

PROJET ALG/88/021

PROJET HYDROLOGIQUE D'EVALUATION
DES RESSOURCES EN EAU EN ALGERIE

DEVELOPPEMENT DU RESEAU HYDROCLIMATOLOGIQUE
DANS LES ZONES SAHARIENNES

Serge PIEYNS - CONSULTANT HYDROLOGUE

Janvier 1990

SOMMAIRE

Introduction

1 - Analyse du problème

- 1.1 Les aspects généraux.
- 1.2 La situation dans les zones sahariennes.
- 1.3 Les solutions à envisager.

2 - Mise en place d'un réseau hydroclimatologique expérimental

- 2.1 Généralités.
- 2.2 Choix du bassin.
- 2.3 Choix des implantations.
- 2.4 Choix des appareils.

3 - Régionalisation des résultats obtenus sur le bassin de l'oued el RHARBI

- 3.1 Etude des mécanismes.
- 3.2 Méthodologie proposée pour la régionalisation.

4 - Estimation des précipitations à l'échelle régionale

- 4.1 Utilisation des radars météorologiques.
- 4.2 Utilisation des images satellitaires.

5 - La télédétection spatiale. Un outil pour le suivi des crues

- 5.1 Les possibilités de la télédétection spatiale.
- 5.2 Propositions.

Conclusions

Termes de référence pour une prochaine mission de consultant hydrologue.

Bibliographie

Annexes

INTRODUCTION

Dans le cadre des activités du Projet ALG/88/021 "Projet hydrologique d'évaluation des Ressources en Eau en Algérie", une mission d'expert consultant en hydrologie a été demandée, pour la partie du projet ayant trait au développement du réseau hydroclimatologique dans les zones sahariennes.

Le mandat du consultant était :

- de prendre connaissance, dans le détail, des différents aspects du Projet et de ce qu'en attend l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H.),
- d'examiner avec l'A.N.R.H., les diverses solutions envisageables pour tenter de répondre aux multiples problèmes posés,
- de proposer, après une courte mission dans la zone d'étude envisagée, des solutions techniques pour la mise en oeuvre d'un réseau expérimental,
- de proposer des termes de référence pour structurer le Projet et permettre d'aboutir aux résultats escomptés.

Pour cela, le consultant a séjourné en Algérie du 4 au 12 janvier 1990.

DEROULEMENT DE LA MISSION

- Jeudi 4 Janvier :

Arrivée à 15 h 30 à ALGER

Premier entretien avec Monsieur DEMMAK, Directeur de l'Hydrologie à l'A.N.R.H.,

- Vendredi 5 :

Départ à 5 h 00 pour EL ABIOD SIDI CHEIK, en compagnie de Messieurs OUAAR, Responsable du Service Réseau de l'Hydrologie et LAMRI, Responsable de la section Réseau de ce service. Arrivée à EL ABIOD à 16 h 00 et première réunion dans les bureaux du secteur de l'A.N.R.H., avec Monsieur AJOT, Chef du secteur,

- Samedi 6 et dimanche 7 :

Tournées sur le terrain et plus particulièrement sur le bassin de l'oued el RHARBI et les hauts bassins des oueds NEMOUS et SEGGEUR,

- Lundi 8 :

Réunion au secteur et retour sur Alger ; arrivée 21 h 00,

- Mardi 9 :

Séance de travail à l'A.N.R.H., avec Messieurs LATRECH, Directeur du Département Hydrologie et Coordinateur National du Projet ALG/88/021, DEMMAK, OUAAR et LAMRI.

- Mercredi 10 :

Nouvelle séance de travail en présence des mêmes personnes et de Messieurs MOSTAFA-KARA, météorologue, Conseiller du Ministre des Transports et, Représentant de l'Algérie auprès de l'OMM et TAIBI, Chef du Service Études et Prévisions de l'A.N.R.H.,

- Jeudi 11 :

Mise au point avec Messieurs DEMMAK et LATRECH du canevas du rapport du consultant ,

- Vendredi 12 :

Départ d'Alger à 11 h 00, arrivée à Marseille à 15 h 15, et à Montpellier à 20 h 50.

Le consultant tient à souligner l'excellence de l'organisation matérielle de sa mission qui lui a permis, dans un temps limité, de se rendre sur le terrain et d'avoir à Alger de nombreuses séances de travail. Il remercie toutes les personnes qui l'ont aidé au cours de son séjour.

CHAPITRE 1

ANALYSE DU PROBLEME

1.1 LES ASPECTS GENERAUX

Le problème des ressources en eau susceptibles d'être exploitées, en tenant compte des critères socio-économiques, pour répondre aux différents types de besoins, est l'un des déficits majeurs auquel l'Algérie se trouve confrontée.

Bien que malheureusement cette situation ne soit pas limitée à la seule partie saharienne du territoire algérien, c'est dans cette dernière zone que les autorités se trouvent les plus démunies pour planifier l'exploitation des ressources en eau. En effet, ces ressources déjà peu abondantes et essentiellement souterraines sont de plus très mal connues tant quantitativement que dans leur répartition et leur évolution dans le temps.

1.2 LA SITUATION DANS LES ZONES SAHARIENNES

Comme le dit un document de l'A.N.R.H. en date du 3 décembre 1989, "l'insuffisance de nos connaissances sur les ressources en eaux souterraines dans ces régions est liée en partie à l'absence d'informations sur les écoulements superficiels".

La principale source d'alimentation des nappes alluviales est, en effet, l'écoulement de surface. L'on admet généralement (1) qu'au dessous d'une précipitation annuelle moyenne de 400 mm, il n'y a pas d'infiltration directe par les pluies. Seule, une infiltration différée peut se produire lors des écoulements des eaux de surface, dans des zones sableuses ou sur les roches présentant des fractures ou encore dans les zones de broyage.

C'est donc principalement par la connaissance de ces écoulements de surface, parvenant dans les zones d'infiltration privilégiées que l'on peut, en y associant un suivi hydrogéologique, répondre à la question de l'utilisation rationnelle de ces ressources en eau souterraine.

Compte tenu de la faible pluviométrie dans cette région -200 mm en moyenne interannuelle à LAGHOUAT, 100 mm à EL ABIOD, 50 mm à GHARDAIA, moins de 30 mm entre le plateau du TADEMAIT et le massif du HOGGAR, avec des zones à 10 mm au sud-ouest d'AIN SALAH et vers DJANET, les zones de production sont limitées aux seules aires géographiques présentant des reliefs, des pentes et des terrains suffisamment imperméables pour qu'un ruissellement puisse prendre naissance et se développer de façon conséquente - Atlas saharien, massif du HOGGAR, essentiellement -.

Malheureusement, les zones concernées sont très mal connues dans le domaine hydroclimatologique, le réseau de mesure étant notoirement insuffisant, tant pour l'hydrométrie que pour la pluviométrie -7 postes sur les 8800 km² de l'oued el RHARBI à BENOUD -.

Or, l'hydrologie saharienne est particulièrement difficile :

Les précipitations y sont rares et leur hétérogénéité dans l'espace et dans le temps très importante (2), (3). Il faut donc à la fois un réseau suffisamment dense et des périodes d'observation longues et envisager également d'autres moyens pour obtenir une bonne représentation spatio-temporelle de ces précipitations.

Les crues forcément rares, peuvent être par contre extrêmement violentes et rapides causant parfois des dégâts considérables. Cela implique des stations de mesure bien choisies, bien équipées, un personnel bien entraîné.

La gestion du réseau est complexe car l'accès aux stations est souvent difficile, particulièrement lors des épisodes pluvieux importants, les distances à parcourir parfois considérables - les équipes doivent anticiper l'événement -, les possibilités de trouver des observateurs ou même de simples gardiens, réduites, les risques encourus par les équipes de terrain, non négligeables.

1.3 LES SOLUTIONS A ENVISAGER

Compte tenu de ce qui précède, il nous paraît que plusieurs types d'actions doivent être envisagées :

- Installation d'un réseau expérimental équipé d'appareils faisant appel aux technologies nouvelles au niveau des capteurs, du stockage de l'information et éventuellement de sa transmission.
- Régionalisation des résultats en terme de rapport pluie-ruissellement par l'utilisation conjointe de la télédétection et des modèles numériques de terrain.
- Utilisation des techniques radar et satellitaires pour l'estimation des précipitations à l'échelle régionale.
- Utilisation de l'imagerie satellitaire pour le suivi et l'estimation des volumes d'eau apportés par les crues dans les zones d'épandage et d'infiltration.

CHAPITRE 2

MISE EN PLACE D'UN RESEAU HYDROCLIMATOLOGIQUE EXPERIMENTAL

2.1 GENERALITES

Pour s'en tenir aux résultats escomptés à la fin du projet, la mise en place de ce réseau doit avoir pour objectifs :

- de démontrer l'adéquation des matériels proposés aux problèmes spécifiques de l'hydrologie saharienne et plus généralement à ceux rencontrés dans des zones difficiles d'accès et, leur fiabilité ;
- de fournir des renseignements hydroclimatologiques utilisables tant à l'échelle de la zone couverte par le réseau, qu'à l'échelle régionale, ce qui implique :
 - * d'implanter le réseau là où existe déjà une structure opérationnelle de l'A.N.R.H. susceptible de le tester et de le gérer,
 - * de choisir une zone représentative d'un ensemble régional plus vaste dans lequel une connaissance des écoulements superficiels est nécessaire pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines issues des nappes alluviales.

2.2 CHOIX DU BASSIN

En s'appuyant sur les observations faites lors de sa tournée sur le terrain, sur les conditions générales climatiques, morpho-tectoniques et géologiques et, en accord avec l'A.N.R.H., le consultant propose d'installer le réseau hydroclimatologique sur le bassin versant de l'oued el RHARBI.

Justification en terme de logistique :

Le bassin de l'oued el RHARBI est le seul sur lequel le secteur de l'A.N.R.H., basé à EL ABIOD, peut intervenir sans trop de difficultés et à moindre coût. Le chef de secteur, connaît parfaitement la région et son expérience du terrain est un facteur primordial pour la réussite de l'opération. La motivation de l'équipe ne fait pas de doute, pour autant que le personnel qui la compose puisse recevoir des compléments de formation et qu'il soit doté du matériel nécessaire, notamment d'un véhicule adapté.

Justification en terme de représentativité :

Le bassin de l'oued el RHARBI fait partie de l'ensemble morpho-structural occidental du rebord méridional de l'Atlas saharien (4). Cette partie occidentale est dominée par la présence de formes structurales en régime sédimentaire plissé et de formes héritées sur le piedmont. Elle procède d'une tectonique moins active que la partie orientale de l'Atlas saharien et est également moins arrosée.

Le glaciais, ainsi que les vallées qui l'entaillent doivent être considérés comme des formes fossiles ne pouvant être expliquées par les processus morpho-dynamiques actuels.

Les oueds de la région occidentale ont des bassins de réception intra-montagneux compartimentés et se prolongent vers le sud sur plusieurs centaines de kilomètres, dans des vallées encaissées avant de se perdre dans les sables du Grand Erg Occidental.

L'oued el RHARBI, qui est avec les oueds NEMOUS et SEGGEUR, l'un des plus importants de la région, l'oued SAOURA mis à part, se trouve situé pratiquement au milieu de cette unité morpho-structurale et est donc bien représentatif des conditions climatiques et hydrologiques qui prévalent dans cette région.

2.3 CHOIX DES IMPLANTATIONS

2.3.1 Critères de choix

a) Stations hydrométriques :

- accès rapide et effectif en toute circonstance,
- bonne stabilité de la section de mesure, essentiellement en moyennes et hautes eaux,
- conditions hydrauliques permettant avec une bonne stabilité de la section d'obtenir une relation hauteur-débit aussi simple que possible,
- site autorisant l'installation, sans gros travaux, du limnigraphe et des échelles limnimétriques,
- site adapté aux mesures de débit avec le matériel disponible, la mise en oeuvre de jaugeages aux flotteurs et l'utilisation de formules hydrauliques,
- possibilité d'avoir un observateur ou un gardien à proximité.

Outre ces critères généraux, il est évident que la station doit contrôler un bassin versant sur lequel la connaissance des relations pluie-débit pourra être effectivement utile à l'étape de régionalisation des résultats, ce qui implique :

- de couvrir une gamme de superficies variées,
- de prendre en compte les différents types et associations morpho-structuraux et climatiques.

b) Postes pluviographiques et pluviométriques :

Deux critères principaux, la densité et la répartition spatiale.

- la densité du réseau doit être telle qu'elle permette une reconstitution spatiale de la pluie aussi précise que possible sur le bassin et les sous-bassins proposés, ce qui conduit l'O.M.M. à recommander une densité de réseau, d'un appareil tous les 30 kilomètres,
- la répartition spatiale doit permettre la connaissance de la variation altitudinale des précipitations et l'influence de la disposition des reliefs par rapport aux directions privilégiées des perturbations précipitantes, ici, nord-ouest et sud-ouest,
- la proximité d'un gardien est souhaitable, par contre, le critère d'accessibilité rapide et aisée n'est pas justifié à partir du moment où les appareillages retenus sont sélectionnés en fonction de leur autonomie et de leur fiabilité,

- un critère supplémentaire peut être introduit dans le cas spécifique qui nous préoccupe, c'est la fonction alerte, certains postes devant être placés de façon telle qu'ils puissent être en mesure de fournir une information avec suffisamment d'antécédence, pour permettre aux hydrométristes d'intervenir en connaissance de cause et, en temps utile, pour effectuer des mesures de crues.

2.3.2. Propositions

a) Réseau hydrométrique :

Installation de huit stations hydrométriques :

Station 1 : BENOUD sur l'oued el RHARBI, contrôlant un bassin de 8 800 km². Facilement accessible par la route EL ABIOD-COLOMB BECHAR. La présence d'un radier bien ancré avec saut de ski à l'aval et concentrant à première vue l'ensemble de l'écoulement, est un facteur essentiel.

Station 2 : HASSI BACHIR sur l'oued EL ABIOD, contrôlant un bassin de 4 250 km². Accès par la même route que la station précédente puis par une piste. Le seul problème d'accès est le franchissement de l'oued EL FEHAL qui n'est cependant pas un obstacle majeur. La section est correcte, sans plus, le lit relativement bien encaissé.

Station 3 : EL MENHAR sur l'oued EL ABIOD, contrôlant un bassin de 2 500 km². Là encore l'accès est aisé par la route EL ABIOD-EL BAYADH, puis un court parcours hors piste jusqu'à l'oued. La section est assez large mais présente une bonne stabilité.

Station 4 : SIDI MAAMAR sur l'oued MTI, contrôlant un bassin de 675 km². Cette station installée en 1971 se situe en fait à l'amont de la station d'EL MENHAR, juste en sortie de zone de production, avant que les phénomènes d'infiltration vers les nappes ne commencent à prendre de l'ampleur.

La station a été jaugée à 37m³/s. pour une cote de 1,52 m alors que la cote maximale atteinte a été de 4,00 m. Sa conception est à revoir car si, d'après Messieurs OUAAR et AJOT, la section est tout à fait valable et proche d'EL ABIOD, l'on ne peut accéder en rive gauche, là où se situent les appareils, en temps de crue, car il faut franchir l'oued MTI au niveau de la route EL ABIOD-EL BAYADH, ce qui est impossible.

Station 5 : KHENEG TAFARAHIT sur l'oued TAFARAHIT, contrôlant un bassin intra-montagneux bien délimité de 600 km². Cette station peut être atteinte par la piste en toute période en environ une demi-heure. Le site avait d'ailleurs déjà été retenu dans le plan d'équipement de l'A.N.R.H. mais n'est pas encore opérationnel. La section relativement étroite est certainement stable au vu des documents photographiques anciens que nous a montré Monsieur AJOT.

Station 6 : "Montagne de sel" sur l'oued MELLAH, affluent du TAFARAHIT, contrôlant un bassin de 175 km². Il s'agit là d'un site non reconnu par le consultant, faute de temps. L'intérêt de cette station n'est pas encore démontré, si ce n'est de permettre l'acquisition de connaissances sur les phénomènes de ruissellement dans un bassin relativement petit, avec une bonne accessibilité.

Station 7 : KHENEG MEZARIG sur l'oued MELLAH, contrôlant un bassin de 1 750 km². L'oued MELLAH et l'oued el ABIOD sont les deux branches supérieures de l'oued el RHARBI. La station existe déjà, mais aucune mesure n'y a été réalisée essentiellement du fait de son éloignement d'EL ABIOD. Il faut en effet contourner une grande partie du bassin en direction d'el BAYADH, puis d'AIN SEFRA et atteindre BOUSSEMGHOUN. La situation actuelle de la station ne convient pas, elle devra être déplacée vers l'aval, après le confluent avec l'oued BOUSSEMGHOUN.

Station 8 : BOUSSEMGHOUN sur l'oued BOUSSEMGHOUN, contrôlant un bassin de 275 km² bien individualisé. L'accès est aisé à partir de BOUSSEMGHOUN, le problème majeur étant comme pour la station précédente, l'éloignement d'EL ABIOD. La section est bonne.

L'ensemble de ce dispositif devrait permettre, grâce aux cinq stations placées en zone de production et couvrant une gamme de superficies allant de 175 à 1 750 km², d'étudier les phénomènes hydrologiques sur le flanc sud de la partie occidentale de l'Atlas saharien, les trois stations situées plus à l'aval permettraient quant à elles d'estimer l'infiltration d'amont en aval sur les oueds EL ABIOD et RHARBI.

Deux problèmes se posent cependant ;

- . L'éloignement des stations 7 et 8 sur la branche supérieure occidentale de l'oued el RHARBI. Le secteur d'EL ABIOD aura du mal à intervenir en temps utile pour y faire des jaugeages de crue, l'éventualité de créer un secteur à AIN SEFRA qui gèrerait ces stations ainsi que d'autres dans la zone du CHOTT ECH CHERGUI a été évoquée avec l'A.N.R.H.. Le contrôle de l'oued MELLAH est absolument nécessaire pour la cohérence du système proposé.
- . Compte tenu du temps de réponse certainement très court du bassin de 175 km² contrôlé par la station 6, il sera nécessaire d'envisager une procédure d'alerte.

Les cinq autres stations ne devraient poser aucun problème de gestion.

b) Réseau pluviographique et pluviométrique

La situation actuelle se caractérise par une très faible densité de ce réseau -7 postes pour 8 800 km²-, alors qu'à l'évidence, l'hétérogénéité spatiale des précipitations dans cette région est forte. D'autre part, le poste situé le plus haut en altitude sur le bassin n'est qu'à 1 170 m, alors que nombre de reliefs atteignent 1 300 à 1 800 m. A part la station climatologique d'EL ABIOD, seules les stations de BENOUD et d'AIN OUARKA sont équipées de pluviographes.

Le consultant propose donc l'installation de huit nouveaux pluviographes, le remplacement des quatre pluviomètres actuels par des pluviographes, soit douze pluviographes situés essentiellement dans la zone de production, ce qui ferait un total de quinze pluviographes pour le bassin de l'oued el RHARBI à BENOUD.

La densité pour la zone de production serait alors d'environ un pluviographe pour 450 km² contre un pour 3 000 km² actuellement.

Les sites d'implantation de ces nouveaux appareils se sont pas encore définis précisément. Cela ne pourra être fait qu'après les reconnaissances sur le terrain et en fonction du type et du nombre d'appareils que l'on décidera finalement d'installer.

Il conviendra en outre de compléter ce réseau par des pluviomètres journaliers là où il y aura des possibilités de trouver des observateurs et, par des totalisateurs en zone très isolée.

2.4 CHOIX DES APPAREILS

2.4.1 Généralités

Le choix doit évidemment porter sur des appareils ayant déjà fait la preuve de leur fiabilité et de leur robustesse. Mais pour répondre au mieux aux contraintes spécifiques de l'étude, ces appareils doivent :

- . pouvoir être installés avec un minimum de travaux, ce qui autorise leur déplacement si, à l'expérience, le site retenu s'avère ne pas être le meilleur,
- . avoir une autonomie suffisante pour limiter les tournées de terrain,
- . posséder un système de stockage de l'information permettant le transfert direct, sans risques d'erreurs humaines, sur micro-ordinateur, autorisant ainsi par l'utilisation d'un logiciel approprié l'exploitation directe des données stockées,
- . pouvoir être équipés d'un système de télétransmission satellitaire, permettant la télésurveillance et pour certains d'entre eux, l'alerte à partir d'une valeur donnée du paramètre mesuré.

2.4.2 Propositions

a) Les limnigraphes

Le consultant recommande donc la mise en place, de préférence à des appareils "classiques", de limnigraphes types CHLOE D, dont on trouvera en annexe les caractéristiques techniques. Ce limnigraphes, équipé d'un capteur "intelligent", la sonde SPI III, peut être installé sans avoir à entreprendre les travaux de génie civil généralement nécessaires pour la mise en place d'un limnigraphe à flotteur. Il supprime également le problème parfois délicat de la maintenance des bouteilles à air comprimé pour les limnigraphes à capteur de pression. Le CHLOE peut donc être installé à l'endroit le plus adéquat pour obtenir de bonnes données, quelle que soit la topographie du site. La sonde fournit également la température de l'eau.

Les données sont stockées sur une cartouche à mémoires de masse de grande capacité, effaçables électriquement en quelques secondes et réutilisables (technologie EEPROM).

L'autonomie de cette cartouche dépend évidemment du pas de temps d'échantillonnage choisi, une saisie systématique toutes les 10 minutes autorisant une autonomie d'environ 4 mois.

L'alimentation est assurée par une batterie sans entretien et l'appareil peut être équipé d'un panneau solaire avec régulateur.

Cette centrale d'acquisition est également équipée d'une entrée pluviométrique.

b) Les pluviographes

Nous recommandons l'utilisation de l'enregistreur PLUVIO 89, destiné à être connecté à un pluviomètre classique à augets basculeurs, équipé d'un contacteur. Comme pour le CHLOE, l'information est stockée sur des mémoires EEPROM. La capacité de stockage atteint un équivalent "hauteur d'eau" de 5,50 m pour un auget dont le basculement

correspond à une précipitation de 0,5 mm. Le type d'alimentation nécessaire est identique à celui du CHLOË.

L'information stockée, limnigraphique et pluviographique, peut être injectée directement dans la chaîne informatique et traitée sur micro-ordinateur compatible PC à l'aide de logiciels développés par le laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM :

- HYDROM, permet de conserver sur un disque dur -40 MO- toutes les données d'un pays et gère 7 fichiers,

- PLUVIOM, gère la banque des données pluviométriques.

c) La télétransmission des données

Le limnigraphe et le pluviographe proposés peuvent être équipés d'une balise de transmission par satellite permettant un suivi en temps réel -METEOSAT- ou, légèrement différé -ARGOS-.

Cette technologie présente un double avantage :

. détection à distance des pannes d'appareils, ce qui permet d'intervenir rapidement et à bon escient pour le dépannage, limitant ainsi les pertes d'informations et les tournées de terrain trop fréquentes et "à l'aveugle".

. information de l'existence de précipitations susceptibles de déclencher des crues importantes ou de cotes intéressantes à jauger, pour l'établissement de la courbe de tarage.

Un tel système de transmission est nettement plus fiable que les systèmes classiques par radio. Il a été adopté par de nombreux pays en développement.

Actuellement plus de 160 balises sont en fonctionnement en Afrique de l'ouest, soit dans le cadre de réseaux nationaux -République Populaire du Bénin (5), soit pour des projets inter-états ou internationaux -Onchocerciasis Control, Programme mis en place par l'Organisation Mondiale de la Santé, HYDRO NIGER, OMVS-.

Dans le courant de l'année 1990, un nouveau programme verra le jour sur le bassin du fleuve GONGO, plusieurs stations avec possibilité de disposer de 10 capteurs différents par station seront installées. La télétransmission des données se fera par METEOSAT.

d) Intérêt de la télétransmission par satellite dans le cadre du Projet

L'utilisation du système ARGOS qui fonctionne avec des satellites à défilement ne peut présenter qu'un seul intérêt, d'ailleurs non négligeable, la télésurveillance. En effet, on ne pourra compter que sur 5 à 6 possibilités de réception d'un message balise par 24 heures. Cela permettrait avec une programmation adéquate des appareils, d'obtenir à chaque message, un nombre suffisant de valeurs limnigraphiques, avec des recouvrements, pour disposer, sur une base journalière, d'une valeur par heure.

Un message peut en outre comporter le total cumulé des précipitations depuis le dernier message reçu et des informations sur l'état du système d'acquisition.

Par contre, l'utilisation de METEOSAT, satellite géostationnaire permet :

. la réception d'un message d'une longueur supérieure à celui d'ARGOS et ce, toutes les heures,

. la réception d'un message d'alerte lorsque le paramètre retenu, pluie ou cote limnimétrique dépasse un seuil fixé à l'avance. METEOSAT autorise donc à la fois la télésurveillance au pas de temps horaire et l'alerte.

Dans le cadre de l'équipement de l'oued el RHARBI, compte tenu des caractéristiques hydroclimatiques et géographiques de la région, il conviendrait d'utiliser METEOSAT. Le problème majeur est l'accès aux services de ce satellite. En effet, en fonction du nombre de messages reçus par 24 heures, le montant de la redevance peut varier de 7 000 à 22 000 francs français par an et par balise, alors que la redevance ARGOS toujours pour une année et une balise n'est que d'environ 2 500 francs français.

Il faut cependant parler clair. Si l'on veut vraiment répondre aux deux objectifs majeurs du Projet ;

. mettre en place un réseau hydroclimatologique moderne dans les régions sahariennes, ce qui implique le test des différentes fonctionnalités des appareils que l'on choisira,

. acquérir le maximum d'informations dans le minimum de temps à l'aide de ce réseau expérimental pour ensuite régionaliser les résultats obtenus dans la zone occidentale du flanc sud de l'Atlas saharien, il faut nécessairement envisager d'équiper certains appareils pour la télétransmission par METEOSAT.

Il doit être possible d'obtenir la gratuité du service, pour autant que les données télétransmises sont des paramètres climatologiques, précipitations notamment.

Les discussions sur cette possibilité devraient être conduites avec les gestionnaires de METEOSAT par l'Office National Météorologique (O.N.M.) éventuellement par le canal de l'Organisation Météorologique Mondiale (O.M.M.).

En fonction des résultats de ces discussions, l'on pourrait envisager, dans un second temps, de télétransmettre également des données limnimétriques. C'est pourquoi nous recommandons dans l'immédiat :

- de s'équiper en appareils pouvant recevoir, sans modifications ultérieures, un interface télétransmission.

- d'équiper 4 pluviographes situés à la périphérie du bassin de l'oued el RHARBI - bordures ouest et nord- pour la télétransmission avec possibilité d'alerte en cas de précipitations intenses - seuil à déterminer-,

- de placer au secteur d'EL ABIOD, centre opérationnel, une station de réception METEOSAT.

Tous ces équipements pourront par la suite être facilement transportés sur d'autres sites.

Ce choix implique nécessairement que les dispositions soient prises pour que, dans les périodes critiques, l'équipe de terrain puisse effectivement être en état d'alerte et utiliser les informations reçues et, plus particulièrement, les signaux d'alerte pour intervenir immédiatement.

On trouvera en annexe les coûts des appareils proposés et des systèmes de télétransmission.

CHAPITRE 3

REGIONALISATION DES RESULTATS OBTENUS SUR LE BASSIN DE L'OUED EL RHARBI

L'installation sur l'oued el RHARBI, d'un réseau hydroclimatologique moderne n'est pas une fin en soi.

Elle doit permettre, tout d'abord l'étude des mécanismes du cycle de l'eau sur ce bassin, puis la régionalisation des résultats acquis à la zone occidentale du rebord méridional de l'Atlas saharien, pour aboutir finalement à une meilleure connaissance des écoulements de surface susceptibles d'alimenter les nappes alluviales.

3.1 L'ETUDE DES MECANISMES

Il s'agit essentiellement d'appréhender les relations entre les différents termes du cycle de l'eau pour analyser et comprendre la genèse de l'écoulement, sa variation à différentes échelles de temps et d'espace, en fonction des précipitations -répartition, intensité-, de l'infiltration et de l'évaporation réelle, ainsi que des contraintes propres au bassin considéré, états de surface, relief, formations superficielles.

Cette connaissance des mécanismes est nécessaire pour une bonne utilisation des paramètres mesurés du cycle de l'eau, l'adaptation des formules et méthodologies mises au point dans des zones similaires, la transposition sur des bassins non observés.

Cette étude des mécanismes nécessite donc :

- la connaissance des contraintes propres au bassin
- la connaissance des termes du cycle de l'eau

3.1.1 Connaissance des contraintes propres au bassin

Comme l'indique Ch. DEPREATERE (4) il est acquis que l'imagerie satellitaire par sa répétitivité et sa haute résolution -20 m avec SPOT, 40 m avec LANDSAT TM- est un outil capable de fournir un suivi précis de l'évolution des états de surface en particulier dans les zones à faible couverture nuageuse. Toutefois, elle ne peut prétendre apporter des solutions à toutes les questions relatives aux ressources naturelles. En cela les Modèles Numériques de Terrain (MNT) en tant qu'images raster du relief pouvant facilement être combinées avec les images de télédétection (les MNT sont de fichiers d'altitudes connues aux noeuds d'une grille régulière) sont des compléments nécessaires pour comprendre les contraintes physiques qui s'exercent sur les processus hydrologiques. Pour ne citer qu'un exemple trivial de traitement de MNT, il est possible d'obtenir une carte des pentes.

Le MNT permet de délimiter automatiquement les limites de bassins versant, d'extraire les réseaux de talwegs, d'obtenir un modèle de drainage de la surface à partir duquel les surfaces drainées, les longueurs de drainage ainsi que les distances hydrologiques à un exutoire ou un point de mesure pourront être calculées (6).

L'ensemble des informations obtenues à partir du MNT servent à définir des zones homogènes, au regard de l'organisation des formes de terrain et de l'hydrographie.

De l'intégration des MNT et des images satellitaires au sein d'un même Système d'Informations Géographiques (SIG), il est envisageable de parvenir à définir les formations superficielles en fonction d'une part des états de surface identifiés par images de télédétection et d'autre part de la régionalisation morpho-hydrographique définie à partir du MNT.

Les MNT peuvent être obtenus par photogrammétrie à partir de couples stéréoscopiques d'images SPOT ou de photographies aériennes. Cette méthode assez coûteuse (compter 80000FF pour un MNT couvrant un couple d'image SPOT soit 3 600 km²) est la seule disponible dans les régions ne possédant pas de couverture cartographique. La précision des MNT obtenus à partir d'images SPOT est sujette à caution. La résolution des MNT issus de SPOT est de 20 ou 40 mètres.

Une autre méthode consiste à calculer les MNT à partir de cartes topographiques en numérisant les courbes de niveau et les points cotés. Cette méthode est longue mais permet d'obtenir, avec un matériel informatique de base, des MNT dont la précision est connue. Bien qu'aucune règle absolue ne puisse être définie, un MNT calculé à partir de carte ne devrait pas avoir une résolution inférieure à 1 mm sur la carte, soit par exemple 100 mètres pour une échelle au 1:100 000 ème.

3.1.2 Connaissance des termes du cycle de l'eau

Le réseau hydroclimatologique du bassin de l'oued el RHARBI fournira les termes débit et pluie du cycle de l'eau. Pour ce qui concerne le terme pluie une meilleure connaissance de la répartition spatio-temporelle des précipitations pourrait être acquise par l'utilisation du radar d'EL BAYADH ainsi que nous le verrons plus loin.

Restent les termes infiltration et évapotranspiration réelle.

a) l'infiltration

Ce paramètre ne peut être acquis par des mesure de routine. Soit l'on en fait une estimation globale à partir de l'équation générale du bilan hydrologique, soit l'on est obligé d'effectuer des tests d'aptitude au ruissellement et à l'infiltration à l'aide d'un mini-simulateur de pluie pour chaque zone présentant un état de surface homogène (7).

b) l'évapotranspiration réelle

Des progrès considérables ont été effectués dans les cinq dernières années en ce qui concerne l'approche régionale de ce paramètre. La voie la plus intéressante est sans nul doute l'utilisation des images en infra-rouge thermique, fournies par METEOSAT -résolution 5 km- et NOAA-A VHRR- résolution 1 km -. Cette approche permet un suivi en continu de l'évapotranspiration réelle d'autant que l'on dispose maintenant de synthèses dans l'infra-rouge thermique, à des échelles de temps allant de la pentade au mois permettant une utilisation simplifiée de l'information satellitaire (8), (9), (10). Il faut noter que les études réalisées à ce jour montrent que les résultats obtenus sont meilleurs dans les zones à relief peu accentué et qu'il est nécessaire de disposer de quelques valeurs mesurées au sol pour permettre de se recalibrer.

3.2 METHODOLOGIE PROPOSEE POUR LA REGIONALISATION

Cette méthodologie comporte les étapes suivantes :

a) observations et mesures sur le bassin et les sous-bassins de l'oued el RHARBI, pendant une période de 3 ans. En fait la durée exacte de la période d'observation intensive sera fonction du nombre d'événements averse-crue se produisant chaque année,

- b) établissement d'un modèle numérique de terrain -MNT- à partir des cartes au 1:100000ème, il n'y a pas de cartes à plus grande échelle disponibles sur la région,
- c) réalisation d'une spatiocarte des états de surface à partir des données SPOT et de campagnes de "vérités terrain" pour caractériser les différents états de surface que l'on y rencontre,
- d) intégration des données MNT et des images satellitaires pour définir les zones homogènes au plan des formations superficielles et de leur organisation dans l'espace. Les résultats de cette phase du travail pourraient éventuellement conduire à une redéfinition des sites d'implantation des stations hydrométriques.
- e) tests de l'aptitude au ruissellement et à l'infiltration à l'aide du mini-simulateur de pluie pour chaque zone homogène (11),
- f) établissement des fonctions de production de ruissellement à partir de ces tests,
- g) application d'un modèle hydrologique à discrétisation spatiale dont le réglage se fera à partir des observations et des mesures réalisées sur les bassins versants équipés (12), (13),
- h) régionalisation par transfert du modèle sur d'autres bassins à partir d'une cartographie des états de surface à l'aide de données satellitaires et des MNT de ces bassins (14).

3.2.1 Remarques sur ces propositions

- a) Il faut bien avoir à l'esprit que contrairement à l'opération de mise en place d'un réseau hydroclimatologique qui est une opération technique pour laquelle on peut facilement trouver des équipes bien rodées, l'utilisation des données de base fournies par le réseau et leur régionalisation comporte une part importante de recherche. En effet, si l'établissement de spatiocartes et de MNT ne pose pas de problèmes majeurs, de même que pour l'étude régionale de l'évapotranspiration réelle par satellite moyennant un calage des algorithmes généralement utilisés à partir d'observations de terrain, l'établissement des fonctions de production et de transfert, l'utilisation d'un modèle couplé sur l'oued el RHARBI et son transfert sur des bassins non observés ne relèvent pas de la routine. Il n'y a pas de produit "clé en main" susceptible de répondre au problème posé.
- b) Une méthodologie simplifiée peut être envisagée dans un premier temps en ne prenant pas en compte l'étape des tests d'aptitude au ruissellement et à l'infiltration par mini-simulateur de pluie, ce choix conduit à utiliser des fonctions de production toutes faites et à les régler par tâtonnements, ce qui est évidemment moins satisfaisant. D'un autre côté, il existe en Algérie plusieurs mini-simulateurs de pluie qui pourraient certainement être utilisés dans le cadre du Projet.
- c) Le transfert du modèle, calé sur l'oued el RHARBI, à des bassins non observés nécessite obligatoirement une bonne connaissance des précipitations sur ces bassins. Il faudra donc renforcer le réseau pluviographique sur l'ensemble de la zone et éventuellement utiliser le radar d'EL BAYADH.
- d) Le transfert du modèle sur d'autres zones et notamment sur la partie orientale du rebord méridional de l'Atlas saharien, ne pourra pas se faire sans observations et mesures complémentaires dans cette zone. En effet, l'ensemble oriental présente des caractéristiques morfo-structurales différentes de l'ensemble occidental, résultant d'une tectonique récente et les précipitations y sont nettement plus abondantes.

CHAPITRE 4

ESTIMATION DES PRECIPITATIONS A L'ECHELLE REGIONALE

Il faut distinguer deux approches, certes complémentaires mais qui dans l'état actuel des connaissances répondent à des objectifs différents :

- la connaissance de la répartition spatio-temporelle des précipitations à une échelle de temps susceptible d'être utilisée par l'hydrologue pour l'étude des relations pluie-débit - analyse des crues -. Elle relève des techniques radar.

- La connaissance de cette même répartition spatio-temporelle des précipitations, mais essentiellement sous l'angle des volumes précipités, à un pas de temps de plusieurs jours, voir du mois. Elle relève des techniques satellitaires.

4.1 UTILISATION DES RADARS METEOROLOGIQUES

Compte tenu de la difficulté d'obtenir par un réseau sol des données à faible résolution spatio-temporelle - $t < 30'$ et $x < 10$ km- l'on préconise l'utilisation du radar météorologique (15).

Cette technique n'est pas nouvelle mais le passage du qualitatif - repérage et suivi des masses nuageuses susceptibles de donner des précipitations - au quantitatif - mesure des intensités précipitées par ces nuages - est encore au stade de la recherche.

Des expériences en vraie grandeur sont conduites dans de nombreux pays et notamment dans le cadre du programme EPSAT, sur le degré caré de NIAMEY au NIGER (16) en zone sahélo-soudanienne.

D'après les informations fournies par Monsieur MOSTAFA-KARA, Représentant de l'Algérie auprès de l'O.M.M., il existe en Algérie 6 radars météorologiques dont la fréquence du signal émis est de 10 cm. L'un de ces radars est installé à EL BAYADH et serait donc susceptible de couvrir une grande partie de la zone occidentale de l'Atlas saharien, notamment les bassins des oueds el RHARBI et SEGGEUR, peut être également l'ensemble du bassin de l'oued NEMOUS en fonction des caractéristiques de ce radar, en particulier sa puissance d'émission.

4.1.1 Propositions

Nous proposons que l'on utilise le radar d'el BAYADH pour :

- compléter les informations fournies par le réseau pluviographique qui serait installé sur le bassin de l'oued EL RHARBI,
- fournir les informations pluviographiques nécessaires dans la phase de régionalisation,
- alerter le secteur d'EL ABIOD sur les probabilités de précipitations intenses sur le bassin de l'oued el RHARBI,

- aider à l'adaptation des techniques d'estimation des précipitations par satellite dans les zones sahariennes.

Pour cela, il conviendrait :

- de faire une expertise technique de ce radar quant à ses caractéristiques, son état et les possibilités de son utilisation dans le cadre du Projet,

- en fonction des résultats de cette expertise, d'équiper le radar d'une chaîne de numérisation de l'information, qui pourrait éventuellement être identique à celle du radar de NIAMEY (17),

- de réaliser des campagnes de mesure sur au moins deux années, afin de mettre au point les algorithmes adaptés aux types de précipitations qui prévalent dans la région, ce qui nécessitera un renforcement du réseau au sol, en dehors du bassin de l'oued el RHARBI.

La mise au point et la réalisation des principales étapes de cette opération repose, au départ, sur une concertation et une coordination des services algériens intéressés, notamment l'O.N.M. et l'A.N.R.H.. Des appuis scientifiques et techniques pourraient être trouvés auprès de l'équipe EPSAT et de l'Université de TOULOUSE.

4.2 UTILISATION DES IMAGES SATELLITAIRES

4.2.1 Généralités

Les premières études sur le sujet remontent à 1968. Il était en effet, très tentant de trouver une méthode permettant de connaître la répartition spatio-temporelle des précipitations par un autre moyen que la mise en service de réseaux au sol ayant une densité suffisante, ce qui est toujours très dispendieux tant à l'installation que pour la maintenance, surtout dans les zones à faible densité de population et difficiles d'accès.

Les méthodes proposées sont très nombreuses (18). Certaines utilisent les données des canaux visibles, une classification des types de nuages et des données in situ (19). D'autres se servent des caractéristiques des nuages dans le visible et l'infrarouge, en conjonction avec les radars météorologiques (20).

Parmi les approches récentes qui nous paraissent les plus intéressantes, à partir des données des satellites NOAA-AVHRR et METEOSAT, l'on peut citer :

- l'utilisation de l'indice global de végétation (9),
- celle de la température radiative de surface (21),
- celle de l'occurrence des nuages à sommet froid (22).

Cette dernière méthode est utilisée notamment par l'Antenne ORSTOM auprès du Centre de Météorologie Spatiale de LANNION en France, avec un seuil de température de -40°C et par l'Université de READING au Royaume-Uni, avec un seuil de -60°C (23).

Tout dernièrement, l'équipe de LANNION a proposé des algorithmes d'estimation des précipitations, en temps réel, en Afrique sahélo-soudanienne, en utilisant le champ de température maximum de surface (24).

La même équipe fournit en routine des cartes d'isohyètes mensuelles et annuelles à partir du satellite METEOSAT, toujours sur la zone sahélo-soudanienne ; d'autres études récentes ont eu lieu dans la péninsule arabique, en France (25) et en Floride (26).

Nous avons donc de bonnes raisons de penser que les précipitations dans les zones sahariennes pourraient être suivies par télédétection.

4.2.2 Quelques restrictions

Il faut cependant savoir que les différentes méthodes utilisées ne peuvent pas être transférées brutalement dans les régions sahariennes. En effet, les résultats les plus performants ont été acquis sur la zone sahélo-soudanienne où les types de nuages précipitants ne correspondent pas à ceux que l'on peut observer au Sahara. D'autre part, il apparaît que plus les événements pluvieux sont rares, moins certaines méthodes sont performantes, notamment celles basées sur une approche statistique. Il faudra donc obligatoirement passer par une phase d'étude pour adapter les algorithmes existants et peut-être même en définir de nouveaux. Il faudra également tester la validité de ces algorithmes pour différents pas de temps, pentade, décade, mois, année, la possibilité d'arriver à un pas de temps inférieur à la journée ou même journalier n'étant pas, à notre avis, des plus évidente. Il nous faut cependant signaler qu'un modèle hydrologique utilisant les données satellites pour fournir les informations pluviométriques au pas de temps journalier a été mis au point à l'Université de READING dans le cadre de TAMSAT, - Tropical African Meteorology by Satellite -.

Pour notre part nous avons utilisé un modèle hydrologique en utilisant les données METEOSAT au pas de temps mensuel (27).

4.2.3 Propositions

Nous proposons de tester les méthodes basées sur l'occurrence des nuages à sommet froid et sur le champ de température maximum de surface en utilisant les images METEOSAT. Pour cela il sera nécessaire :

- . de choisir 3 zones tests réparties dans les régions sahariennes, intéressantes au plan de l'hydrologie et comportant déjà quelques postes pluviométriques,
- . de renforcer les réseaux pluviométriques de ces zones par des pluviographes équipés d'enregistreurs PLUVIO 89 et, pour certains d'entre eux, ceux qui se trouveraient dans les zones très isolées et/ou difficiles d'accès, d'une balise de télétransmission METEOSAT. Cet équipement télétransmission se justifie pour :
 - . assurer une télésurveillance,
 - . obtenir des données en temps réel de façon à pouvoir mettre au point, dans les meilleurs délais, les algorithmes.
- . de traiter les images METEOSAT afin de vérifier la validité des algorithmes actuellement disponibles, de les adapter et, si besoin est, d'en établir de nouveaux pour les conditions météorologiques locales, à des pas de temps variables.
- . de combiner, sur le bassin de l'oued el RHARBI les données METEOSAT et les données radar afin de faciliter la mise au point de l'utilisation des images satellite pour l'estimation des précipitations au pas de temps de la journée et, si possible, de l'évènement pluvieux.

Comme pour l'utilisation du radar météorologique d'EL BAYADH, il est nécessaire de prévoir cette opération dans le cadre d'une coopération entre l'O.N.M., l'A.N.R.H. et le Centre de télédétection d'ARZEW. Un appui scientifique et technique pourrait sans doute être obtenu auprès de l'équipe ORSTOM de LANNION et /ou de l'Université de READING.

CHAPITRE 5

LA TELEDETECTION SPATIALE - UN OUTIL POUR LE SUIVI DES CRUES

Il ne paraît pas réaliste d'envisager d'implanter dans les régions sahariennes un réseau hydroclimatologique suffisamment dense pour y mener des études classiques. L'A.N.R.H. ne dispose ni du personnel ni du matériel nécessaires et le coût d'installation et de maintenance de ce réseau serait d'ailleurs prohibitif au regard du faible nombre d'évènements hydrologiques qui s'y produisent.

Il faut donc envisager une autre approche, certes moins précise mais qui permettrait d'avoir une estimation correcte des volumes d'eau apportés par les crues et susceptibles de participer à la recharge des nappes.

5.1. LES POSSIBILITES DE LA TELEDETECTION SPATIALE

On a déjà vu dans les chapitres précédents qu'il est possible, moyennant des études complémentaires dans ces régions sahariennes, d'utiliser la télédétection spatiale pour l'estimation des précipitations et de l'évapotranspiration réelle.

Il est également possible grâce à cet outil de cartographier les zones en eau et donc de faire un suivi cartographique d'un champ d'inondation par différenciation de différents thèmes allant des zones de submersion profonde aux zones non touchées par l'inondation, en passant par les zones humides non submergées.

Cependant outre les problèmes que l'on peut rencontrer en fonction des types de sol présents dans la zone d'inondation - discrimination des réflectances - le problème majeur est sans conteste la résolution au sol et la répétitivité de l'imagerie disponible.

. pour ce qui concerne la résolution au sol il est évident que c'est actuellement les satellites SPOT 1 et 2 qui sont les plus intéressants - résolution 20 m -.

. par contre il n'en est pas de même pour la répétitivité de l'imagerie qui va conditionner la qualité du suivi de l'évolution de la zone d'inondation, le suivi de la variation de l'extension de cette zone d'inondation, combinée à l'estimation de l'évaporation réelle pouvant fournir une estimation de l'infiltration, en se recalant sur des mesures piézométriques. Le suivi multi-temporel d'un champ d'inondation peut être contrarié, d'une part du fait de la nébulosité liée aux précipitations qui ont engendré la crue, d'autre part aux spécificités orbitales d'un satellite donné.

D'une étude effectuée au Maroc - plaine du GHARB - l'on peut tirer les enseignements suivants en se fixant bien évidemment une durée moyenne d'analyse de L jours, fonction des caractéristiques propres des évènements que l'on veut étudier, $L = 20$ jours dans le cas de l'Oued SEBOU.

Des trois satellites SPOT 1, LANDSAT et NOAA, c'est ce dernier qui apparaît comme le plus intéressant car l'on a plus de 91% de chances d'obtenir 5 images prises au cours des 15 premiers jours. Avec SPOT 1 on a la quasi certitude d'obtenir 2 images l'une en début, l'autre en milieu d'inondation, et 57% de chances d'en obtenir une troisième en fin de crue.

La résolution de NOAA est par contre trop faible, 1 km, pour pouvoir utiliser ce satellite dans notre cas (28).

Le lancement récent de SPOT 2 devrait pouvoir permettre l'augmentation de la fréquence des images sur une même zone en utilisant à la fois SPOT 1 et 2, d'autre part, il est également possible de demander à SPOT-IMAGES une programmation des satellites pour le suivi sur plusieurs jours d'un phénomène donné.

5.2. PROPOSITIONS

Le consultant propose de sélectionner deux zones tests, après étude des événements hydrologiques passés et en prenant naturellement en compte l'intérêt de ces zones pour les problèmes de recharge des nappes. Pour des raisons évidentes d'économie, de gestion et de cohérence au niveau des études ces zones devraient être les mêmes que celles retenues pour l'étude de l'estimation des précipitations par satellite.

Sur ces zones, il conviendrait

- . d'acquérir des images SPOT 1 et 2 pour des périodes de crues,
- . de traiter ces images afin de cartographier l'extension des crues,
- . de déterminer les volumes d'eau précipités - METEOSAT -
- . de déterminer l'évaporation réelle - METEOSAT ou NOAA - ,
- . de compléter les données télédétection par :
 - le repérage topographique de certaines sections inondées pour permettre le calcul approché des volumes écoulés - Implantation d'échelles de crue -.
 - le suivi de la variation du niveau des nappes.

Cette opération nécessiterait, une fois encore, la participation de l'O.N.M., de l'A.N.R.H., et du centre d'ARZEW.

CONCLUSIONS

L'installation du réseau hydroclimatologique sur l'oued EL RHARBI, ainsi que nous l'avons proposée, est l'opération prioritaire et pourrait se faire dans les meilleurs délais, une fois le choix des appareils réalisés.

Nous insistons sur l'importance de ce choix et persistons à penser que le stockage de l'information et la télétransmission d'une partie de cette information en utilisant METEOSAT sont deux éléments fondamentaux à prendre en considération.

Cela étant, il est également nécessaire avant de s'engager dans cette opération :

- de bien être conscient que le secteur d'EL ABIOD devra consacrer l'essentiel de ses efforts à gérer ce réseau et devra donc être doté du matériel nécessaire, véhicule notamment, formé à l'utilisation des appareils et que l'A.N.R.H. devra pouvoir prendre en compte les problèmes d'astreinte des personnels
- de considérer que l'installation du réseau ne résoudra pas le problème d'une meilleure connaissance des écoulements en zone saharienne, si l'on n'envisage pas une étude hydrologique avec une phase de régionalisation,
- de se persuader que les possibilités nouvelles offertes par la télédétection devront être testées pour le cas des régions sahariennes et que cela ne pourra aboutir qu'au travers d'une collaboration entre plusieurs services algériens,
- d'envisager pour ces opérations, l'appui scientifique et technique d'équipes et de consultants étrangers, ne serait-ce qu'au niveau de l'information et de la formation.

Il faut noter qu'un ingénieur de l'A.N.R.H. va suivre en mars et avril 1990, au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à Montpellier, un stage sur les technologies nouvelles en hydrologie, portant essentiellement sur les nouveaux capteurs, la télétransmission par satellite et l'utilisation de certains logiciels dont HYDROM et PLUVIOM.

D'autres stages, en France ou en Algérie, pourraient éventuellement être organisés, par exemple sur les Modèles Numériques de Terrain, l'utilisation de METEOSAT pour l'estimation des précipitations et de l'évapotranspiration réelle. De même, une expertise technique du radar d'EL BAYADH par un spécialiste de l'Université de TOULOUSE est envisageable.

TERMES DE REFERENCE POUR UNE PROCHAINE MISSION DE CONSULTANT HYDROLOGUE.

En fonction des réactions à ce rapport, l'on peut envisager une prochaine mission, courant mai 1990.

Cette mission aurait essentiellement pour but :

- le choix définitif des sites d'implantation des appareils dans le bassin de l'oued el RHARBI et la préparation de ces implantations,
- la démonstration d'un système de télétransmission avec une station de réception ARGOS, **portable**.

Pour ces deux opérations, le consultant serait accompagné d'un ingénieur d'étude de l'ORSTOM, spécialiste de ce domaine qui pourra éventuellement, en fonction des appareils choisis, procéder au cours d'une autre mission, à leur installation et, à la formation des agents de l'A.N.R.H.

- la mise sur pied d'un programme d'étude en concertation avec l'A.N.R.H., l'O.N.M. et le Centre de Télédétection d'ARZEW,
- l'examen des possibilités de traitement des données satellites par le Centre d'ARZEW,
- la recherche des zones favorables à la réalisation des opérations estimation des pluies, de l'évapotranspiration réelle et, du suivi des crues par télédétection,
- l'élaboration d'un programme de coopération avec des équipes de recherche hors de l'ALGERIE, notamment dans le domaine de la formation.

- BIBLIOGRAPHIE -

- (1) *Hydrologie du Cercle de GUIDIMAKA, MAURITANIE.* LEMURZEAU A.
Direction des Travaux Publics, Arrondissement de l'hydraulique, NOUAKCHOTT, 1985.
- (2) *Peut-on encore parler de sécheresse au SAHARA ?* THIRIOT C., MATARI A.
La Houille Blanche, Revue internationale de l'eau -Numéro spécial 7-8/1989- Paris.
- (3) *Le climat du SAHARA*, Tomes I et II. DUBIEF J.
Université d'Alger, Institut de Recherches Sahariennes. Publié avec le concours du CNRS,
Paris, 1963.
- (4) *Contexte morpho-climatique du versant méridional de l'Atlas saharien. Conséquences hydrologiques et apports des modèles numériques de terrain dans la gestion des ressources en eau.* DEPRAETERE Ch. Rapport interne, ORSTOM, Montpellier, 1990.
- (5) *La télétransmission satellitaire. Une méthode de gestion plus économique des réseaux hydrologiques dans les pays en voie de développement.*
POUYAUD B., LE BARBE L., ORSTOM, Montpellier, 1987.
- (6) *LAMONT : Logiciel d'Application des Modèles Numériques de Terrain. Notice OVNIh du Laboratoire d'Hydrologie, N°4.*
DEPRAETERE Ch., ORSTOM, Montpellier, 1989.
- (7) *Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration.*
CASENAVE A., VALENTIN C., ORSTOM-C.E.E., ORSTOM Paris, 1988.
- (8) *Essai du suivi de l'évaporation à partir de l'infra-rouge thermique par satellite au Sénégal.*
SEGUIN B. et al. Col. sur les recherches françaises en météorologie et télédétection sur le continent Africain, PALAISEAU 18-20 juin 1980.
- (9) *NOAA/AVHRR and its uses for rainfall and evapotranspiration Monitoring.*
KERRY H., IMBERNON J., DEDIEU G., HAUTECOEUR D., LAGOUARE J.P.,
SEGUIN B., Int. Journ. Rem. Sens. N°10, 1989.
- (10) *Utilisation des synthèses thermiques de METEOSAT étalonnées par NOAA-AVHRR en agroclimatologie : Application à la France.*
SAVANE M., SEGUIN B., GUILLOT B., Veille Climatique Satellitaire. Bul. N°28,
ORSTOM -Centre de Météorologie Spatiale, LANNION, 1988.
- (11) *Quels facteurs explicatifs de l'infiltration ? Analyse sur 48 parcelles au Burkina-Faso.*
ALBERGEL J., RIBSTEIN P., VALENTIN C., Journées Hydrologiques de l'ORSTOM.
Coll. Colloques et Séminaires, ORSTOM, Montpellier, 1988.

- (12) *Le modèle couplé. Simulation conjointe des écoulements de surface et des écoulements souterrains dans un système hydrologique.* Col. ORSTOM, Sér. Hydrologie, N°4.
GIRARD G., LEDOUX E., VILLENEUVE J.P., Paris, 1981.
- (13) *Modèle général de reconstitution des débits de la Moselle française ; 1ère phase : Répartition des fichiers de données. Structure du modèle.*
PIÉYNS S., ORSTOM, Paris, 1978.
- (14) *D'OURSIS à GAGARA. Transposition d'un modèle de ruissellement dans le SAHEL (BURKINA -FASO).*
ALBERGEL J., CHEVALLIER P., LORTIC B. Hydrologie continentale. Vol.2, N°2, ORSTOM, Paris, 1987.
- (15) *Téledétection active de l'atmosphère.*
SAUVAGEOT H., EYROLLES, Paris, 1982.
- (16) *A pilot experiment for rainfall estimation over West Africa.*
HOEPPFNER M., LEBEL J., SAUVAGEOT H.. International Workshop on Precipitation Measurement. WMO-IAHS, St Moritz, 1989.
- (17) *Numérisation du radar de Niamey (NIGER) dans le cadre du Projet EPSAT.*
SAUVAGEOT H., DESPAUX G., Université Paul Sabatier. Observatoire Midi-Pyrénées. Laboratoire d'aérodologie, Toulouse, 1989.
- (18) *The use of satellite data in rainfall monitoring.*
BARRETT E.C., MARTIN D., Academic Press, 1981.
- (19) *The estimation of monthly rainfall from satellite data.*
BARRETT E.C., Monthly weather review, 98. 1970.
- (20) *A combined visible and infrared technique for the estimation of rain amounts from GOES data.*
AUSTIN G.L., LOVEJOY S., Atlas and Thiele, 1981.
- (21) *Evaluation de la pluviométrie par cumul des images infrarouge thermique METEOSAT (Sénégal), 1986.*
IMBERNON J., ASSAD E., GUILLOT B., DAGORNE D., Veille Climatique Satellitaire. Bul. N°16, ORSTOM -Centre de Météorologie Spatiale, LANNION, 1987.
- (22) *Estimation des précipitations au Niger au cours de la saison des pluies 1986.*
CARN M., LAHUEC J.P., Veille Climatique Satellitaire N°17, ORSTOIM -Centre de Météorologie Spatiale, LANNION, 1987.
- (23) *Rainfall estimation over the Sahel using METEOSAT thermal infrared data.*
DUGDALE G., MILFORD J.R.. ESA International Conference, ROMA, 1985.

- (24) *Estimation des pluies par satellite en temps réel en Afrique Sahélo-Soudanienne.*
CARN M., DAGORNE D., GUILLOT B., LAHUEC J.P., Veille Climatique Satellitaire N°28, ORSTOM -Centre de Météorologie Spatiale, LANNION, 1989.
- (25) *Evaluation des précipitations par combinaison d'images satellitaires visible et infrarouge et le réseau de pluviomètres. Application à la péninsule arabique et au sud-ouest de la France.*
LACOMBA Ph., Thèse de Docteur-Ingénieur, Grenoble, 1986.
- (26) *GOES satellite data in rainfall estimation.* SUN F., SHIH.
Journal of irrigation and drainage engineering, Vol 115, N°5. 1989.
- (27) *Application de la Télédétection à l'évaluation des ressources en eau au Sahel.*
SOLOMON S.I., PIETRONIRO A., WISHART W., PIEYNS S., GUILLOT B., CARN M.
Veille Climatique Satellitaire N°24, ORSTOM -Centre de Météorologie Spatiale, LANNION 1988.
- (28) *Etude et suivi des crues ; utilisation de la télédétection spatiale. Application à la plaine de GHARB (Maroc).*
JOUVENIAUX S., Mémoire de D.E.A., Strasbourg, 1986.

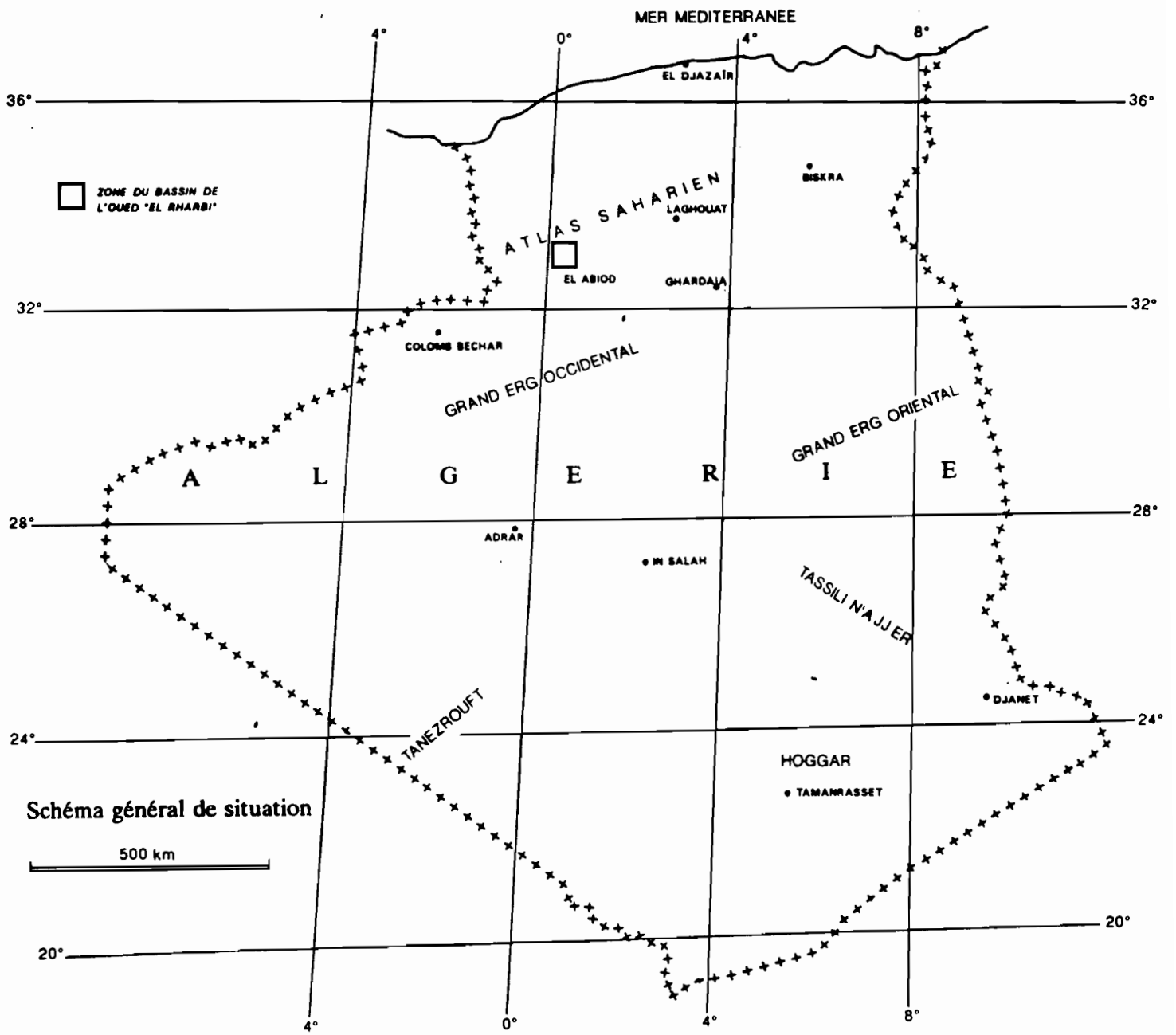
Documents cartographiques utilisés

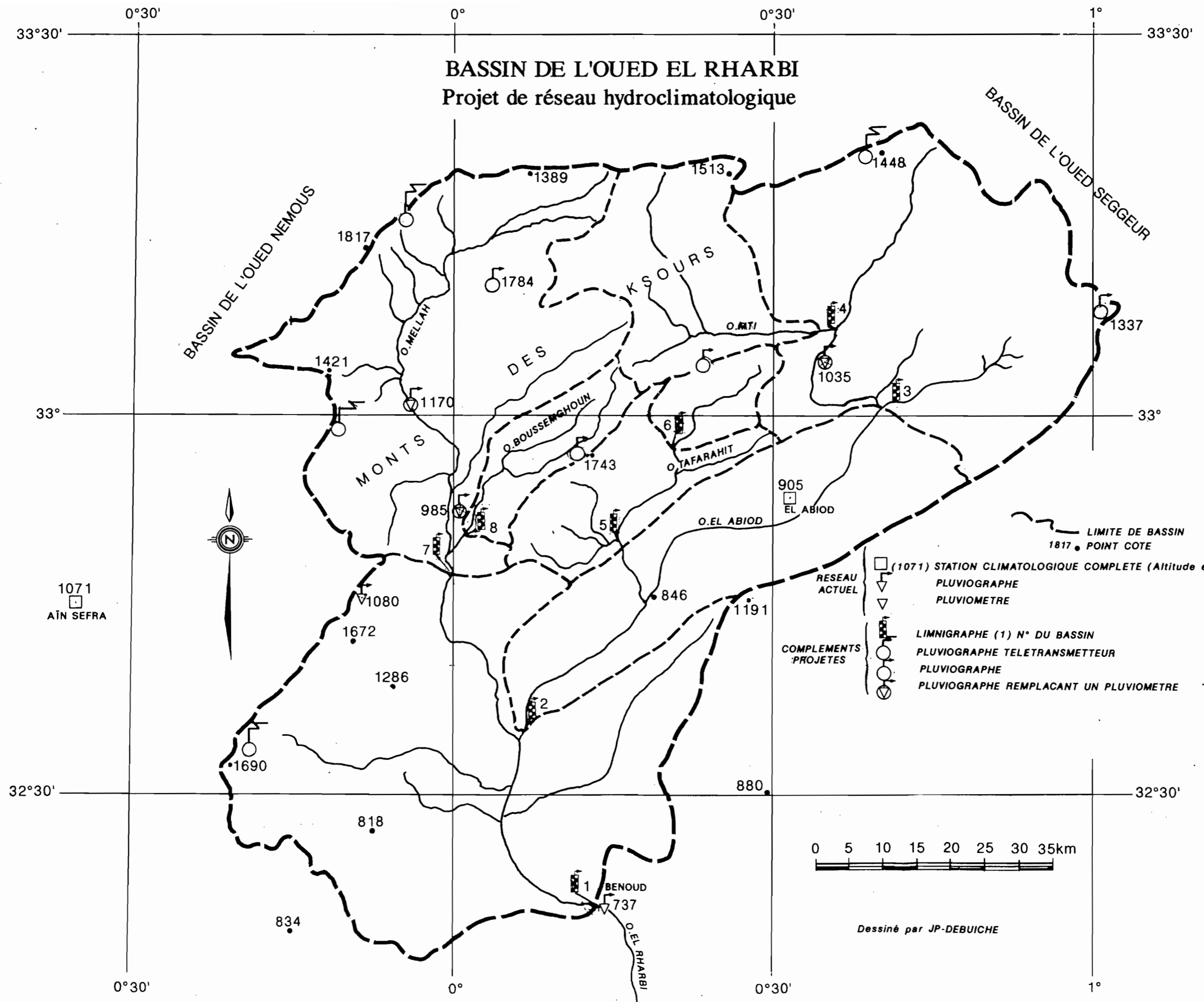
Cartes topographiques au 1 : 500 000 ème.
feuilles de LAGHOUAT et d'AIN SEFRA

Cartes géologiques au 1 : 100 000 ème.
feuilles d'AIN SEFRA, CHELLALA DAHRANIA et EL ABIOD SIDI
CHEIKH

ANNEXES

- Carte de situation du bassin de l'oued el RHARBI
- Projet de réseau hydroclimatologique sur le bassin de l'oued el RHARBI
- Caractéristiques techniques des limnigraphes et pluviographes proposés
- Prix indicatif des matériels





BASSIN DE L'OUED EL RHARBI

Projet de réseau hydroclimatologique

BASSIN DE L'OUED NEMOUS

BASSIN DE L'OUED SEGGEUR

MONTS
DES
KSOURS

O. BOUSSENGHOUN

O. TAFARAHIT

O. EL ABIOD

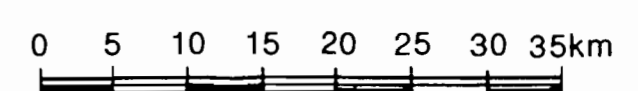
O. EL RHARBI

1071
AÏN SEFRA

655
BREZINA

LIMITE DE BASSIN
1817 • POINT COTE

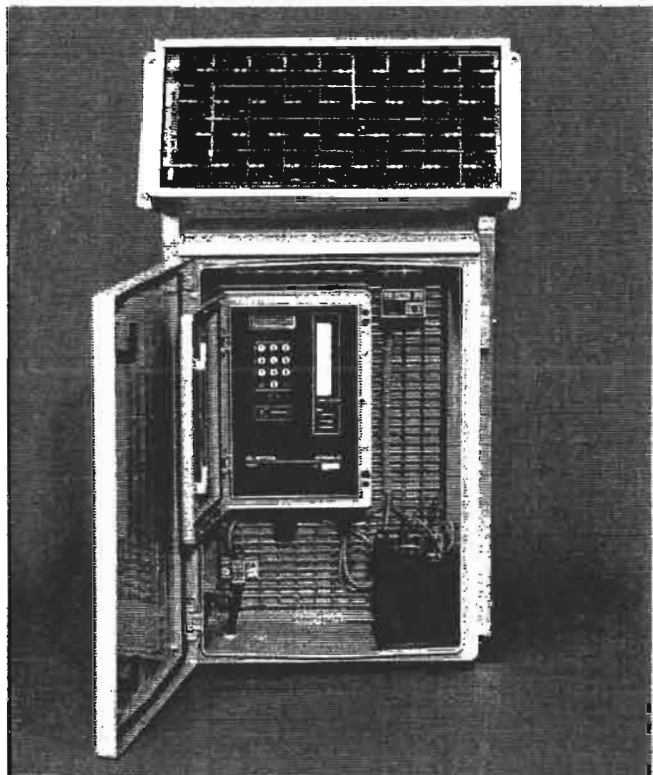
- RESEAU ACTUEL
- (1071) STATION CLIMATOLOGIQUE COMPLETE (Altitude en m.)
 - ▽ PLUVIOGRAPHE
 - ▽ PLUVIOMETRE
- COMPLEMENTS PROJETES
- LIMNIGRAPHE (1) N° DU BASSIN
 - PLUVIOGRAPHE TELETRANSMETTEUR
 - PLUVIOGRAPHE
 - PLUVIOGRAPHE REMPLACANT UN PLUVIOMETRE



Dessiné par JP-DEBUICHE

93, Route de Corbeil
91700 STE-GENEVIEVE-DES-BOIS
Tél. : (1) 69 04 93 93
Télex : 250304 F

NOTE TECHNIQUE CENTRALE CHLOE-D



CHLOE D est une centrale autonome réalisant l'acquisition et l'enregistrement de la hauteur et de la température de l'eau mesurées par la sonde limnimétrique SPI III. Cette centrale est aussi équipée d'une entrée pluviométrique.

Le support de mémorisation est constitué par une cartouche amovible de grande capacité effaçable électriquement et réutilisable (technologie EEPROM).

Ce support statique et non-volatile est particulièrement bien adapté aux environnements sévères et à l'utilisation sur le terrain sans précautions particulières.

Les mesures sont réalisées à pas de temps réglable (de 01 à 99 mn) et la hauteur d'eau est mémorisée si elle représente une variation significative réglable de 01 à 99 cm. CHLOE-D réalise une saisie intelligente des données proportionnelle à la variation du phénomène à enregistrer.

CHLOE-D est équipée d'une base de temps calendrier précise. Le clavier et l'afficheur à cristaux liquides situés en face avant permettent d'accéder aux fonctions suivantes :

- * SYSTEME AUTONOME D'ENREGISTREMENT ET DE TRANSMISSION D'INFORMATIONS LIMNIMETRIQUES, PLUVIOMETRIQUES ET DE TEMPERATURE
- * COMPATIBLE AVEC LA SONDE LIMNIMETRIQUE SPI III
- * ENREGISTREMENT SUR CARTOUCHE AMOVIBLE CEE 64 (technologie EEPROM)
- * TEMPS D'ECHANTILLONNAGE DE 01 à 99 mn
- * ENREGISTREMENT PILOTE PAR LA VARIATION DE LA HAUTEUR D'EAU (01 à 99 cm)
- * BASE DE TEMPS CALENDRAIRE
- * CLAVIER D'INITIALISATION ET AFFICHAGE ALPHANUMERIQUE

OPTIONS :

- * CARTE ENTREES SUPPLEMENTAIRES 0-5v
- * INTERFACE POUR EMETTEUR SATELITE ARGOS

- Initialisation de l'horloge
- Décalage de la hauteur d'eau
- Visualisation des mesures en vraie grandeur
- Formatage de la cartouche
- Mesures des tensions batterie et panneau
- Initialisation du Seuil d'enregistrement et de la Période.

L'autonomie de la cartouche mémoire dépend du temps d'échantillonnage et du seuil de sensibilité choisis.

Une saisie systématique toutes les 10 minutes assure une autonomie d'environ 4 mois.

Les cartouches CEE64 sont dépouillées sur tout ordinateur possédant une sortie RS232C. Le transfert est effectué par une interface spéciale (LCM) dans laquelle s'insère la cartouche. Après transfert la cartouche peut être effacée sur ce même appareil.

CHLOE-D a été conçu pour s'interfacer à un émetteur satellite ARGOS.

En option, CHLOE-D peut être intégrée dans une armoire étanche et verrouillable renfermant la batterie et supportant l'antenne ARGOS.

CARACTERISTIQUES :

*** ENTREES CAPTEURS**

- 1 voie limnimétrique pour sonde SPI III
- 1 voie acceptant un signal impulsionnel actif au Ov, filtré et mémorisé par logiciel.

*** SORTIE**

- Enregistrement sur cartouche amovible CEE64
- 1 vecteur de transmission série compatible avec émetteurs ARGOS (UHF88) ou METEOSAT

*** ALIMENTATION**

- De 10.5 v à 16 v (6 mA en veille, 300 mA en écriture)

*** ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE**

- Température : -20° à +70°C
- Humidité : 95 %
- Coffret étanche selon la norme IP55

*** BASE DE TEMPS**

- Horloge temps réel initialisable
- Dérive inférieure à 1 mn par mois

*** CONNEXIONS**

- Prises étanches type AMPHENOL C16

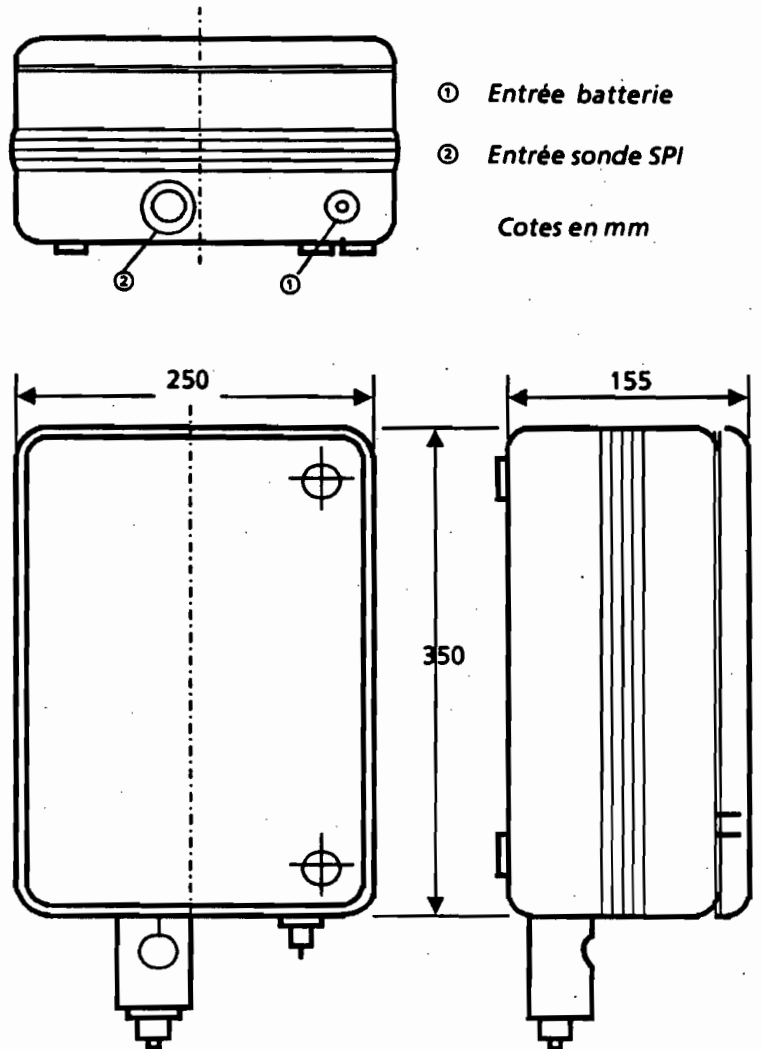
*** ENREGISTREMENT**

- Sur cartouche EEPROM amovible CEE64
- Rythme d'acquisition réglable (de 01 à 99 mn)
- Seuil significatif réglable (de 01 à 99 cm)

*** OPTIONS**

- Interface pour émetteur ARGOS ou METEOSAT
- Armoire de conditionnement polyester
- Panneau solaire 8Wh avec régulateur
- Batterie sans entretien

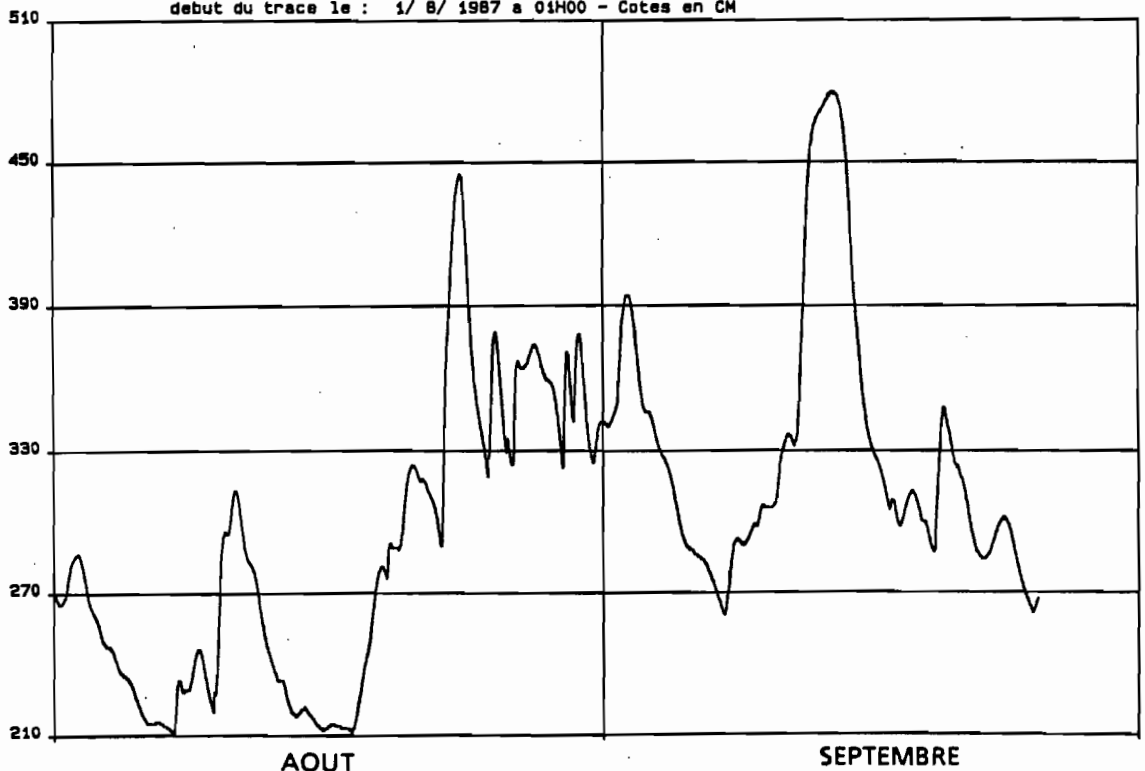
PLAN MECANIQUE



1171503509-1 DION a DIAMARADOU

debut du trace le : 1/ 8/ 1987 a 01H00 - Cotes en CM

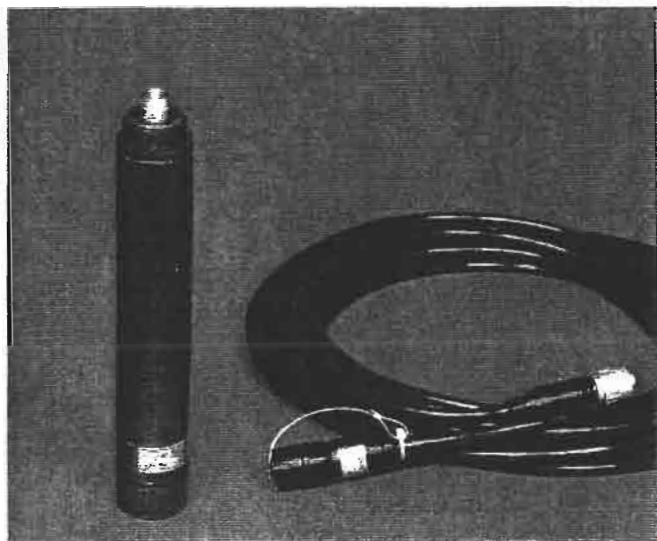
Dépouillement
d'une cartouche
réalisée par
le logiciel
"HYDROM"



93, Route de Corbeil
91700 STE-GENEVIEVE-DES-BOIS
Tél. : (1) 69 04 93 93
Télex : 250304 F

NOTE TECHNIQUE

SONDE SPI III



Développée en collaboration avec le service hydrologique de l'ORSTOM(*), le SPI III est un ensemble électronique et informatique destiné à la mesure précise des niveaux et températures des liquides de densité constante.

La hauteur d'eau et la température sont mesurées par un capteur de pression délivrant un signal électrique fonction de la pression hydrostatique du liquide par rapport à la pression atmosphérique. Ce facteur est constitué d'une jauge piézo-résistive conditionnée dans un boîtier inox et isolée du liquide par un diaphragme en alliage platine tantale.

La sonde SPI III contient un micro-processeur gérant son fonctionnement et réalisant les acquisitions capteurs, les traitements de mise à l'échelle et de compensation thermiques de façon à élaborer des résultats en vraie grandeur incluant la hauteur d'eau et la température.

Ces informations constituent un message binaire qui est transmis par une liaison série basse vitesse, ou RS232C, isolée par des coupleurs opto-électroniques et protégée contre la foudre.

Ce concept original permet une transmission sur plusieurs kilomètres sans dégradation de la précision ou de la sensibilité de la mesure.

(*) Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération

- * SONDE LIMNIMETRIQUE IMMERGEE
- * CABLE DEMONTABLE
- * CAPTEUR DE PRESSION PIEZO-RESISTIF
- * MESURE DE LA HAUTEUR D'EAU ET DE LA T°
- * TRANSMISSION BINAIRE EN VRAIE GRANDEUR
- * LIAISON SERIE SYNCHRONNE BASSE VITESSE PERMETTANT UNE TRANSMISSION SUR PLUSIEURS KILOMETRES
- * LIAISON ASYNCHRONNE TYPE RS232C
- * ZERO ET FACTEUR D'ECHELLE TELECHARGEABLES
- * FAIBLE CONSOMMATION, DIMENSION REDUITE

EN OPTION :

- * CABLE DE LIAISON SUPPLEMENTAIRE
- * ACCESSOIRES DE FIXATION

CONCEPTEURS :

ORSTOM (MM. COLOMBANI & FRITSCH)
ELSYDE (MM. MAILLACH & SEVEQUE)

Les sondes sont toutes interchangeables et toutes compatibles sans aucune adaptation avec les centrales d'enregistrement CHLOE.

Chaque sonde SPI III est calibrée en pression et température et ses courbes d'étalonnages sont stockées dans la mémoire de son micro-processeur. Le zéro et le facteur d'échelle peuvent être téléchargés par la liaison.

Le SPI III est activé sur demande du système d'acquisition. Le temps de mesure est environ 3 secondes et la transmission dure 640 ms.

Le câble de liaison conçu spécialement contient un capillaire de mise à la pression atmosphérique et les conducteurs électriques. Ce câble, blindé par une tresse métallique et gainé d'une épaisseur de 2 mm de polyuréthane se termine par un connecteur Jupiter coté sonde, coté centrale il se raccorde à un échangeur déshydratant évitant la condensation interne du capillaire (connecteur étanche Amphénol C16).

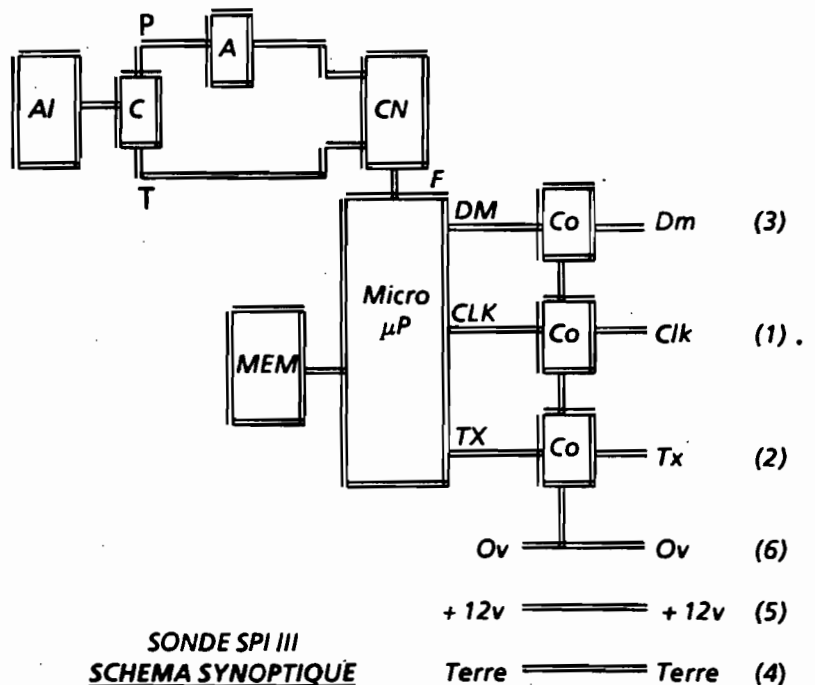
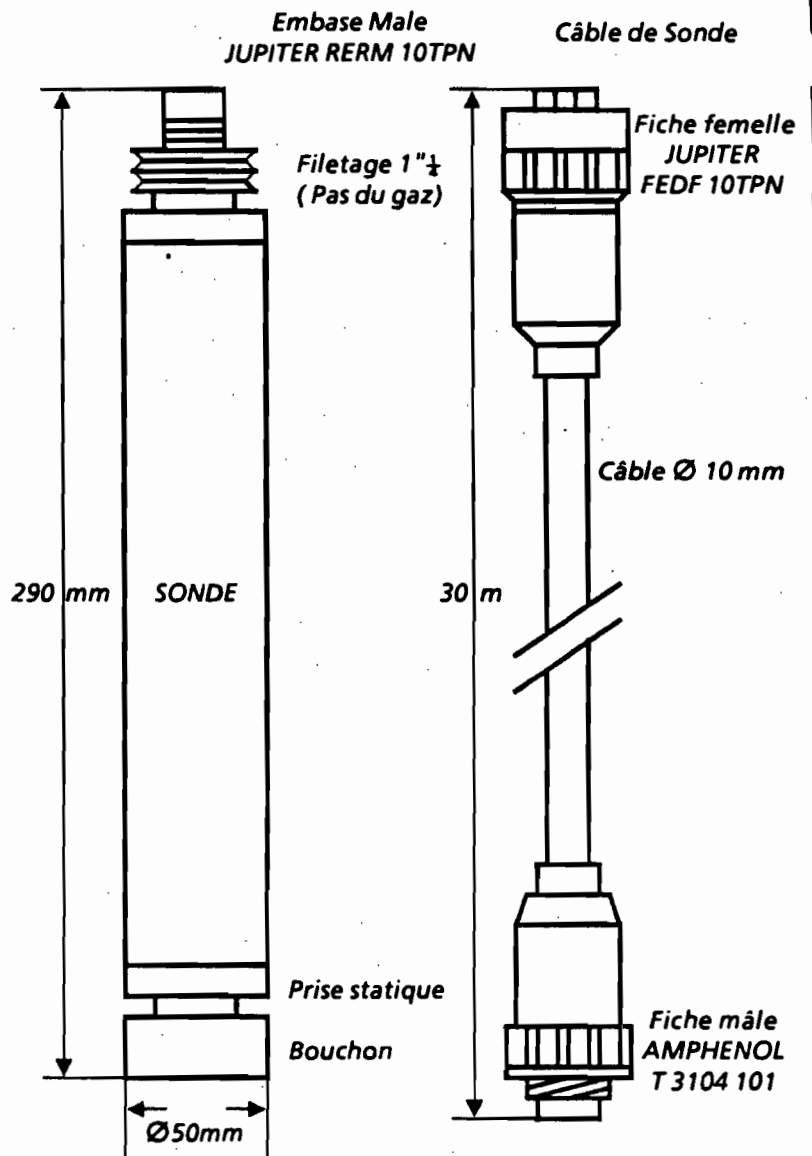
La sonde SPI III est calibrée en standard pour une étendue de mesure de 10 mètres. Elle peut être fixée en dessous des plus basses eaux ou suspendue dans un puits limnimétrique conventionnel. La géométrie de sa prise statique lui assure une bonne qualité de mesure dans des écoulements rapides ou turbulents.

CARACTERISTIQUES

- * ETENDUE DE MESURE : 0 à 10 m
- * SURCHARGE OCCASIONNELLE : 15 m
- * PRECISION DES MESURES : (sous 12,5 v)
 - Niveau : ± 10 mm
 - Température : ± 1°C
- * TEMPERATURE D'UTILISATION :
 - Emmergée : -20° à +70°C
 - Immergée : 0° à +50°C
- * VITESSE DE POURSUITE : 1 cm/sec MAX
- * TEMPS DE MESURE : environ 3 s
- * COURANT CONSOMME : 5 mA moyen (sous 12 v)
- * SORTIE :
 - Transmission série synchrone 100 bits/sec en boucle de courant
 - Transmission type RS232C
- * LONGUEUR MAXIMUM DE LA LIAISON : Correspondant à une constante de temps d'un circuit équivalent RC : 3 ms
- * DIMENSIONS : Ø 50 mm : L 300 mm
- * MATIERE : PVC
- * CONNECTIQUE : Embase JUPITER PERM 10 TPN
- * POIDS : 1 kg (Sonde seule)
- * CABLE DE LIAISON DEMONTABLE : L 30 m
- * ACCESSOIRES :
 - Rallonges de 10 à 50 m
 - Lest en plomb s'adaptant sur la tête inférieure.

- Al = Alimentation capteur
- C = Capteur piézo-résitif
- P = Signal pression
- T = Signal température
- A = Amplificateur
- CN = Conversion numérique
- F = Signal capteur en fréquence
- DM = Demande de mesure
- CLK = Horloge de transmission
- TX = Données
- MEM = Mémoire logiciel + Courbes d'étalonnage
- µP = Microprocesseur
- Co = Coupleur opto-électronique

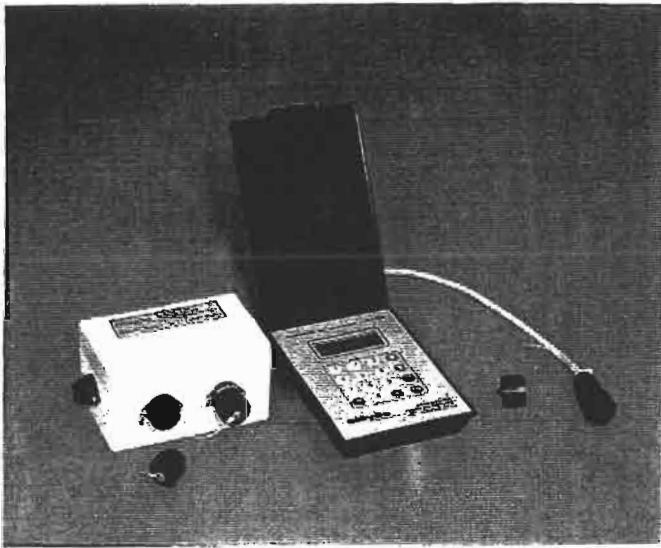
PLAN MECANIQUE



SONDE SPI III
SCHEMA SYNOPTIQUE

93, Route de Corbeil
91700 STE-GENEVIEVE-DES-BOIS
Tél. : (1) 69 04 93 93
Télex : 250304 F

NOTE TECHNIQUE ENREGISTREUR PUVIO 89



PLUVIO 89 est un enregistreur autonome destiné à être connecté à un pluviomètre à augets basculeurs équipé d'un contacteur.

Le support de mémorisation est constitué par 4 mémoires fixes effaçables électriquement (Technologie EEPROM). Ce support statique et non-volatile est particulièrement bien adapté aux environnements sévères.

PLUVIO 89 enregistre systématiquement la date de chaque impulsion générée par l'auget du pluviomètre. Cet histogramme permet, lors du dépouillement de la mémoire, de reconstituer un pluviogramme et de traiter les intensités de pluie sur des périodes de temps variables.

PLUVIO 89 possède une base de temps calendaire. La date de chaque basculement est exprimée en heures, minutes, secondes, le changement de jour en année, mois, jour.

Une capacité mémoire de 32 kilo-octets permet le stockage de 11 000 impulsions soit, pour un auget de 0,5 mm, un équivalent "hauteur d'eau" de 5,50 m.

De façon à renseigner l'opérateur sur les différents paramètres de fonctionnement et des données enregistrées, un terminal de poche muni d'un clavier et

- * SYSTEME AUTONOME D'ENREGISTREMENT ET DE TRANSMISSION D'INFORMATIONS PLUVIOMETRIQUES
- * SE CONNECTE A TOUT PLUVIOMETRE A AUGET DELIVRANT DES IMPULSIONS.
- * ENREGISTREMENT SUR MEMOIRE FIXE ET NON VOLATILE (technologie EEPROM)
- * CAPACITE DE STOCKAGE IMPORTANTE : 11 000 IMPULSIONS DATEES
- * BASE DE TEMPS CALENDRAIRE

EN OPTION :

- * TERMINAL DE POCHE TD 89
- * INTERFACE POUR EMETTEUR SATELLITE ARGOS
- * LIAISON MODEM (en développement)

d'un affichage alpha numérique se connecte à l'enregistreur. Il permet d'accéder aux fonctions suivantes :

1) AFFICHAGE :

- N° de série, état du système.
- Durée de fonctionnement, date du dernier basculement et Cumul.
- Histogramme en mm de pluie par jour, possibilité de "Zoom" sur les heures.
- Etat de remplissage de la mémoire.
- Visualisation des tensions (piles, batterie).

2) MISE A L'HEURE DE L'HORLOGE

3) POSSIBILITE D'EFFACER LA MEMOIRE ET DE REINITIALISER L'ENREGISTREUR

PLUVIO 89 est muni d'une liaison RS232C lui permettant d'être connecté à n'importe quel micro-ordinateur de façon à dépouiller les données enregistrées et d'accéder à toutes les fonctions du Terminal.

PLUVIO 89 a été conçu pour s'interfacer à un émetteur satellite ARGOS. En option, il peut être intégré dans une armoire étanche et verrouillable renfermant la batterie, l'émetteur, et supportant l'antenne ARGOS.

CARACTERISTIQUES :

*** ENTREE CAPTEUR**

- 1 voie acceptant un signal impulsionnel actif au Ov, filtré et mémorisé par logiciel.

*** SORTIE**

- 1 voie RS232C pour la connexion :
 - . du terminal d'initialisation TD89 ou,
 - . d'un micro-ordinateur ou,
 - . d'un émetteur satellite ou,
 - . d'un modem.

*** ALIMENTATION**

- De 8 v à 16 v (2 mA en veille, 100 mA en écriture)
- Piles internes (Durée 4 mois)
- Possibilité de connecter une batterie externe.

*** ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE**

- Température : -20° à +70°C
- Humidité : 100 %
- Coffret étanche selon la norme IP65

*** BASE DE TEMPS**

- Horloge temps réel initialisable
- Dérive inférieure à 1 mn par mois

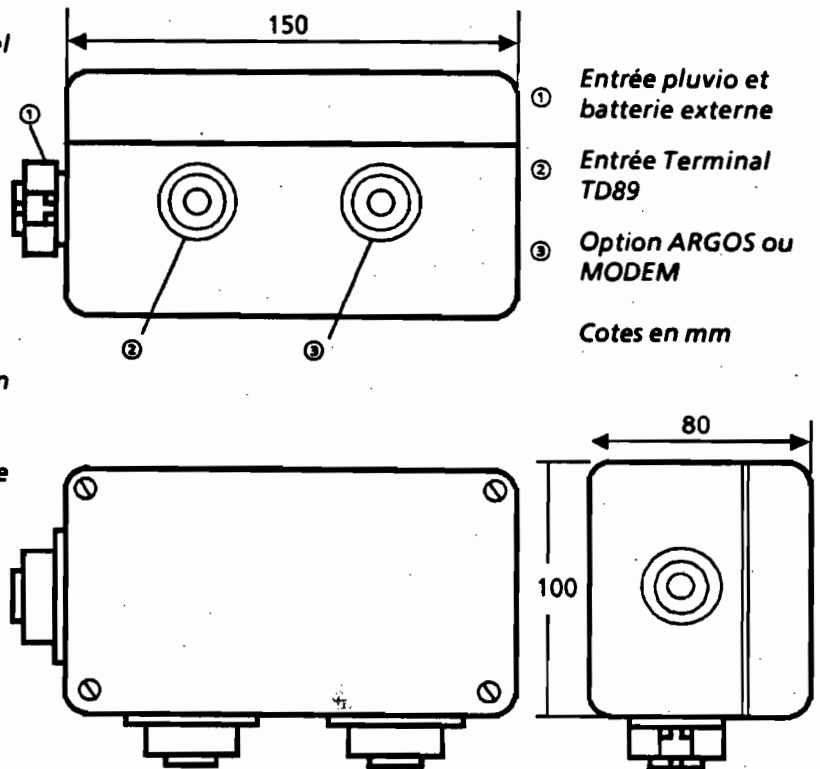
*** CONNEXIONS**

- Prises étanches type AMPHENOL C16

*** ENREGISTREMENT**

- Sur mémoires EEPROM internes (32 Ko)
- Capacité de stockage : 11000 basculements

PLAN MECANIQUE



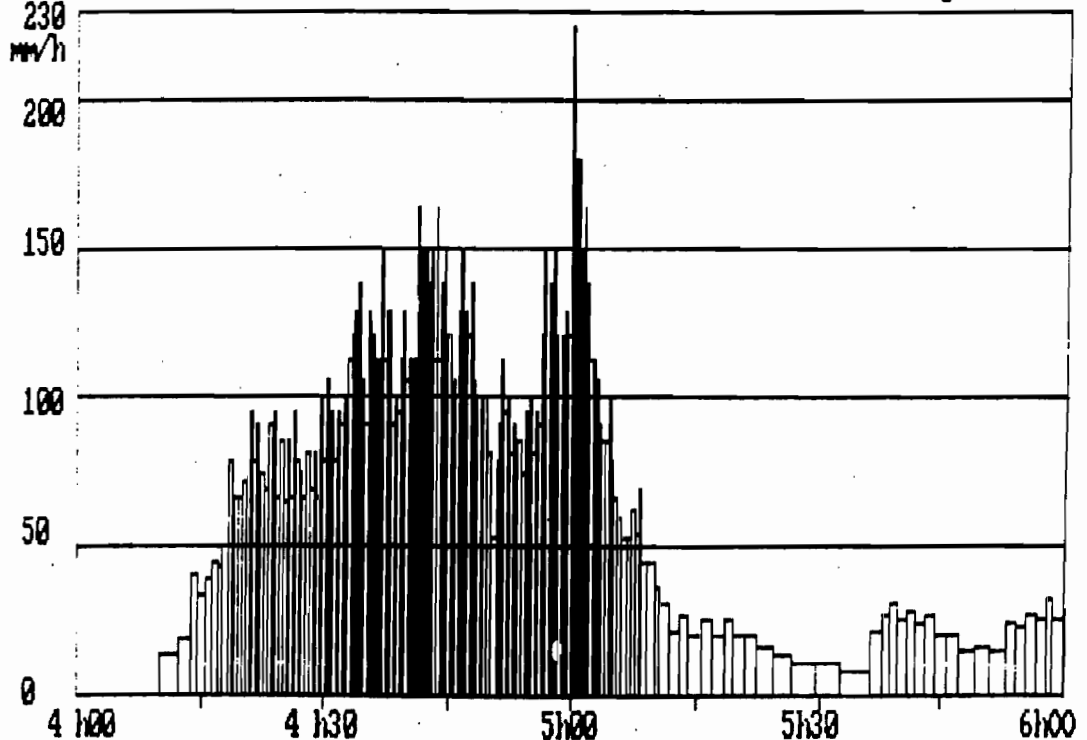
① Entrée pluvio et batterie externe
 ② Entrée Terminal TD89
 ③ Option ARGOS ou MODEM
 Cotes en mm

*** OPTIONS**

- Interface pour émetteur ARGOS ou METEOSAT
- Armoire de conditionnement polyester
- Panneau solaire 8Wh avec régulateur
- Batterie sans entretien

STATION : NIAMEY POUDRIERE
 Averse N°: 16

DEBUT D' AVERSE LE 04/08/1989 A 04h00' 55
 P seuil = 119.0 mm Page 1



Type de sortie pouvant être obtenue à partir d'un enregistreur PLUVIO 89

Prix indicatifs des matériels en francs français

<u>Limnigraphes CHLOE D</u>	14 620
. Armoire, panneau solaire et régulateur	4 200
. Batterie	400
. SPI III	10 500
. Cable de liaison (30 mètres)	2 200
. Cartouche d'enregistrement	2 390
. Lecteur-effaceur de cartouche LCM	5 200
. Interface télétransmission (ARGOS)	7 000
. Interface télétransmission (METEOSAT)	14 000
<u>PLUVIO 89</u>	6 000
. Contacteur pour pluviographe à aujets	600
. Terminal de terrain TD 89	4 500
. Interface télétransmission (ARGOS)	7 000
. Interface télétransmission (METEOSAT)	14 000
<u>Plateforme hydrologique METEOSAT</u>	80 000
. (Projet O.M.M. Congo) 10 capteurs + canal d'alerte fabriquée par CEIS-Espace	
<u>Station de réception METEOSAT</u>	130 000
<u>Station de réception ARGOS</u>	167 000
<u>Station de réception ARGOS portable</u>	80 000

Pieyns Serge

Projet hydrologique d'évaluation des ressources en eau en
Algérie : développement du réseau hydroclimatologique dans
les zones sahariennes

Montpellier : ORSTOM, 1990, 36 p. multigr.