup>2</sup> et de 100 à 300 km<sup>2</sup>. L'expérience des campagnes antérieures exécutées sur le RIACHO do NAVIO et à SUMÉ montre que ces suppressions étaient nécessaires, d'autant plus qu'à SUMÉ, il fallait créer les stations contrôlant de faibles superficies.

Il n'empêche que si l'on considère un nouveau bassin à créer, il est bon de prévoir un nombre suffisant de stations pour représenter éventuellement des petites variations des paramètres hydrologiques, dues au fait que les conditions physico-climatiques rencontrées ne sont jamais rigoureusement homogènes. Dans cette optique, on a établi une liste-type de matériel à acquérir pour l'installation d'un nouveau bassin, et cette liste comporte en particulier 6 limnigraphes, mais il va de soi que, moyennant une prospection soignée, on devra essayer de choisir un dispositif plus léger, ou au moins ne présentant pas de difficultés d'accès.

Le choix précis des emplacements de stations dépend évidemment d'autres facteurs que les conditions d'accès, et sera guidé par les considérations développées par J.F. NOUVELOT (1974,i).

#### 3.3.2. Exécution des mesures.

Des conseils ont été prodigués aux équipes chargées des campagnes de bassins représentatifs : quelques conseils spécifiques à chaque bassin, comme la lecture des cotes avec une précision millimétrique aux petits déversoirs de certaines stations, et des conseils généraux concernant l'exécution des jaugeages (J.F. NOUVELOT, 1974,c), et des mesures de tout genre, y compris piézométrie, mesures de débits solides, de qualité des eaux et d'humidité du sol (J.F. NOUVELOT, 1974,i).

#### 3.3.3. Exploitation des données.

Il est rappelé dans le dernier rapport précité, quelles opérations doivent être faites sur les lieux du bassin étudié, afin de faciliter l'interprétation ultérieure, même dans l'hypothèse où celle-ci fera appel au calcul automatique.

Pour cette phase d'interprétation, il est nécessaire de déterminer avec précision les caractères physiques et morphologiques des divers bassins et sous-bassins : ces opérations seront facilitées par l'utilisation de la note de J.F. NOUVELOT (1974,h).

Quant au traitement automatique des données, il a pu être entrepris en partie à CAMPINA GRANDE grâce aux services de l'ATEGEL (perforation et consistance des données pluviométriques), en partie à PARIS à l'occasion du stage effectué par le Dr PEDRO AUGUSTO SANGUINETTI FERREIRA (traitement des données pluviographiques et limnigraphiques).

On envisage d'effectuer toutes les opérations à RECIFE en utilisant un lecteur de courbes D-MAG-Pencil - Follower dont la livraison est attendue dans le courant de 1975, et un ordinateur ayant une capacité de mémoire suffisante (éventuellement l'IBM 360/30 en service actuellement, à la SUDENE, à condition d'adapter les programmes de l'ORSTOM).

### 3.4. Aspect pédagogique des activités liées aux études de bassins représentatifs.

La nécessité d'obtenir des données sûres et précises oblige à faire un effort de formation complémentaire auprès des équipes de terrain. Un résultat très positif a déjà été obtenu en faisant adopter les méthodes de jaugeages à nombre de points variable par verticale, jaugeages par intégration et jaugeages continus.

À l'occasion des travaux d'interprétation, les hydrologues, en particulier les ingénieurs, sont confrontés à la nécessité d'expliquer les phénomènes, en particulier celui de la formation des crues. Leur expérience des études utilisant les données du réseau général est insuffisante ici car l'analyse doit être plus fine, mais celle-ci peut être réalisée en prenant modèle sur des études du même type, à condition de fournir un effort d'imagination pour rechercher les adaptations nécessaires.

Il ne faut pas se cacher que l'analyse de données de bassins représentatifs requière un temps d'ingénieur ou de chercheur très important.

## 4 - ETUDE DE LA REPRESENTATIVITE DES RESEAUX HYDROMETRIQUES DU NORDESTE -

En profitant du travail préparatoire fait en vue de la planification de l'implantation des bassins représentatifs, la Mission ORSTOM s'est attaché à la demande de la SUDENE à rechercher dans quelle mesure les réseaux hydrométriques de la SUDENE, du DNABE et de l'ex-SUVALE représentent correctement les diverses zones homogènes délimitées dans l'aire de la SUDENE.

On n'a pas envisagé de faire une étude de planification de réseau, pour trois raisons :

a) dans de nombreux bassins, même assez grands, la densité des stations est déjà trop grande pour que la planification puisse se limiter à indiquer des implantations nouvelles ; elle devrait surtout suggérer des suppressions de stations, ce qu'il est prudent de n'effectuer, en réalité, qu'à la suite d'une étude de rationalisation basée sur des corrélations statistiques, donc lorsqu'on dispose de séries observées assez longues (20 ans par exemple) ;

b) dans une grande partie de l'aire de la SUDENE, au contraire, il est évident, avant d'entreprendre un quelconque inventaire, que la densité du réseau est très insuffisante, notamment par le faible nombre de petits bassins contrôlés ; il en résulte que l'on serait amené à conseiller la création de nombreuses stations, alors qu'il semble que l'orientation actuelle au BRESIL soit plutôt de décharger le plus possible la SUDENE des activités de ce genre ;

c) il n'existe aucune station de la SUDENE dans l'Etat du MARANHAO où par contre le DNAEE en a installé un certain nombre, ni dans le bassin du SAO FRANCISCO où existe le réseau installé par la SUVALE. Nous pensons que les divers organismes intéressés peuvent s'entendre pour réaliser une planification proprement dite afin de coordonner leurs efforts pour l'amélioration des réseaux, mais avant de réaliser une telle étude et pour offrir rapidement une base de discussion aux organismes intéressés, il était préférable d'effectuer un simple constat de représentativité.

Nous avons donc commencé par considérer l'aire couverte par le réseau de la SUDENE, soit 1 150 000 km<sup>2</sup> sur les 1 600 000 km<sup>2</sup> de l'aire totale de la SUDENE où ont été définies les 207 "zones hydrologiques théoriquement homogènes" par J.F. NOUVELOT (1974 f). Or, ces zones sont formées chacune, en général, de plusieurs secteurs" géographiques plus ou moins éloignés, et il n'y a que 143 zones dont au moins un secteur se trouve dans l'aire du réseau de la SUDENE : les 64 autres zones ne peuvent être représentées que par des stations situées dans l'Etat du MARANHAO ou dans le bassin du SAO FRANCISCO.

De plus, sur les 143 zones citées ci-dessus, seules 47 ont des secteurs contrôlés par des stations du réseau de la SUDENE, et ce contrôle n'est pleinement satisfaisant du point de vue de la planification qu'une fois sur deux (cas où le bassin contrôlé est homogène). A part ce constat, J.F. NOUVELOT (1975) présente des recommandations tendant à limiter le nombre de stations faisant double emploi, et à créer des stations à l'intérieur des bassins hétérogènes représentant un petit nombre de zones hydrologiques afin que celles-ci, pratiquement les 47 citées plus haut, soient mieux représentées et ceci aux moindres frais.

On peut envisager de compléter ce travail par un examen analogue des réseaux du DNAEE et de l'ex-SUVALE ; la Division d'Hydrométéorologie dispose maintenant d'un exemple qu'il suffit de suivre.

## 5 - CONCLUSION GENERALE -

Dans le délai relativement court imparti à la Mission Française (deux ans et demi au total, environ), celle-ci a réussi à faire démarrer deux opérations importantes dont la poursuite pourra continuer longtemps à figurer dans les programmes de la SUDENE, étant donné leur importance pour la planification économique dans le Nordeste du Brésil :

- saisie sur support magnétique et consistance des données anciennes et actuelles fournies par les réseaux de base hydropluviométriques, afin d'éliminer les risques de perte et de rendre ces données très rapidement accessibles.

- implantation de nouveaux bassins représentatifs dans le cadre d'une planification régionale, afin de recueillir des données relatives à de petites surfaces, données qui ne pourraient être estimées par extrapolation à partir de celles des réseaux de base.

Grâce à un transfert de connaissances réalisable à l'occasion des stages effectués en France et d'une participation effective aux travaux de la Mission, et depuis le retour en France des premiers stagiaires, on peut espérer que l'exploitation rationnelle des données de ressources en eau va se poursuivre à un rythme normal, malgré les difficultés qui n'ont pas encore été totalement éliminées, en particulier celles qui sont liées à l'utilisation d'ordinateurs et à l'organisation administrative des études de terrain.

- P. DUBREUIL - Projet d'inventaire et d'analyse des données d'observations sur les ressources en eau à l'aide du traitement automatique sur ordinateur - 1971 -  
Récife, décembre - (F et P) - Titre en portugais : Projeto de inventario e de analise dos dados de observação dos recursos d'agua com ajuda do processamento em computador.
- J. HERBAUD - Rapport trimestriel d'activités du 10/10/1972 au 10/1/1973 - 1973, a -  
(F et P) - Titre en portugais : Relatorio trimestral de atividades, periodo de 10/10/1972 a 10/1/73.
- J. HERBAUD - Rapport de 4 mois d'activités du 11/1/1973 au 10/5/1973 - 1973, b -  
(F et P) - Titre en portugais : Relatorio quadrimestral de atividades, periodo de 11/1/1973 a 10/5/1973.
- J. HERBAUD - Rapport de 4 mois d'activités du 11/5/1973 au 10/9/1973. - 1973, c -  
(F et P) - Titre en portugais : Relatorio quadrimestral de atividades, periodo de 11/5/1973 a 10/9/1973.
- P. DUBREUIL - Programme d'intervention de la Mission Hydrologique de l'ORSTOM - 1973 -  
auprès de la SUDENE - Récife, mai -  
(F et P) - Titre en portugais : Programa de intervencao da Missao Hidrologica do ORSTOM.
- J.F. NOUVELOT - Visite du Bassin du Riacho do Navio - Récife, janvier - 1974, a -  
(P) - Titre en portugais : Visita à bacia do Riacho do Navio.
- J.F. NOUVELOT - Visite du Bassin du Haut-Paraíba - Récife, janvier - 1974, b -  
(P) - Titre en portugais : Visita à bacia do Alto Paraíba.
- J.F. NOUVELOT - Etude des açudes du Nordeste - Orientations suggérées par la visite de 5 açudes du Ceara - Récife, avril - 1974, c -  
(P) - Titre en portugais : Estudo dos açudes do Nordeste. Orientações sugeridas pela visita de 5 açudes do Ceara.
- J.F. NOUVELOT - Bassin de Juatama - Récife, août - 1974, d -  
(P) - Titre en portugais : Bacia de Juatama.
- J.M. FRITSCH - Perforation et traitement préliminaire des hauteurs d'eau - 1973 -  
Récife, décembre -  
(F et P) - Titre en portugais : Perfuração e processamento preliminar das alturas de agua.
- J.M. FRITSCH - Saisie et traitement des données hydrologiques de la SUDENE - 1974, a -  
Récife, juin -  
(F et P) - Titre en portugais : Perfuração e processamento dos dados hidrologicos da SUDENE.
- J.M. FRITSCH - Traitement des données hydrométriques - Système 360/30 - 1974, b -  
Récife, août -  
(P) - Titre en portugais : Processamento dos dados hidrométricos - Sistema 360/30.

- J. HERBAUD - Création d'un fichier de données pluviométriques critiquées pour le Nordeste du Brésil. Estimation de la qualité de l'information pour son utilisation rationnelle - Récife, juin -  
- 1974, a - (F et P) - Titre en portugais : Elaboração de um arquivo de dados pluviométricos criticados para o Nordeste do Brasil - Estimativa da qualidade da informação para sua utilização racional.
- J.F. NOUVELOT - Jaugeages des cours d'eau - Récife, février -  
- 1974, e - (P) - Titre en portugais : Medições de descarga.
- J. HERBAUD - Rapport semestriel d'activités - Période du 11/9/1973 au 10/3/1974  
- 1974, b - (F et P) - Titre en portugais : Relatório semestral de atividades : Período de 11/9/1973 a 10/3/1974.
- P. DUBREUIL - Bilan d'un an d'activités de la Mission Hydrologique de l'ORSTOM auprès de la SUDENE - Récife, mai -  
- 1974, a - (F et P) - Titre en portugais : Balanço de um ano de atividades da Missão Hidrológica do ORSTOM junto à SUDENE.
- J. HERBAUD - Rapport semestriel d'activités - Période du 11/3/1974 au 10/9/1974  
- 1974, c - (F et P) - Titre en portugais : Relatório semestral de atividades : Período de 11/3/1974 a 10/9/1974.
- P. DUBREUIL - Inventaire et exploitation des données hydrologiques du Nordeste du Brésil - Rapport de consultation - Récife, novembre -  
- 1974, b - (F et P) - Titre en portugais : Inventário e exploração dos dados hidrologicos do Nordeste do Brasil - Relatório de consultoria.
- J.F. NOUVELOT - Rôle des bassins représentatifs et expérimentaux dans les programmes d'études hydrologiques - Planification des implantations et utilisation des données - Récife, décembre -  
- 1974, g - (P) - Titre en portugais : Papel das bacias representativas e experimentais nos programas de estudos hidrologicos. Planificação das implantações e utilização dos dados.
- J.F. NOUVELOT - Planification de l'implantation des bassins représentatifs - Application à l'aire de la SUDENE - Récife, novembre -  
- 1974, f - (P) - Titre en portugais : Planificação da implantação de bacias representativas - Aplicação à área da SUDENE.
- J.F. NOUVELOT - Utilisation de la zonification hydrologique du Nordeste Brésilien pour une étude de la représentativité du réseau hydrométrique de la SUDENE - Constat et recommandations - Récife -  
- 1975 - (P) - Titre en portugais : Utilização da zonificação hidrologica do Nordeste Brasileiro para um estudo da representatividade da rede hidrométrica da SUDENE.
- J.F. NOUVELOT - Caractères physiques et morphologiques des bassins représentatifs - Récife, mars - (P) - Titre en portugais : Caracteres fisicos e morfologicos das bacias representativas
- J.F. NOUVELOT - Instructions pour l'exploitation des bassins représentatifs sur le terrain - Récife, décembre (P) - Titre en portugais : Instruções de exploração das bacias representativas no campo.

(F) - en langue française

(P) - en langue portugaise