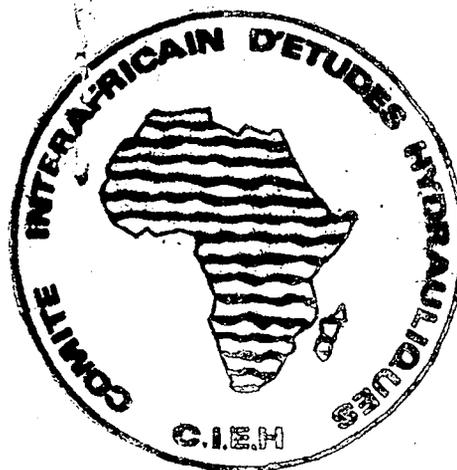


DOUZIEME CONSEIL DES MINISTRES

DU

**COMITE INTERAFRICAIN
D'ETUDES HYDRAULIQUES**

YAOUNDE 20-26 FEVRIER 1984



JOURNEES TECHNIQUES

13-84
H.v. Danne

DOUZIEME CONSEIL DES MINISTRES
DU COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

DOC/CIEH/JT/RAPPORT.

JOURNEES TECHNIQUES
YAOUNDE 20 - 21 FEVRIER 1984

RAPPORT DES JOURNEES TECHNIQUES

RAPPORTEUR GENERAL

Mr. SERGE GASSITA
DIRECTEUR GENERAL DE L'EAU (GABON)

CO.RAPPORTEURS

Mr. MAURICE MEUNIER (C.I.E.H.)

Mr. JEAN PIERRE LAMAYE (C.I.E.H.)

LIBRARY KD 4806
International Commission for
the Study and Development of
Water Resources

Les Journées Techniques précédant le 12e Conseil des Ministres du CIEH se sont tenues les 20 et 21 Février 1964 en présence d'une centaine de Délégués des Etats Membres, des Etats Observateurs, des Organismes régionaux et internationaux, des Instituts de recherche et des organismes de financement ainsi que des représentants des Bureaux d'Etudes.

Le Président de séance était Monsieur N'G. S.S.M, Conseiller Technique au Cabinet du Ministre de l'Agriculture du Cameroun ; le rapporteur général, Monsieur GASSITA, Directeur Général de l'Eau au Ministère de l'Energie et des Ressources Hydrauliques du Gabon avec le CIEH comme co-rapporteur.

Ces Journées Techniques avaient pour thème "les Etudes et Recherches en hydraulique dans les Etats Membres du CIEH". Elles avaient un double objectif :

- faire connaître aux Etats Membres ce qui se fait dans les autres Etats,
- dégager des convergences et des préoccupations communes, ainsi que des questions qu'il faut aborder à un niveau régional (en particulier par le CIEH).

Elles se sont déroulées en deux temps : tout d'abord des exposés synthétiques des Etats, faisant le point, secteur par secteur, des études initiées par les Services Nationaux ; ensuite des exposés des organismes internationaux et interafricains, ainsi que des instituts de recherche et des bureaux d'étude, se plaçant d'emblée à un point de vue régional et qui ont porté sur quatre sous-thèmes : les études et recherches, la documentation, l'information et la formation, la connaissance des ressources en eau ainsi que les projets. Tous ces exposés ont été suivis de discussions.

Les communications présentées et les débats qui ont suivi ont confirmé l'intérêt des participants pour le thème retenu et ont montré l'importance à accorder aux études et recherches pour la réalisation des projets. Les points qui se dégagent des exposés et des discussions peuvent en effet être résumés comme suit :

1°)

Des études intéressantes sur un plan méthodologique sont réalisées dans les Etats comme par exemple l'expérience des puits mécanisés au Niger et au Sénégal, les expérimentations menées par la D.C.D en Côte d'Ivoire sur l'assainissement individuel et le lagunage, les résultats obtenus par l'ONBI en Haute-Volta concernant le Génie Civil des petits barrages, les travaux menés au Sénégal sur le compostage des ordures ménagères sur le ruissellement etc... Ces études devraient donc bénéficier d'une diffusion plus large au niveau régional.

2°)

L'intérêt des participants pour ces échanges d'expériences a souligné l'importance à accorder à la collecte et la diffusion de l'information abondante existant dans les Etats Membres. Plusieurs projets allant dans ce sens ont aussi été présentés : Programme d'échange et de transfert de l'information (PCETRI) du CIR, projet d'information scientifique et technique du CEFIGRE et projet d'établissement d'une bibliographie synthétique de l'ACDI.

3°) Les débats ont porté plus sur les questions importantes propres à certains secteurs que sur le détail des rapports et ont permis des échanges de vues fructueux, particulièrement sur les points suivants :

- amélioration de la qualité et de la quantité des données hydro-météorologiques,
- conservation et stockage de ces données par création de système de gestion informatisé,
- le secteur de l'assainissement a soulevé de nombreuses questions, sur les causes réelles de son retard par rapport à l'eau potable dans le cadre de la DIEPA ; ce retard est-il dû à l'imprécision de la formulation des objectifs à l'inadaptation des techniques, au coût d'investissement trop élevé, à la mauvaise intégration des projets.
- les discussions sur le rôle des Services Nationaux dans la conduite des Etudes ont mis en évidence l'importance de la définition de leurs termes de référence, tâche que les Maîtres d'ouvrages ne peuvent pas déléguer,
- le souhait a été exprimé par plusieurs délégués des Etats pour l'élaboration d'une réglementation dans le domaine des ressources en eau et de leur utilisation ainsi que celui d'un fonctionnement effectif d'un Comité Interministériel de l'Eau dans chacun des Etats.

WB?

- la question de la multiplication des modèles de pompes entraîneraient des problèmes de maintenance (formation des réparateurs, gestion des stocks de pièces détachées etc...) a été largement souligné. Une approche de solution pourrait être trouvée avec la normalisation des modèles d'une part et la fabrication d'un modèle au niveau régional d'autre part.
- L'analyse de l'évolution du climat au cours des dernières décennies a montré que les pays sahéliens souffrent actuellement d'un très grave déficit pluviométrique mais que les autres pays sont aujourd'hui également très sérieusement touchés par la sécheresse. A ce sujet, des discussions à propos des opérations de pluie provoquée réalisées en Haute-Volta ont cependant fait ressortir que ces techniques ne sont pas encore opérationnelles et devront attendre pour l'être. Les résultats de recherches fondamentales menées à l'échelle mondiale.
- Dans tous les secteurs, la nécessité de former les populations et de les faire participer à la définition, la mise en oeuvre l'exploitation et la maintenance des aménagements a été fortement soulignée : dans les domaines de l'hydraulique villageoise et de l'assainissement, mais aussi dans le domaine de la recherche agronomique où il a été noté que les facteurs socio-économique revêtent une importance fondamentale et devront être analysés dans des opérations de recherche de développement à réaliser dans le cadre de projets.

4°)

Les participants ont été très intéressés par les modalités d'intervention des organismes internationaux et régionaux qui se sont déclarés prêts à apporter leur appui aux services nationaux dans le cadre de leurs activités normales ou de projets régionaux déjà engagés :

projets eau-santé (CEFIGRE), aide à la recherche -développement (CRDT), accueil de stagiaires et diffusion de rapports (CRTD).

5/- Plusieurs idées ont été émises sur des travaux à caractère méthodologique à réaliser au niveau régional :

- Normalisation des informations collectées à l'occasion de la réalisation de puits et forages afin de permettre ultérieurement une analyse de ces données (données hydrologiques, et techniques, essais de débits normalisés)

- harmonisation de la collecte et du traitement des données sur les ressources dans les États Membres et centralisation des données au niveau d'un service unique dans chacun des États.

- Etudes de la recharge des nappes en zone de socle cristallin (mise en place de réseaux(*) fractures...)

- Etude de la normalisation des pompes afin de faciliter l'eau mise en place et la gestion des pièces détachées.

- Etude des moyens minimum de fonctionnement d'un service d'hydraulique villageoise.

6/- De nombreuses communications et interventions ont porté sur deux activités du CIEH : - d'une part les participants ont exprimé leur satisfaction pour la collaboration instaurée avec les organisations internationales et régionales ainsi que les instituts de recherche (ASECNA, Conseil de l'Entente, CEFIGRE, CIR, ORSTOM, IRAT) ou en projet (ACDI, CRDI) et encouragent cette collaboration.

- d'autre part sur les responsabilités que l'on souhaiterait voir attribuer au CIEH, en particulier sur sa participation au contrôle et à l'élaboration des études réalisées dans les États.

x x

x

RECOMMANDATIONS :

A l'occasion de ces travaux les participants ont formulé les recommandations suivantes à l'endroit des États et du CIEH :
à l'endroit des États :

- Meilleure coordination des services, notamment grâce au fonctionnement effectif des Comités Nationaux et à leur création si besoin est.

- Nécessité de prendre en compte les aspects sanitaires dans les programmes d'alimentation en eau potable ;

- Elaboration et adoption de moyens législatifs adéquats ;

- Amélioration des Services météorologiques, hydrologiques et hydrogéologiques pour obtenir une meilleure maîtrise des ressources en eau.

(*) piezométriques, étude de l'écoulement dans les réseaux de

..//..

- Nécessité d'associer le CIEH aux études réalisées dans les pays membres par les services nationaux ;

- Nécessité d'une association effective des populations aux projets, dès la phase d'élaboration pour obtenir la prise en charge des équipements par leurs bénéficiaires y compris la maintenance et le renouvellement.

- Création de banques de données centralisant l'ensemble des informations sur les ressources en eau ;

- Mise sur pied de système de documentation et de diffusion fonctionnant effectivement.

à l'endroit du CIEH :

- Amélioration de la collecte et de la diffusion de l'information qu'elle provienne des Etats ou de l'extérieur.

- Renforcement de la collaboration avec les autres organisations interafricaines.

En outre, à l'endroit du CIEH, plusieurs études ont été recommandées qui sont décrites dans ce rapport.

R E C O M M A N D A T I O N S

A l'occasion de ces travaux les participants ont formulé les recommandations suivantes à l'endroit des Etats et du CIEH :

1^o) à l'endroit des Etats :

- Meilleure coordination des services, notamment grâce du fonctionnement effectif des Comités Nationaux et à leur création si besoin est.
- Nécessité de prendre en compte les aspects sanitaires dans les programmes d'alimentation en eau potable ;
- Elaboration et adoption de moyens législatifs adéquats ;
- Amélioration des Services Météorologiques, hydrologiques et hydrogéologiques pour obtenir une meilleure maîtrise des ressources en eau.
- Nécessité d'associer le CIEH aux études réalisées dans les pays membres par les services nationaux ;
- Nécessité d'une association effective des populations aux projets, dès la phase phase d'élaboration pour obtenir la prise en charge des équipements par leurs bénéficiaires y compris la maintenance et le renouvellement.
- Création de banques de données centralisant l'ensemble des informations sur les ressources en eau ;
- Mise sur pied de système de documentation et de diffusion fonctionnant effectivement.

2) à l'endroit du CIEH

- Amélioration de la collecte et de la diffusion de l'information qu'elle provienne des Etats ou de l'extérieur.
- Renforcement de la collaboration avec les autres organisations interafricaines.
- En outre, à l'endroit du CIEH, plusieurs études ont été recommandées qui sont décrites dans ce rapport.

1-3-84
H.v. Damme

DOUZIEME CONSEIL DES MINISTRES
DU COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

YAOUNDE 20-26 FEVRIER 1984

DGC/CIEH/JT/RAPPORT

JOURNEES TECHNIQUES

YAOUNDE 20-21 FEVRIER 1984

KD 4806

RAPPORT DES JOURNEES TECHNIQUES

RAPPORTEUR GENERAL

Monsieur Serge GASSITA
Directeur Général de l'Eau (GABON)

CO-RAPPORTEUR

Monsieur Maurice MEUNIER
Chef du Service Technique du CIEH

Monsieur Jean Pierre LAHAYE
Adjoint au Chef du Service Technique du CIEH

Les Journées Techniques précédant le 12e Conseil des Ministres du CIEH se sont tenues les 20 et 21 Février 1984 en présence d'une centaine de Délégués des Etats Membres, des Etats Observateurs, des Organismes régionaux et internationaux, des Instituts de recherche et des Organismes de financement ainsi que des représentants des Bureaux d'Etudes.

Le Président de séance était Monsieur N'GASSAM, Conseiller Technique au Cabinet du Ministre de l'Agriculture du Cameroun ; le rapporteur général, Monsieur GASSITA Directeur Général de l'Eau au Ministère de l'Energie et des Ressources Hydrauliques du Gabon avec le CIEH comme co-rapporteur.

Ces Journées Techniques avaient pour thème "les Etudes et Recherches en Hydraulique dans les Etats Membres du CIEH". Elles avaient un double objectif :

- faire connaître aux Etats Membres ce qui se fait dans les autres Etats,
- dégager des convergences et des préoccupations communes, ainsi que des questions qu'il faut aborder à un niveau régional (en particulier par le CIEH).

Elles se sont déroulées en deux temps : tout d'abord des exposés synthétiques des Etats, faisant le point, secteur par secteur, des études initiées par les Services Nationaux ; ensuite des exposés des organismes internationaux et interafricains, ainsi que des instituts de recherche et des bureaux d'étude, se plaçant d'emblée à un point de vue régional et qui ont porté sur quatre sous-thèmes : les études et recherches, la documentation, l'information et la formation, la connaissance des ressources en eau ainsi que les projets. Tous ces exposés ont été suivis de discussions.

Les communications présentées et les débats qui ont suivi ont confirmé l'intérêt des participants pour le thème retenu et ont montré

l'importance à accorder aux études et recherches pour la réalisation des projets. Les points qui se dégagent des exposés et des discussions peuvent en effet être résumés comme suit :

1°)

Des études intéressantes sur un plan méthodologique sont réalisées dans les Etats comme par exemple l'expérience des puits mécanisés au Niger et au Sénégal, les expérimentations menées par la DCAD en Côte d'Ivoire sur l'assainissement individuel et le lagunage, les résultats obtenus par l'ONBI en Haute-Volta concernant le Génie Civil des petits barrages, les travaux menés au Sénégal sur la latrinisation des ordures ménagères, sur le ruissellement etc... Ces études devraient donc bénéficier d'une diffusion plus large au niveau régional.

2°)

L'intérêt des participants pour ces échanges d'expériences a souligné l'importance à accorder à la collecte et la diffusion de l'information abondante existant dans les Etats Membres. Plusieurs projets allant dans ce sens ont aussi été présentés : Programme d'échange et de transfert de l'information (POETRI) du CIR, projet d'information scientifique et technique du CEFIGRE et projet d'établissement d'une bibliographie synthétique de l'ACDI.

3°)

Les débats ont porté plus sur les questions importantes propres à certains secteurs que sur le détail des rapports et ont permis des échanges de vues fructueux, particulièrement sur les points suivants :

- amélioration de la qualité et de la quantité des données hydrométéorologiques,
- conservation et stockage de ces données par création de systèmes de gestion informatisés,
- le secteur de l'assainissement a soulevé de nombreuses questions, sur les causes réelles de son retard par rapport à l'eau potable dans le cadre de la DIEPA : ce retard est-il dû à l'imprécision de la formulation des objectifs, à l'inadaptation des techniques, au coût d'investissement trop élevé, ou à la mauvaise intégration des projets ?

- Les discussions sur le rôle des Services Nationaux dans la conduite des Etudes ont mis en évidence l'importance de la définition de leurs termes de référence, tâche que les Maîtres d'ouvrages ne peuvent pas déléguer,
- Le souhait a été exprimé par plusieurs délégués des Etats pour l'élaboration d'une réglementation dans le domaine des ressources en eau et de leur utilisation ainsi que celui d'un fonctionnement effectif d'un Comité national de l'eau dans chacun des Etats.
- La question de la multiplication des modèles de pompes entraînant des problèmes de maintenance (formation des réparateurs, gestion des stocks de pièces détachées etc...) a été largement soulignée. Une approche de solution pourrait être trouvée avec la normalisation des modèles d'une part et la fabrication d'un modèle au niveau régional d'autre part.
- L'analyse de l'évolution du climat au cours des dernières décennies a montré que les pays sahéliens souffrent actuellement d'un très grave déficit pluviométrique mais que les autres pays sont aujourd'hui également très sérieusement touchés par la sécheresse. A ce sujet, des discussions à propos des opérations de pluie provoquée réalisées en Haute-Volta ont cependant fait ressortir que ces techniques ne sont pas encore opérationnelles et devront attendre pour l'être, les résultats de recherches fondamentales menées à l'échelle mondiale.
- Dans tous les secteurs, la nécessité de former les populations et de les faire participer à la définition, la mise en oeuvre, l'exploitation et la maintenance des aménagements a été fortement soulignée : dans les domaines de l'hydraulique villageoise et de l'assainissement, mais aussi dans le domaine de la recherche agronomique où il a été noté que les facteurs socio-économique revêtent une importance fondamentale et devront être analysés dans des opérations de recherche - développement à réaliser dans le cadre de projets.

4°)

Les participants ont été très intéressés par les modalités d'intervention des organismes internationaux et régionaux qui se sont déclarés prêts à apporter leur appui aux Services Nationaux dans le cadre de leurs activités normales ou de projets régionaux déjà engagés :

projets eau-santé (CEFIGRE), aide à la recherche-développement (CRDI), accueil de stagiaires et diffusion de rapports (CRTO).

5°)

Plusieurs idées ont été émises sur des travaux à caractère méthodologique à réaliser au niveau régional :

- normalisation des informations collectées à l'occasion de la réalisation de puits et forages afin de permettre ultérieurement une analyse de ces données (données hydrologiques, et techniques, essais de débits normalisés).
- harmonisation de la collecte et du traitement des données sur les ressources dans les Etats Membres et centralisation des données au niveau d'un service unique dans chacun des Etats.
- Etudes de la recharge des nappes en zone de socle cristallin (mise en place de réseaux piézométriques, étude de l'écoulement dans les réseaux de fractures...).
- Etude de la normalisation des pompes afin de faciliter leur mise en place et la gestion des pièces détachées.
- Etude des moyens minimum de fonctionnement d'un service d'hydraulique villageoise.

6°)

De nombreuses communications et interventions ont porté sur deux activités du CIEH :

- d'une part les participants ont exprimé leur satisfaction pour la collaboration instaurée - ou en projet - avec les organisations internationales et régionales ainsi que les instituts de recherche (ACDI, AGRHYMET, ASECNA, CEFIGRE, CIR, CONSEIL DE L'ENTENTE, CILSS, CRDI, IRAT, INSTITUT DU SAHEL, ORSTOM, OMM, UNESCO) et encouragent cette collaboration.

- d'autre part sur les responsabilités que l'on souhaiterait voir attribuer au CIEH, en particulier sur sa participation au contrôle et à l'élaboration des études réalisées dans les Etats.

DOUZIEME CONSEIL DES MINISTRES DU C.I.E.H.

YAOUNDE 20-26 Février 1984

JOURNEES TECHNIQUES

Palais des Congrès 20-21 Février 1984

PROJET D'ORDRE DU JOUR

Lundi 20 Février

- 8 heures Accueil des Participants
 Inscription
- 9 heures Cérémonie d'ouverture des travaux
- 9 heures 45 Suspension - Pause café
- 10 heures Reprises des travaux
 Election du bureau
 Introduction des Journées Techniques
 Exposés sur le Bénin, Le Cameroun, Le Congo.
- 12 heures Suspension.
- 15 heures Reprise des travaux
 Exposés sur la Côte d'Ivoire, le Gabon,
 La Haute-Volta.
- 17 heures Suspension
- 17 heures 15 Reprise des travaux
 Exposés sur le Mali, Le Mauritanie, et le Niger
- 19 heures 15 Suspension.

4806
 [Faint stamp text]

.../...

Mardi 21 Février 1984

8 heures 30	Reprise des travaux Exposés sur le Sénégal, Le Tchad et le Togo.
10 heures 15	Suspension - Pause café
10 heures 30	Reprise des travaux Exposés divers Discussion générale
13 heures	Suspension
15 heures 30	Reprise des travaux Rédaction du rapport de synthèse Recommandations.

3

COMITE INTERAFRICAIN
D'ETUDES HYDRAULIQUES
C.I.E.H.
BP 369 OUAGADOUGOU
(R.-.V.)

Note d'information sur les Journées
Techniques du 12e Conseil des Ministres
du CIEH(Yaoundé 20-21/Février 1984)

Etudes et recherches en matière d'hydraulique
dans les pays membres du CIEH.

Buts recherchés :

1°) Faire le point d'une part des problèmes pouvant donner lieu à des études et des recherches, d'autre part de toutes les études en cours ou en projet dans les pays membres du CIEH.

2°) Dégager les ressemblances et convergences entre pays, dégager les absences, les contraintes, les priorités entre toutes les études et recherches possibles.

Participants

1°) Pays membres du CIEH

Ceux-ci réalisent une synthèse nationale de leurs besoins et des travaux en cours ou en projet, par une concertation la plus large possible, selon un processus décrit dans une note circulaire de Juillet 83 et qui en est à sa phase finale. L'accent doit être mis sur la réflexion au niveau national, donc sur l'aspect synthétique, même si des études dans un secteur particulier peuvent être incluses dans le rapport. Dans la mesure du possible, les priorités doivent être explicitées en fonction des objectifs nationaux et aucun secteur ne doit être oublié (secteur institutionnel et réglementaire par exemple).

2°) Organismes et Bureaux d'Etudes

Ceux ci peuvent apporter un point de vue très fructueux car extérieur aux Services Nationaux et pouvant englober plusieurs pays ou même la Sous région.

LIBRARY 4806
International Reference Centre
for Community Water Supply

Là aussi l'accent doit être mis sur l'aspect synthétique et global ; les études particulières peuvent être présentées, mais le côté méthodologique et l'intérêt pour d'autres pays ou régions doivent en constituer les facteurs primordiaux. Des réflexions sur les conditions de réalisation des études et recherches, sur le partage des tâches entre Services Nationaux et Organismes extérieurs peuvent également être du plus grand intérêt.

Volume des Communications. Délais. Temps de parole.

Il est souhaitable de limiter le nombre maximum de pages des communications à 12 ou 15, de façon à ce que chaque document puisse être discuté oralement après l'exposé. Le temps par exposé sera déterminé en fonction du volume de participat~~es~~ La priorité sera accordée aux exposés synthétiques et les études particulières disposeront d'un temps de parole plus réduit. Il est souhaitable que chaque intervenant puisse fournir à Yaoundé 120 exemplaires de sa communication. Par souci de clarté, il est demandé que la première page ne comporte que les indications suivantes :

- 1°) en haut au Centre : Journées Techniques du 12e Conseil des Ministres du CIEH YAGUNDE 20-21 Février 1984.
- 2°) au milieu : Titre de la communication suivi du nom de l'auteur et de son statut (nom du bureau d'étude ou de l'organisme)
- 3°) En haut à gauche, la référence : DCC/CIEH/JT/EM ou INV/(Nom)
EM pour Etat Membre ; INV pour Invité.

Lieu de la réunion

Les réunions se tiendront au Palais des Congrès. L'accueil des participants est prévu à l'Hôtel des Députés qui accorde un tarif préférentiel.

DOUZIEME CONSEIL DES MINISTRES DU CIEH

YAOUNDE 20-26 FEVRIER 1984

LISTE PROVISOIRE DES PARTICIPANTS

I - PAYS MEMBRES ET PAYS
OBSERVATEURS

BENIN

KARIMOU Danialou Société Béninoise des Eaux et de l'Electricité - SBEE -
Direction des Eaux BP 123 Cotonou

CAMEROUN

 MONGORY G. M. Présidence
Chef de Service BP 328 Yaoundé

NGASSAM Justin Ministère de l'Agriculture
Conseiller Technique au Cabinet du Ministre YAOUNDE

MBEPI Henri Ministère de l'Agriculture
Directeur du Génie Rural - YAOUNDE -

NGWEUSSITCHEU Victor Ministère de l'Agriculture
Directeur Adjoint du Génie Rural - YAOUNDE

FOTSO Basile Direction du Génie Rural
Chef du Service Hydraulique Rurale - YAOUNDE -

KANA Clément Direction du Génie Rural
Adjoint au Chef du Service de l'Hydraulique

KOUANOU Pierre Ministère de l'Agriculture
Direction du Génie Rural
Chef du SEAR

MBESSE R. Direction du Génie Rural
Chef de Service Adjoint du SEAR

NTSAH NGONO C. Ministère de l'Agriculture
Homologue Ingenieur Provincial du Centre et Sud
BP 2729 YAOUNDE

KALDJA Alexandre Ministère de l'Elevage
Chef du Service Adjoint Paturage et Hydraulique
Pastorale

LIBRARY 4866
International Reference Centre
for Community Water Supply

ANNEXE 1

ANNEXE 2

- LEKEDJI Timothée
Ministère de l'Elevage
Chef du Service Paturage et Hydraulique Pastorale
- MINAAH E.
Ministère de l'Enseignement Supérieur et Recherches Scientifiques
Chef du Centre de Recherche Hydrologique IRGM
BP 4110 YAOUNDE
- BOUM J. P.
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de Recherches Scientifiques
Adjoint du Chef du Centre de Recherche Hydrologique
- KAPTO Etienne
ENSTP
Chef Département Génie Rural BP 510 YAOUNDE
- TCHEUNFO Gabriel
Ministère de l'Équipement
Direction des Etudes Générales et de la Normalisation
- NCHANKOU E.
Ministère DES Mines et de l'Energie
BP 328 YAOUNDE
- BETAH S. S.
Ministère des Mines et de l'Energie
Sous Directeur de la Géologie YAOUNDE
- MTUBA F. E.
Ministère de la Santé Publique
Chef du Service Hygiène et Assainissement YAOUNDE
- NDOUNJEU F. C.
Ministère de l'Urbanisme et Habitat
Chef du Service Adjoint des Equipements Urbains YAOUNDE
- NGA G.
Ministère de l'Urbanisme et Habitat
Ingenieur Génie Civil
- EKOMBA P.
P.R.U.C.
BP 328 YAOUNDE
- NGATSIMI B. G. R.
Société Nationale des Eaux du Cameroun (SNEC)
Chef Service Central des Exploitations
BP 157 Douala
- NGUBEU J.
Mission d'Aménagement et d'Équipement des Terrains Urbains et Ruraux BP 1248 YAOUNDE
- OUSMANOU B.
Société de Développement de la Riziculture dans la Plaine des MBO (SODERIM)
Chef du Service des Aménagements et Construction
BP 146 MELONG
- NGEULEU E.

KABADJI

TCHOUAFFI J.F. }

EDZIMBE L.D. }

NGONO A.M.

MINFOL- Ministère de l'Information -
 Journaliste Reporteur
 CAMEROON TRIBUNE BP 2118 YAOUNDE
 CAMEROON TRIBUNE
 Radio CAMEROUN YAOUNDE

CENTRAFRIQUE

ADELAVE R.

Société Nationale des Eaux
 Directeur

BP 1838 BANGUI

YAMBA J.

Chargé de Mission au Ministère de l'Hydraulique
 Département Energie et Hydraulique
 BP 880 BANGUI

COTE D'IVOIRE

RAMAMANANTOANDRO R.

Ministère des Travaux Publics des Postes et Télécom-
 munications
 Direction Centrale de l'Hydraulique
 01 BP 4097 ABIDJAN 01

GABON

GASSITA S.

Ministère de l'Energie et Ressources Hydrauliques
 Directeur Général de l'Eau
 BP 1172 Libreville

ANGO OSSA A.

Ministère de l'Energie et Ressources Hydrauliques
 Direction Générale de l'Eau- Chef du Service Eau
 Distribution
 BP 1172 Libreville

MOURI M.

Société d'Energie et d'Eau du Gabon - SEEG -
 Direction Technique et de l'Equipement
 Chef de Division Eau
 BP 2187 Libreville

HAUTE VOLTA

ZABRE H. P.

Ministère de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural
 Directeur de l'HER
 BP 7025 OUAGADOUGOU

BATIENON B. C.

Ministère de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural
 Ingenieur du Génie Rural

NIGER

BEIDOU Bagnan

Ministère de l'Hydraulique et Environnement
Directeur des Ressources en Eau
BP 257 Niamey

SENEGAL

Mme FALL Astou

Ministère de l'Hydraulique
Conseiller Technique au Ministère
Ingenieur de l'Equipement Rural
BP 4021 Dakar

TCHAD

ABDERAMANE M. A.

Directeur du Génie Rural et des Ressources en Eau
BP 47 N'DJAMENA

SAFI A.

Office National de l'Hydraulique Pastorale et Villageoise
(ONHPV)
Directeur Adjoint
BP 750 N'Djamena

TOGO

KATAKOU K.

Ministère des Travaux Publics, Mines et de l'Energie et
Ressources Hydrauliques
Direction de l'Hydraulique
BP 325 Lomé

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES BP 369 OUAGADOUGOU HAUTE-VOLTA

HASSANE ABDOU	Secrétaire Général
MEUNIER Maurice	Chef du Service Technique
HIEN Benjamin	Chef du Service Administratif et Financier
DILUCA Charles	Chef du Département Hydrogéologie et Hydraulique Villageoise
ATIVON Kodjo L.	Chef du Département Hydraulique Urbaine et Assainissement
PUECH Christian	Chef du Département Hydrologie
PIATION Hervé	Chef du Département Hydraulique Agricole
LAHAVE J. P.	Adjoint au Chef des Services Techniques
CHABI GONNI	Département Hydrologie
DIAGANA Bassirou	Département Hydrogéologie

Melle TRAORE Bernadette Secrétaire de Direction

SCEOM

DIOP M.

259 Av; de Melgueil 34280 La Grande Motte - FRANCE -
Ingenieur chargé d'Etudes - Hydraulique Génie Rural -

BURGEAP

ANDREINI J. C.

70 rue Mademoiselle 75015 PARIS - FRANCE -

Ingenieur Géologue

GEOMINES

SOMMELET H.

1010 West Street Sherbrooke Suite 2202 Montréal CANADA

Directeur Technique

GERDAT

IZARD M.

BP 2572 YAOUNDE CAMEROUN

Représentant Régional

LCHF GEODYNAMIQUE

LOAEC C.

10 rue Eugène Renault 94700 Maisons Alfort FRANCE

Chef Service Hydraulique Fluviale et Ressources en Eau

IRAT

LEGOUPIL J. C.

Rue de l'Université PARIS 7e FRANCE

Directeur Etudes et Développement

CRSTOM

SIRCOULON J.

70, 74 rue d'Aulnay 93140 Bondy FRANCE

Chef Département Technique Laboratoire Hydrologie

SOGREAH

CHEVEREAU G.

6, rue de Lorraine, 38130 ECHIROLLES FRANCE

Ingenieur

IV - ENTREPRISES ET FOURNISSEURS

8.

FLYGT

DELBOS P.

36, rue J.J. Rousseau BP 398 92153 SURESNES CEDEX FRANCE
Chef Département Afrique Noire Francophone

FORAFRIQUE

DURUSQUEC J.

BP 4611 OUIAGADOUGOU HAUTE VOLTA
Directeur

ROBBINS MYERS

WALTER C.

1345 Lagonda Av Springfield Ohio S USA
Représentant

STRUCTOR CFAO

AYNIE M.

Cadre Commercial - Direction Technique
BP 1014 Douala

MBOPDA D.

Service Technique Hydraulique
BP 153 YAOUNDE

MIFSUD J. M.

Direction Commerciale et Technique
BP 153 YAOUNDE

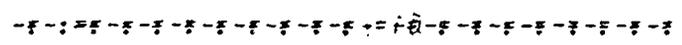
FAC
CEDUCRG

Peter
Moumer

/)OUZIEME CONSEIL DES MINISTRES DU CIEH.

YAOUNDE 20-26 février 1984

LISTE PROVISOIRE DES PARTICIPANTS
COMPLEMENT N° 1



I/ - PAYS MEMBRES ET PAYS OBSERVATEURS

CAMEROUN KENFACK M.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE.
Chef de Service Provincial du Génie Rural et
D'Hydraulique Agricole-du Centre-Sud BP. 492

HAPPI DAKLEU J.

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT YAOUNDE
CONSEILLER TECHNIQUE

ELEND A F.

SNEC BP. 157 DOUALA
DELEGUE REGIONAL

GABON

LASSEN I DUBOZE S.

MINISTERE DE L'ENERGIE ET RESSOURCES HYDRAU-
LIQUES
DIRECTEUR DE L'ENERGIE
BP. 1172 LIBREVILLE

4806
RECEVU
LE 20/02/84
BUREAU DE LA PRESIDENT
DU COMITE D'ORGANISATION

S E C R E T A R I A T

DE LA REUNION DE SALIE DE CONFERENCES
AU PALAIS DES CONGRES

==:==:==:== (=) (=) (=) (=) ==:==:==:==

YAOUNDE- CAMEROUN

Mme BITMBEU Madeleine

MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DU GENIE RURAL ET DE L'HYDRAU-
LIQUE AGRICOLE

Mme FOUA

MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DU GENIE RURAL ET DE L'HYDRAU-
LIQUE AGRICOLE

Mlle NGO LIKOUND JULIENNE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DU GENIE RURAL ET DE L'HYDRAULIQUE
AGRICOLE

Mlle NYALA Pauline

MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DU GENIE RURAL ET DE L'HYDRAU-
LIQUE AGRICOLE.

CIEH OUGADOUGOU

Mlle TRAORE Bernadette

C I E H.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

REPUBLICQUE DU CAMEROUN
Paix - Travail - Patrie

DIRECTION DU GENIE RURAL
ET DE L'HYDRAULIQUE AGRICOLE

/_)OUZIEME CONSEIL DES MINISTRES DU CIEH.

FICHE DE RENSEIGNEMENTS

1) Calendrier des Travaux

Le douzième Conseil des Ministres du CIEH se tiendra du 20 au 26 février 1984 au Palais des Congrès à Yaoundé de la manière suivante :

- journées techniques : 20 -21 février 1984
- Réunion des Experts : 22 -23 février 1984
- Conseil des Ministres: 24 -25 février 1984.

2) Salles des Réunions (Palais des Congrès)

- Journées Techniques : salle de 100 places (2e étage)
- Réunions des Experts
 - . Commissions plénières : Salle de 100 places (2e étage) et commission technique
 - . Commission administrative : Salle de 20 places (1er étage)
- Conseil des Ministres
 - ouverture et clôture : salle de 400 places (2e étage)
 - Travaux : Salle de 100 places (2e étage)

4806 .../...
MINISTRE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DU GENIE RURAL
ET DE L'HYDRAULIQUE AGRICOLE

Documentations M. KRISSIAMBA - Hôtel des Députés
Palais des Congrès

Secrétaire Général/CIEH

M. HASSANE A. Hôtel des Députés
Palais des Congrès

Génie Rural MM. MBEPI

NGWESSITCHEU Tel. : 22 - 24 - 53
et 23 - 30 - 99
Palais des Congrès.

N.B. Les participants devront dès leur arrivée procéder à la réservation de leur place sur les vols CAMAIR partant de Yaoundé pour leur retour en remettant à la commission spécialisée leurs billets d'avion avec toutes les indications utiles,

YAOUNDE, le

68

12^{ème} Conseil des Ministres du CIEH

Journées Techniques

Yaoundé, 20-21/2/1984

---0---

Doc/CIEH/JT/SG/ST/1

Pourquoi

"Les études et recherches en hydraulique"

comme thème de ces Journées Techniques

par

M. MEUNIER

Chef du Service Technique du CIEH

4806
101 1000 1000 1000

Pour ce 12^e Conseil des Ministres, nous avons dérogé à la coutume qui consistait à centrer les Journées Techniques sur des thèmes précis, techniques, le but étant alors de faire le point sur un secteur déterminé de l'hydraulique, de faire connaître les progrès réalisés à l'intérieur de ce thème ainsi que les projets et les réalisations en cours. Les points qui auraient pu être abordés ne manquent pourtant pas : nous n'aurions pas certes proposé le vaste secteur des ressources en eau souterraines et de leur exploitation, car il a été débattu récemment lors de la 6^e CATEES en octobre 83 à Ouagadougou ; il a d'ailleurs été également abordé lors des Journées Techniques de notre 11^e Conseil des Ministres, ici même à Yaoundé, en février 82.

Comme thème relativement peu abordé, nous aurions pu penser à l'hydraulique agricole soit dans toute son ampleur, soit en centrant sur des sujets plus précis comme "la controverse petite hydraulique - grosse hydraulique", ou "la formation des irrigants", ou "l'irrigation à la parcelle", ou au contraire "la gestion des grands aménagements". Ce thème, relié au problème de l'autosuffisance alimentaire, aurait certainement suscité beaucoup d'intérêt.

Autre thème intéressant et d'actualité, la sécheresse qui est préoccupante. On aurait pu la proposer ce sujet pour connaître l'opinion des spécialistes sur les questions qui se posent : va-t-elle durer, à quoi est-elle due ? quelles sont ses conséquences sur les écoulements, sur les récoltes, sur le bétail, sur la vie des gens ? peut-on les quantifier ? peut-on lutter contre la sécheresse ? au niveau des causes ou seulement des conséquences ?

Comme on le voit ces deux thèmes auraient pu largement nous occuper pendant les deux jours de ces Journées Techniques. Ils ne sont pourtant pas les seuls à pouvoir être proposés, car il y a aussi des sujets plus pointus très intéressants comme le problème de l'informatisation dans le secteur hydraulique, ou comme les problèmes institutionnels. Le premier, celui créé par l'arrivée des ordinateurs dans les Pays Membres du CIEH, est tout à fait d'actualité et de nombreuses expériences existent ici et là, qu'il serait intéressant de faire connaître, dans leurs difficultés et dans leurs réussites. Le deuxième problème, celui de l'organisation institutionnelle du secteur hydraulique et des conséquences qu'elle a sur la conception, la réalisation et surtout la gestion et l'entretien des aménagements, aurait pu être proposé comme thème de ces Journées, bien que cela soit un problème difficile et qui présente un inconvénient de taille : les solutions adoptées par un pays pour organiser un domaine déterminé ne sont pas forcément extrapolables telles quelles, mais les leçons des expériences tentées ici ou là sont toutefois très intéressantes.

Nous n'avons donc pas choisi la solution adoptée jusqu'ici de proposer à la discussion de notre forum des thèmes techniques bien déterminés. Pourquoi ? Parce que nous avons voulu réfléchir à l'ensemble du champ de l'hydraulique, parce que nous avons voulu prendre une vue globale, nous placer au dessus des visions sectorielles pour que puissent en être déduites les priorités et les urgences comme les convergences et les lignes de force. Nous avons donc proposé un thème général : les Etudes et Recherches en hydraulique dans les Pays Membres du CIEH, étant entendu que rien n'en est exclu a priori, que les exposés peuvent donc porter sur la conception, la réalisation, la gestion, l'entretien des ouvrages, aussi bien que sur l'organisation des Services, la planification, les relations Services Nationaux - Bureaux d'étude, ou Services Nationaux - Organismes de financement. Tout ce qui nous aidera à comprendre comment fonctionnent les Etudes et Recherches en hydraulique est le bienvenu, le but final recherché est bien entendu l'amélioration de ce fonctionnement.

Deux voies nous sont offertes pour parvenir à cette vue synthétique. La première à partir des exposés des pays. Il a été en effet demandé à chaque Pays Membre de faire le point de tout ce qui se fait comme études et recherches dans tout le secteur de l'hydraulique et de nous présenter ce panorama. Nous allons donc pouvoir, à travers ces exposés, comparer les programmes des divers pays, leurs urgences, leur importance, dégager des convergences ou au contraire des différences d'approches ou de priorités. Cette comparaison sera d'autant plus fructueuse que les délégués des Etats sauront nous situer leur programme par rapport aux orientations nationales, notamment celles qui sont adoptées au niveau des Plans. L'eau étant un facteur de combien limitant pour les Pays du Sahel, il sera intéressant de voir par exemple, à travers les priorités gouvernementales (autosuffisance alimentaire, eau saine pour tous), comment ont été conçus les programmes d'études et recherches de ces pays et comment ils diffèrent de ceux des pays mieux pourvus en ressources en eau.

La deuxième approche que nous aurons pour parvenir à la vue synthétique souhaitée est complémentaire. Ce sont en effet les organismes (bureaux d'étude, agences de financement, organismes interafricains ou internationaux) qui travaillent avec plusieurs pays sinon avec tous, qui nous fourniront d'emblée cette vision globale. En plus de la description de telle ou telle étude intéressante sur un plan méthodologique ou d'intérêt général, il leur a été demandé de nous présenter l'ensemble des opérations et des projets en études et recherches qu'ils conduisent dans tous les Pays Membres du CIEH afin que nous ayons secteur par secteur, la vue globale souhaitée. Espérons de plus, que les organismes qui

sont en contact avec plusieurs pays, sauront comme nous l'avons vu pour les délégués des pays tout à l'heure, dégager des urgences, des convergences, et les relier aux orientations économiques générales décidées par les gouvernements. Peut-être que ces organismes parce qu'ils sont extérieurs dévoileront des facteurs de blocage internes à certains pays et qui empêchent la recherche dans tel ou tel secteur. Peut-être nous diront-ils des problèmes qui se posent ponctuellement dans plusieurs pays et qu'il faudrait prendre en charge au niveau régional ?

Nous pensons donc que ces Journées seront d'autant plus fructueuses que chacun saura, par delà son propre travail, proposer à la discussion sa réflexion sur son travail, sur les études qui sont conduites dans son pays ou son organisme, de même que sur les échecs rencontrés et les leçons qui peuvent en être tirées.

Mais avant de clore cette introduction, je voudrais élargir un peu le champ de nos réflexions pour obtenir des opinions sur les liaisons conflictuelles qui relient le secteur des études à celui des réalisations, et de manière plus large les liaisons qui relient les organismes d'étude aux décideurs et responsables politiques. On entend en effet souvent les deux opinions suivantes : la première : ce qu'il nous faut ce sont des réalisations et non du papier. Par papier on sous-entend bien entendu des études qui ne débouchent pas immédiatement sur un aménagement. Cette opinion est exprimée, souvent sans fonds, par les hommes politiques et les décideurs, en particulier lorsqu'ils veulent économiser quelques francs. L'idée que des études puissent conduire à une diminution du coût des aménagements leur est difficilement accessible. La deuxième opinion que je voudrais évoquer ici est la suivante : il y a de nombreux échecs dans le domaine des aménagements hydrauliques ; cette constatation est un peu vague, mais est souvent entendue ou lue dans les médias. Bien qu'on ne puisse faire dépendre la réussite d'un aménagement seulement de la qualité de son étude, je crois qu'on peut rapprocher ces deux opinions, et cela avec deux objectifs : le premier, à usage interne, pour que nous n'oublions pas ici l'enjeu des études et recherches, qui est de contribuer au mieux-être des populations par la planification judicieuse, la conception adéquate, le bon fonctionnement des aménagements et que nous tentions de définir par conséquent les thèmes d'études les plus producteurs de mieux-être. Mais ce rapprochement des deux opinions que j'ai citées peut également être fait, à usage externe pour ainsi dire, pour faire comprendre aux hommes politiques et décideurs l'intérêt fondamental des études et recherches, y compris celles dites d'intérêt général.

D'ailleurs l'analyse des causes des échecs de tel ou tel aménagement est en soi, déjà une étude, et elle est fondamentale pour que les projets ultérieurs soient mieux conçus. Si nous avons là un argument très efficace pour défendre les études et recherches auprès des décideurs, il le sera d'autant plus que nous serons capables, et là je me répète, de définir les secteurs les plus fructueux pour nos thèmes d'études. C'est donc à cet effort que pour finir j'invite tous les participants à ces Journées Techniques.

ONZIEME CONSEIL DES MINISTRES DU CIEH
YAOUNDE 20 - 26 FEVRIER 1983

DOC/CIEH/JT/SG/ST/02

LES ETUDES ET RECHERCHES EN HYDRAULIQUE

AU

C.I.E.H.

PAR

M. MEUNIER

CHEF DU SERVICE TECHNIQUE

MINISTRE 4806
Centre de Recherche et de Formation
pour l'Hydraulique et l'Énergie

Dans le Secteur des Etudes et Recherches en hydraulique, le CIEH doit occuper une place privilégiée puisqu'il a été créé pour cela, puisqu'il n'y a pas d'autres organisations interafricaines ayant la même vocation dans le même domaine et puisqu'il n'a pas l'obligation de diviser ses forces entre études, réalisations et gestion des aménagements, comme cela est le cas pour d'autres organismes.

Cette Communication aurait pu être l'occasion de présenter un simple bilan détaillé des activités effectuées par le CIEH. Un tel bilan sera présenté au cours de la Réunion des Experts, et il nous a semblé plus utile ici d'en faire un exposé synthétique et d'analyser l'intérêt de ces activités pour nos Etats Membres et leur adéquation aux problèmes que ceux-ci ont à résoudre.

En ce sens, notre propos soulève des interrogations et nous présentons ainsi en conclusion des réflexions sur les orientations futures et tentant de dégager des propositions d'amélioration.

I - QUE FAIT LE CIEH

Les compétences et les moyens du Comité sont limités en regard de la variété des conditions géographiques de nos douze Etats Membres et de l'étendue du champ de l'hydraulique. Certains secteurs ne sont ainsi pas abordés ou ne sont pas étudiés de façon approfondie. Quels sont-ils et pour quelles raisons ?

Tout d'abord l'agriculture et la pisciculture pour lesquelles il faudrait recruter des spécialistes compétents. Ensuite, en gros le secteur de la qualité des eaux et de la pollution ; là aussi par manque de spécialistes ; nous n'abordons en effet ce secteur que par l'aspect "ingénieur" pour ainsi dire, lorsque des aménagements de traitement sont effectués (eau potable d'une part, eau résiduaire d'autre part). Au niveau des ressources, la climatologie et la météorologie sont bien délaissées au Cieh, mais en tant que sciences fondamentales et non dans leurs utilisations.

Au niveau des aménagements, des secteurs intéressant plusieurs Etats comme l'hydraulique maritime et portuaire, comme l'érosion côtière, comme l'hydro-électricité, sont délaissés ; par manque de temps surtout. Pour rester dans le domaine des aménagements, indiquons que le CIEH est peu impliqué dans les grands aménagements fluviaux, car des organismes spécifiques ont été créés pour cela ; mais nous leur offrons bien entendu nos compétences, si cela peut être utile.

Nous avons conscience de notre absence de possibilités d'actions dans tous ces domaines, et dans la mesure du possible, nous tentons d'en faire le point à l'aide des numéros spéciaux de notre Bulletin de Liaison. Nous avons ainsi réalisé un numéro spécial sur l'utilisation des télétransmissions par satellite, un autre sur les problèmes posés par les lagunes.

Après cette liste, hélas longue et peut être incomplète de ce que le CIEH ne fait pas, abordons ce qu'il fait, ou plutôt les domaines où il travaille en essayant d'en évaluer l'importance face aux problèmes qui se posent.

En agroclimatologie, nous avons piloté des études, en grande partie sous-traitées, concernant l'amélioration des cultures pluviales. Ce secteur est fondamental pour beaucoup de pays dans leur stratégie d'accès à l'autosuffisance alimentaire. Si nous reprenons les réflexions de Mr. GIRI, Consultant du Club du Sahel, dans son livre récent, "le Sahel demain, catastrophe ou renaissance", une des mutations à effectuer par les paysans sahéliens consisterait à passer d'une conception de l'espace infini à une conception de l'espace fini, ce qui se traduirait par la nécessité d'une intensification pour compenser la diminution de l'espace cultivable par habitant. Ce vaste problème est à l'heure actuelle entre les mains des vulgarisateurs agronomiques d'une part, entre celles des chercheurs agronomiques d'autre part. Le CIEH, organisme de recherches appliquées, doit faire le pont entre les chercheurs et les vulgarisateurs. Or, peu de possibilités d'actions existent, à ce niveau, et les moyens du CIEH ne lui permettent pas d'investir directement dans le secteur de la recherche. Aussi notre politique consiste :

- 1°) à agir là où les résultats de la recherche peuvent être mis à la disposition des utilisateurs (quantiles des pluies, cartes d'évapotranspiration par exemple, synthèse des coefficients culturaux pour l'avenir)
- 2°) à suivre et soutenir les efforts de recherches des organismes spécialisés (IRAT, GERDAT, SAFGRAD, ICRISAT) en nous associant au maximum avec d'autres organisations interafricaines comme l'Institut du Sahel et AGRHYMET.
- 3°) à conduire des opérations limitées et de moindre envergure comme la modélisation du bilan hydrique ou le test in situ d'un reteneur d'eau.

En hydrologie, le problème est différent car les retombées des études et recherches n'apparaissent pas évidentes aux yeux des responsables politiques, sauf bien sûr en cas de destruction de route ou de barrage. Il en est résulté que certains Etats ont négligé ce secteur, notamment la continuité du fonctionnement des équipes de gestion des réseaux hydro-métriques n'a pas été toujours assurée et le manque de données pénalise maintenant ces Etats dans le calcul de leurs aménagements. Conformément à sa vocation, le CIEH n'agit pas au niveau de la recherche fondamentale mais dans deux domaines d'intérêt immédiat :

a) conservation et stockage des données, d'une part, sur papier pour la pluviométrie, en collaboration avec l'ORSTOM et l'ASECNA, d'autre part à partir des outils informatiques en faisant, en sorte qu'une certaine homogénéité des logiciels et des formats de stockage des données existe pour faciliter les échanges, en collaboration avec l'OMM, AGRHYMET, l'ASECNA, et en prenant pour support les Services Nationaux.

b) une mise à disposition des aménageurs de paramètres élaborés, en couvrant systématiquement les pays membres du CIEH et en incluant d'autres pays si possibles : Les paramètres suivants ont ainsi été traités : débits de crue, courbes intensités durées fréquences, pluies de 24 h. de durée de retour 10 et 100 ans. Cette mise à disposition des ingénieurs de paramètres élaborés fait d'ailleurs l'objet maintenant d'un projet systématisé conduit par l'ORSTOM, l'OMM et le CIEH sur impulsion initiale de l'UNSO.

Bien que non prévu à son programme, le CIEH a travaillé sur les problèmes posés par la sécheresse, non au niveau fondamental ce qui, comme on l'a dit plus haut, est du ressort des chercheurs en climatologie, mais sur ses conséquences, pour les évaluer d'une part, pour lutter contre elles d'autre part. Citons ici le sujet controversé de la modification artificielle du climat sur lequel les gouvernements désireux de tout faire pour lutter contre la sécheresse, demandent leur avis aux scientifiques qui sont incapables de le donner. C'est une fois de plus, ce à quoi on arrive avec la campagne de pluie provoquée de 1983 effectuée sur Ouagadougou dont le CIEH a assuré le suivi scientifique.

Au delà du travail concret en cours et qu'il faut achever, se dégage peut être pour le CIEH la nécessité d'une réflexion sur ce qu'il doit entreprendre comme études en hydrologie ; et il faut conduire cette réflexion à partir des préoccupations des Etats :

- ceux-ci admettent à peu près tous, la nécessité d'effectuer des mesures, de stocker et conserver les données. Le travail du CIEH dans ce domaine est donc, tout à fait légitime ; mais nous avons vu que le Secteur de l'Hydrologie est souvent négligé et qu'il y aurait peut être une réflexion à conduire sur l'organisation des services et des réseaux hydrologiques en fonction des besoins dégagés par la planification nationale.

- Mais dans le domaine des aménagements, dans la plupart des cas, la nécessité de recourir à des financements extérieurs conduit à confier les études de ces aménagements à des bureaux d'étude ; ceci est d'ailleurs souhaitable à un autre point de vue, car cela permet aux Services Nationaux de se décharger des tâches de maître d'oeuvre et de se consacrer pleinement à celles de maître d'ouvrage. Cette pratique de la sous traitance a pour conséquence que les études hydrologiques d'intérêt général sont directement utilisées par des Bureaux d'Etudes et apparemment plus rarement par les Services Nationaux ; d'où l'impression que donnent certains Etats de considérer le travail du CIEH en ce domaine comme de peu d'intérêt ; alors qu'il permet d'améliorer de façon notable, la qualité de celui des bureaux d'études. Devons nous faire porter nos efforts ailleurs ou devons nous continuer ?

- autre réflexion, peut être plus difficile : les études d'intérêt général sont conduites pour ainsi dire en aveugle, sans préjuger de ce à quoi elles seront appliquées : là où il n'y a pas d'aménagement, on peut considérer que les résultats obtenus par les études d'intérêt général sont trop précis, là où il y en a, c'est l'inverse et il faut procéder à des études particulières. Ce problème se pose peu pour les pluies, mais est évident pour les débits où on voit s'opposer deux doctrines : celles des hydrologues qui disent que dès qu'on fait un aménagement il faut faire une étude ou la faire faire par un spécialiste, celles des bureaux d'études généralistes qui souhaitent économiser du temps en se servant des méthodes générales existantes. La vérité doit être trouvée au coup par coup, et ce n'est pas facile.

Changeons maintenant de domaine mais en restant dans la partie connaissances des ressources pour aborder les eaux souterraines. On sait que le CIEH a beaucoup travaillé en ce domaine aussi bien pour la mise à disposition de tous des connaissances (cartes de planification) que pour la recherche d'eau (interprétation de photos aériennes, méthodes géophysiques), ou leur captage (matériel de forage). C'est certainement le secteur de son activité dont les Etats Membres voient le plus immédiatement l'intérêt, car eux-mêmes sont impliqués directement dans l'utilisation des connaissances et des méthodes de recherche d'eau, notamment lors de la mise en oeuvre de programmes d'hydraulique villageoise et semi-urbaine. Il n'y a donc pas à épiloguer dans ce secteur, mais je voudrais rappeler trois problèmes auxquels nous sommes confrontés, et qui ne progressent que lentement :

- 1/ la mise en place et le suivi de réseaux de surveillance de nappes suppose une structure qui en soit le support et ait les moyens correspondants. On retrouve le problème des réseaux de mesures abordé tout à l'heure à propos de l'hydrologie.
- 2/ les nappes dites discontinues en zone de socle fracturé sont mal connues aussi bien par leur importance que par leur réalimentation. Un projet d'étude d'une telle nappe est en gestation avec le BRGM, en plus de ceux qui existent.
- 3/ Les outils informatisés de stockage, de gestion et de traitement des données (inventaire IRH, simulation de nappes, notamment pour les zones sédimentaires) existent. Il ne semble pas que les Services Nationaux en aient toujours acquis la maîtrise, malgré les applications qui ont été faites dans quelques uns des pays membres du CIEH. Peut être que la pratique de la sous traitance à des bureaux d'études pourrait être aménagée pour mieux assurer ce transfert technique, du moins dans les cas où existent le désir et la capacité du maître d'ouvrage d'acquérir la maîtrise de ce nouvel outil.

Abordons maintenant les utilisations, en commençant par l'hydraulique villageoise et pastorale où l'action du CIEH semble connue et directement appréciée par les Etats, que ce soit sur les moyens d'exhaure, et leur expérimentation, ou leur entretien et l'organisation de cet entretien. Je pense que nous sommes très au

contact des préoccupations des Etats, qu'il n'y a donc pas lieu de s'éterniser sauf pour signaler les voies de recherche qui nous semblent importantes ainsi qu'un problème d'envergure non résolu.

Les recherches nous semblent devoir porter sur l'exhaure manuelle à grande profondeur, ou l'exhaure à faible profondeur et à fort débit ainsi que sur les possibilités de mécanisation des moyens d'exhaure à motricité humaine.

Le problème d'envergure porte sur l'hydraulique pastorale où une réflexion nous a permis de prendre conscience du grand nombre d'*intervenants* nécessaires dans un tel projet et de la difficulté d'en définir les objectifs : s'il s'agit simplement de proposer des normes de densité d'ouvrages en zones pastorales, on peut espérer limiter le problème ; mais s'il s'agit en plus de proposer une gestion rationnelle de ces ouvrages, le projet ne peut ignorer, des facteurs aussi éloignés de l'hydraulique que l'aptitude des terres au pâturage, les caractéristiques zootechniques des troupeaux, la mentalité des éleveurs, l'importance économique de l'élevage dans les économies nationales, l'impact sur l'environnement des surpâturages favorisé par la mise à disposition de points d'eau, etc...
Devant l'ampleur d'un tel projet auquel nous réfléchissons depuis le début avec nos homologues du CILSS, et de l'Autorité du Liptako Gourma nous sommes pour l'instant restés plutôt perplexes.

L'hydraulique urbaine a été marqué de notre côté par une vaste enquête sur les procédés de traitement d'eau potable qui suggère des idées d'améliorations à apporter aux stations. Ce secteur d'activité présente la particularité d'une répartition des responsabilités entre Sociétés de Distribution et Services Nationaux et cette répartition varie d'un pays à un autre. Ceci est le premier point. Un deuxième point déjà indiqué pour d'autres domaines : la sous traitance à des bureaux d'études au niveau des projets (calcul de réseau d'adduction et de station de pompage), fait que le CIEH malgré ses possibilités, n'est pas utilisé par les Etats comme il pourrait l'être. Nous y reviendrons dans notre deuxième partie en réfléchissant au rôle des Services Nationaux, en tant que maître d'oeuvre notamment. En ce domaine du projet, comme les méthodes existent et sont bien au point et que les Services Nationaux sous traitent souvent, il n'y a pas lieu pour le CIEH d'engager une action quelconque ; il suffit de rester disponible pour jouer le rôle de Conseil, ou pour aider les Etats soit au niveau des Etudes préliminaires, soit pour calculer des petits réseaux qu'ils financeraient eux-mêmes.

Deux domaines par contre pourraient faire l'objet d'actions de la part du CIEH :

- tout d'abord celui de la politique des extensions des réseaux d'eau à conduire en fonction du niveau socio-économique des populations et des disponibilités de la ressource
- deuxièmement, l'aide aux Sociétés de Distribution désirant se doter d'un outil de connaissance plus fine de ses réseaux, je pense bien sûr aux modèles mathématiques.

Venons en à l'hydraulique agricole qui présente avec l'hydraulique urbaine deux points communs : l'existence de Sociétés concessionnaires d'une part, la soustraction en règle générale des projets à des bureaux d'études. En ce domaine, le CIEH n'a été doté que récemment de certains moyens d'action ; nous en sommes donc à la phase dégrossissage, et, sous réserve d'une réflexion plus approfondie, nous pensons que les études doivent porter en priorité sur la connaissance de ce qui existe et a été réalisé, permettant aux maîtres d'ouvrage de mieux choisir, et sur les possibilités d'amélioration du fonctionnement des aménagements. Un gros problème est posé aux gestionnaires des réseaux ; celui de la participation des agriculteurs à l'entretien, celui de la responsabilisation ; ce problème s'est posé en hydraulique villageoise et on lui a donné des solutions, au moins sur le papier. Peut être qu'une réflexion similaire en hydraulique agricole permettrait de progresser ? Beaucoup de gens y réfléchissent, la FAO, l'IEIR, les Sociétés d'Aménagement, et il me semble souhaitable que le CIEH s'y associe.

Abordons l'assainissement, secteur disparate, négligé bien qu'il soit partie prenante dans le cadre de la DIEPA au même titre que l'alimentation en eau saine. Peut être est ce un secteur particulièrement difficile, car si beaucoup de gens constatent l'échec d'aménagements conçus à partir d'infrastructures lourdes, des propositions alternatives sont difficiles à mettre sur pied ; elles nécessitent en effet des études multidisciplinaires bien plus poussées. On sent bien là, la difficulté de la tâche du maître d'ouvrage, à qui incombe la responsabilité du choix de la conception de l'aménagement : solution collective avec tout à l'égout obligatoire, solutions individuelles au contraire, ou semi collective ? pour l'évacuation, un gros collecteur qui évacue tout rapidement ? ou au contraire des ouvrages retardateurs ou de stockage ? en s'adaptant aux plans d'urbanisme ou en les adaptant ?

Le CIEH a engagé une étude des problèmes dans tous les Etats membres. problèmes techniques aussi bien que juridiques et institutionsnels, afin de faire le point des résultats acquis et des domaines où des recherches complémentaires sont nécessaires. Mais cet effort ne fait que commencer, il faut le poursuivre en liaison avec les organismes qui travaillent dans la même voie : UNESCO, Banque Mondiale, CEFIGRE, GTZ et OMS notamment.

Le domaine dit des énergies renouvelables ne devrait impliquer le CIEH que par ses possibilités d'utilisation, spécialement pour l'exhaure et la mise en pression de l'eau. En fait nous avons été conduits à expérimenter ~~un~~ procédé biogaz-compost cohérent avec le milieu soudanien. Il nous semble, à la lumière des unités pilotes installées auprès d'agriculteurs, que son utilisation pour la cuisson et l'éclairage a peu de chances de se développer. Par contre, son utilisation à des fins productives (irrigation ou petite motorisation) est peut être plus indiquée et c'est vers cette voie que devraient se diriger les gouvernements, pour le milieu rural évidemment.

Pour le solaire où des progrès sont attendus, nous suivons ce qui se fait, notamment les expérimentations conduites par l'EIER, mais beaucoup d'autres organismes y interviennent en plus des Services Nationaux. Il ne semble pas que nous devrions en faire une priorité pour le CIEH.

Abordons maintenant un domaine non répertorié dans notre programme d'activité qu'on peut appeler législation-réglementation ou législation-organisation à l'intérieur duquel le CIEH a beaucoup joué son rôle de diffusion des connaissances, notamment à propos du Code de l'eau ; il a en outre étudié les possibilités de mise en place d'un Fonds National de l'Eau et de l'Assainissement pour la Haute-Volta et de structures institutionnelles mises en place dans les pays membres du CIEH en matière d'hydraulique. Ce domaine est certainement très important, mais de façon latente et le CIEH l'a abordé d'une manière ponctuelle ; il semble certain qu'en y consacrant plus de temps on pourrait être plus utile aux Etats bien que les compétences institutionnelles nous fassent défaut.

Terminons par l'informatique qui peut s'aborder par deux voies :

- l'aspect outil en tant que tel, premièrement, à utiliser dans le cadre des études, pose des problèmes de formation et ne doit donc pas être discuté ici puisque nous débattons des études et recherches

- l'aspect "informatisation" deuxièmement quand à lui, est redoutable car justement, trop souvent, cette informatisation se fait sans étude préalable. On est ici souvent confronté à un cercle vicieux : si on fait faire une étude sérieuse par des spécialistes, on débouche d'emblée sur une solution qui est cohérente ~~ou~~ elle-même, mais qui peut être difficile ou même impossible à mettre en oeuvre par les bénéficiaires s'ils ne sont pas déjà informatisés eux-mêmes. Inversement si on aborde l'informatisation par la petite porte, modestement, sur un matériel minimum, on a de bien meilleures chances de réussir la greffe de l'informatique, par contre on court le risque, à terme, de continuer l'acquisition de matériel sans vue d'ensemble. Une étude s'impose donc à un certain moment ; nous avons tenté d'approfondir une approche possible pour résoudre ce problème, et par ailleurs, le projet d'aide à l'informatisation que nous avons lancé en collaboration avec l'EIER doit permettre de résoudre au mieux le dilemme indiqué précédemment.

II - CONCLUSIONS ET REFLEXIONS

Dégageons quelques conclusions nous permettant, si elles sont partagées d'asseoir notre activité sur des principes reconnus :

- 1/ dans le domaine de la connaissance de la ressource, l'action du CIEH est peut être un peu mésestimée en hydrologie par les Etats, mais il semble souhaitable qu'elle persiste. Un gros point d'interrogation, que faire vis à vis de la sécheresse, notamment du problème de modification artificielle du climat ?
- 2/ dans le domaine du projet en ce qui concerne les études servant à calculer un aménagement, les Services Nationaux jouent peu le rôle de maître d'oeuvre, et il en sera ainsi pendant quelque temps encore, car leur rôle de maître d'ouvrage est primordial et ne peut être délégué. L'action du CIEH doit donc permettre aux Services Nationaux de mieux jouer ce rôle et dans ce cadre, des études permettant d'éclairer les choix des concepteurs, des mises au point de cahier des charges des études préliminaires à entreprendre avant un aménagement, des méthodologies d'élaboration de plans directeurs, des études de suivi des aménagements existant et de leur conséquences sont tout à fait souhaitables, comme peut sembler souhaitable inversement l'appel au CIEH, dans le cadre de ses compétences, comme appui technique.
- 3/ la prise en compte de l'entretien des aménagements, la nécessité de l'appropriation des aménagements par les bénéficiaires doivent être présents lors de la conception initiale des projets. Cela s'est traduit dans les programmes d'hydraulique villageoise par un volet animation (de l'ordre de 10 % du coût total) que les bailleurs de fond prennent en charge. Comment faire dans les autres secteurs des aménagements hydrauliques, où le problème est certes plus difficile ? Que peut faire le CIEH ?
- 4/ dans le domaine de la gestion des aménagements, la mise au point d'un outil du genre "boîte noire" par sous traitance à un bureau d'études peut présenter des inconvénients : l'outil est en effet réalisé d'après une analyse faite à un moment déterminé, et le Service National est formé à l'utilisation de

l'outil, mais en général, il n'en acquiert pas la maîtrise, et ne peut le faire évoluer ultérieurement. Une telle formation peut difficilement être assurée par les Bureaux d'Etudes qui travaillent en un temps limité, car elle nécessite une présence partielle pendant une longue période. On peut envisager des possibilités d'actions concertées où le CIEH prendrait en charge ce rôle, en travaillant en harmonie et en complémentarité avec le Bureau d'Etudes.

5] dans le domaine des projets des aménagements, la pratique usuelle de la soustraction à des Bureaux d'Etudes devrait rester en vigueur pendant quelques temps, et le CIEH ne devrait intervenir qu'au niveau des études de factibilité, ou comme Conseil, ou éventuellement pour de petits projets ne demandant pas de financements extérieurs.

6] un problème de recrutement de spécialistes se pose dans deux domaines pour rendre l'action du CIEH plus opérationnelle.

- premièrement en matière institutionnelle comme on l'a déjà dit
- deuxièmement en matière de socio-économie, pour prendre en charge les problèmes d'intégration des aménagements au milieu, de leur prise en charge par les bénéficiaires. Un tel spécialiste compléterait très utilement notre propre vision, très technique, des problèmes, dans presque tous les secteurs où sont réalisés des aménagements, notamment en hydraulique agricole, en hydraulique villageoise et pastorale, en assainissement.

Caractéristiques Personnelles

Nom /01/.....
Prénom /02/.....
Nationalité /03/.....
Date de naissance /04/.....

Formation/05/.....
.....
.....

Langages pratiqués/06/.....

Carrière antérieure

/07/.....
/08/.....
/09/.....
/10/.....
/11/.....

Domaines de compétence

/12/*.....
/13/*.....
/14/*.....
/15/*.....

Caractéristiques Professionnelles Actuelles

date de remplissage de la fiche
/20/.....

Pays ou zone de travail/21/*.....
Tutelle éventuelle /22/.....
Service /23/.....
/24/.....
Fonction /25/.....
Type d'emploi /26/*.....
Téléphone /27/.....
Télex /28/.....
Adresse : Rue ou BP /29/.....
Ville /30/.....
Pays /31/.....

Complément d'adresse /32/.....
.....

Autres informations /33/.....
.....

* Les rubriques 12, 13, 14, 15, 21 et 26 doivent être remplies à partir des lexiques ci-joints.

4306

LEXIQUE DES RUBRIQUES 12, 13, 14, 15

AGROCLIMATOLOGIE
AGRONOMIE
ASSAINISSEMENT
ASSAINISSEMENT EPURATION
ASSAINISSEMENT RESEAU
BACTERIOLOGIE
BARRAGES
CHIMIE
DEFENSE ET RESTAURATION DES SOLS
DEVELOPPEMENT
DOCUMENTATION
ECONOMIE
ELECTRICITE
ELECTROMECHANIQUE
ENERGIE
ENERGIE SOLAIRE
ENSEIGNEMENT
FABRICATION DE MATERIEL DE FORAGE
FABRICATION DE POMPES
FINANCEMENT
FORETS
GENIE CIVIL
GENIE RURAL
GENIE SANITAIRE
GEOPHYSIQUE
HYDRAULIQUE AGRICOLE
HYDRAULIQUE FLUVIALE
HYDRAULIQUE MARITIME
HYDRAULIQUE URBAINE
HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE
HYDROBIOLOGIE
HYDROGEOLOGIE
HYDROLOGIE
INDUSTRIE
INFORMATIQUE
IRRIGATION
LEGISLATION
MECANIQUE
MECANIQUE DES SOLS
PEDOLOGIE
PLANIFICATION
SANTE
TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE
URBANISME

LEXIQUE DE LA RUBRIQUE 21

BENIN
CAMEROUN
CONGO
COTE-D'IVOIRE
GABON
HAUTE-VOLTA
MALI
MAURITANIE
NIGER
SENEGAL
TCHAD
TOGO
PAYS MEMBRES DU CIEM
AFRIQUE DE L' OUEST
AFRIQUE CENTRALE
AFRIQUE DE L' OUEST ET CENTRALE
AFRIQUE
AMERIQUE DU NORD
AMERIQUE DU SUD ET CENTRALE
ASIE
EUROPE
EXTREME-ORIENT
MOYEN-ORIENT
OCEANIE
MONDE

LEXIQUE DE LA RUBRIQUE 26

ADMINISTRATION
CONTROLE DE TRAVAUX
DIRECTION
ENSEIGNEMENT
ETUDES
FORMATION
INGENIERIE
PRODUCTION
PROJETS
RECHERCHE
RECHERCHE APPLIQUEE
TRAVAUX

REPUBLIQUE POPULAIRE DU BENIN

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS
DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITAT

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE

DOUZIEME CONSEIL DES MINISTRES DU COMITE INTERAFRICAIN

D'ETUDES HYDRAULIQUES (C.I.E.H.)

JOURNEES TECHNIQUES
(20 - 21 FEVRIER 1984)

DOCUMENT PRESENTE PAR LA REPUBLIQUE POPULAIRE DU BENIN

4806
International Water and
for Community Water Supply

Introduction

En République Populaire du Bénin, la mise en valeur des ressources en eau relève de plusieurs institutions dépendant de différents départements ministériels.

Ainsi donc, pour ce qui est de l'approvisionnement en eau des populations il y a :

- La Direction de l'Hydraulique placée sous la tutelle du Ministère des Travaux Publics, de la Construction et de l'Habitat, dont le rôle est en plus de la création de points d'eau en milieu rural, de veiller à l'application de la politique de l'Etat, de collecter les données de base en matière des ressources en eau et de régler l'utilisation de l'eau.
- La Société Béninoise d'Electricité et d'Eau (SBEE) placée sous la tutelle du Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Energie dont le rôle est de capter, d'épurer et de distribuer l'eau en milieu urbain et aux industries.

Pour l'utilisation de l'eau à des fins agricoles, on distingue :

- La Direction du Génie Rural et des Améliorations Foncières placée sous la tutelle du Ministère du Développement Rural et de l'Action Coopérative. Elle est chargée de donner son avis sur les études effectuées par des bureaux d'Etudes extérieurs dans le domaine de l'Hydraulique agricole, de concevoir ou d'identifier des projets, de participer à l'élaboration des programmes nationaux relatifs au domaine de l'Hydraulique agricole.
- L'Office Béninois d'Aménagement Rural placé également sous la tutelle du Ministère du Développement Rural a pour objet l'établissement du programme d'Aménagement hydroagricole et de promouvoir sa mise en oeuvre, l'étude des projets d'aménagement hydroagricole et hydro-pastoral ainsi que les aménagements de bassins-versants des cours d'eau etc...

En plus de ces unités dont l'objet est en rapport direct avec les ressources en eau, d'autres structures de part leurs activités font appel aux ressources en eau. On peut citer :

.../...

- La Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement placée sous la tutelle du Ministère de la Santé Publique participe au programme national d'Hydraulique Villageoise en sa qualité de service chargé de suivre la décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement au Bénin et à la réalisation des projets en ce qui concerne la composante assainissement.
- L'ASECNA de part sa section Agro-climatologie s'occupe de la collecte et de l'Analyse des données climatiques (précipitation, température, évaporation, degré hygrosopique de l'air, vent, insolation etc...).
- La Société Nationale pour l'industrie des corps gras placée sous la tutelle du Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Energie dispose d'un périmètre de palmiers irrigués et envisage de mettre en oeuvre d'autres projets du même genre.
- La Société Nationale des Fruits et légumes placée sous la tutelle du Ministère des Fermes d'Etat, de l'Elevage et de la Pêche exploite des vergers et périmètres maraîchers irrigués.

Enfin la Direction de la Recherche Agronomique dépendant du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique a entrepris des études de détermination des dates de semis en se basant sur les réserves hydriques du sol. Elle envisage également de mener une étude visant à déterminer les techniques culturales pouvant augmenter les réserves hydriques du sol.

a) Attributions

En 1980, dans le cadre de l'organisation et du fonctionnement du Ministère des Travaux Publics, de la Construction et de l'Habitat, les attributions de la Direction de l'Hydraulique ont été précisées.

Ainsi donc, elle est chargée de :

- veiller à l'application de la politique de l'Etat dans le domaine de la mise en valeur des ressources en eau;
- collecter les données de base en matière des ressources en eau;
- réglementer l'utilisation de l'eau ;
- exécuter en régie ou à l'entreprise les travaux d'approvisionnement en eau en milieu rural ;
- participer au niveau de la commission nationale de l'eau à la définition de la politique de l'eau, à la détermination des plans d'aménagements, la collecte des ressources en eau et leur distribution.

b) Organisation

Pour accomplir cette mission, la Direction de l'Hydraulique est organisée de la manière suivante :

- Un Service Administratif et Financier
- Un Service de la Documentation
- Un Service de l'Hydrologie
- Un Service des Etudes d'Hydrogéologie
- Un Service des Forages, des Puits et des Aménagements Divers.

c) Activités

Les principales activités de la Direction de l'Hydraulique actuellement, consistent essentiellement en la réalisation du programme d'approvisionnement en eau potable en milieu rural. Plusieurs projets de forage sont en cours dans le cadre du programme d'urgence de 2 400 points d'eau élaboré en 1977. ~~.....~~

Ces projets sont pour la plupart réalisés par des entreprises étrangères. Néanmoins, la Direction de l'Hydraulique dispose de deux foreuses qui réalisent un projet de 132 forages financés par l'UNICEF et l'OPEP. Le personnel d'exécution est purement béninois. L'encadrement technique est assuré par du personnel expatrié (un Hydrogéologue, un Maître-Sondeur, un Géophysicien et un Mécanicien) assisté des homologues béninois.

Aussi, la Direction de l'Hydraulique possède des équipes de puiseurs qui réalisent des puits à grand diamètre à la demande des structures d'Etat ou des tiers.

Sur le plan de la connaissance des ressources en eau, il est à signaler que le service de l'Hydrologie est entrain de s'organiser pour prendre en charge la gestion du réseau confié à l'ORSTOM. Des requêtes ont été présentées aux sources de financement dans ce sens.

d) Etudes en cours

Il n'existe actuellement pas d'études en cours en tant que tel ; la plupart des études sont réalisées dans le cadre de projets spécifiques.

C'est ainsi que dans le cadre des projets d'Hydraulique Villagooise des études de factibilité ont été entreprises. Nous pouvons citer :

- L'évaluation du programme du 2e FED réalisé par Géohydraulique
- L'étude de factibilité du projet de création de 305 forages dans le cadre du 5e FED réalisée par Géohydraulique
- L'étude de factibilité du projet de 200 forages financé par la Banque Ouest Africaine de Développement réalisée par Géohydraulique

Aussi, il faut signaler que dans le cadre de l'exécution des projets d'Hydraulique Villagooise en cours actuellement, la Direction de l'Hydraulique est assistée pour l'aspect "Etude et Contrôle" des bureaux d'Etude Géohydraulique et BURGEAP.

En outre, il existe d'autres études pour lesquelles la Direction de l'Hydraulique intervient :

- Etude de la navigabilité des eaux intérieures du Bas-Bénin
- Etude de l'Erosion Côtière et de la Pollution Marine.

e) Etudes ou Projets envisagés (pour lesquels l'assistance du CIEH est souhaitée)

1°) Assistance pour la mise en place d'une cellule d'inventaire des ressources hydrauliques.

2°) Surveillance de l'évolution des nappes dans la région de soole

3°) Création d'une structure de maintenance de points d'eau.

4°) Etude de création et de structuration du fonds national de l'eau.

5°) Assistance à la Direction de l'Hydraulique en vue de l'organisation du Service de l'Hydrologie.

6°) Mission de reconnaissance des sites de barrage à buts multiples de la République Populaire du Bénin.

7°) Etude de l'impact environnemental de la Société Sucrière de SAVE.

8°) Etude du déficit des crues de l'Ouémé.

9°) Etude d'une stratégie d'aménagement des eaux de surface .

10°) Etude du bilan des ressources en eau de la Palmeraie Irriguée de

OUIDAH

11°) Etude de la Législation des Eaux en République Populaire du Bénin.

a) Attributions

Créée en 1973, la Société Béninoise d'Electricité et d'Eau est chargée du captage, de l'épuration et de la distribution d'eau en milieu urbain et aux industries.

Ces activités s'étendent sur l'ensemble du territoire national et comprennent :

- L'exécution de la politique du Gouvernement dans la mise en valeur des ressources hydrauliques à des fins d'hydraulique urbaine et industrielle.
- Les études, réalisation et contrôle d'exécution de projets d'adduction d'eau potable à caractère urbain et industriel.
- L'exploitation et la gestion des équipements et installations d'adduction d'eau potable à caractère urbain et industriel.

b) Organisation

Etablissement Public à caractère industriel et commercial.

Elle est administrée par une Direction Générale qui comprend 6 directions et 3 services annexes.

Les directions sont :

- La Direction des Exploitations
- La Direction de l'Electricité
- La Direction des Eaux
- La Direction Administrative
- La Direction de la Comptabilité et de la Prévision Financière
- La Direction des Affaires Commerciales.

Les Services Annexes sont :

- Le Service du Génie Civil
- Le Service Travaux Eaux
- Le Service Travaux Electricité

A ceci, il faudrait ajouter un Centre de Formation du Personnel pour l'adduction d'eau.

Au niveau de chaque Province, il y a une Direction Provinciale de la SBEE.

o) Activités

La mission assignée à la SBEE est d'installer des systèmes d'adduction d'eau potable dans tous les chefs-lieux de District et de Province : 84 centres au total. Actuellement, 23 centres disposent déjà d'un réseau d'Adduction d'Eau Potable. Les études techniques d'exécution sont en cours depuis Janvier 1983 pour 9. Tandis que les études de factibilité sont disponibles pour 24 autres dont 20 sont déjà pris en compte pour les études techniques d'exécution et la réalisation des travaux. Les études de factibilité sont terminées pour 12 autres centres pour lesquels le financement des études d'exécution et la réalisation des travaux n'est pas encore acquis.

Par ailleurs, des études d'ingénierie Eau et Assainissement de la ville de COTONOU sont en cours depuis le 7 Octobre 1982 sur financement de la Banque Mondiale. Ce projet comprend une phase de travaux d'urgence qui consiste à l'exécution et au raccordement de quatre forages supplémentaires pour alimenter la ville de COTONOU, à la pose de 90 km de conduites pour l'extension du réseau d'eau de COTONOU et aux travaux de remise en état et d'entretien du réseau de drainage des eaux pluviales et construction de 14 dalots ; une phase d'étude qui comprend l'établissement de plans directeurs d'Adduction d'Eau Potable, d'évacuation d'eaux pluviales, de déchets solides et des eaux usées, la préparation des études de factibilité pour la réalisation des premières tranches des travaux, l'étude de tarification dans les secteurs Eau et Assainissement, l'élaboration d'un programme de formation de personnel dans les secteurs Adduction d'Eau Potable et Assainissement, la révision comptable et l'étude financière de la SBEE, l'élaboration d'un programme pilote en matière d'éducation sanitaire.

d) Etudes envisagées

- Etudes techniques d'exécution et de réalisation des travaux d'Adduction d'Eau Potable dans 4 centres.
- pour l'AEP
- Etudes de factibilité/de 15 chefs-lieux de district
- Etude de l'assainissement de la ville de PORTO-NOVO.

I.- ATTRIBUTIONS

La Direction du Génie Rural et des Améliorations Foncières (DGRAF) est l'un des Cinq (5) Services Centraux que comporte le Ministère du Développement Rural et de l'Action Coopérative (MDRAC).

Ses activités se limitent principalement aux domaines :

- de l'Hydraulique Agricole
- du Machinisme Agricole
- de l'Habitat Rural et de la Desserte Rurale
- de l'Utilisation de l'Energie à des fins agricoles

et se composent de Trois (3) volets distincts à savoir :

- 1°/- Volet ETUDES
- 2°/- Volet SURVEILLANCE DES CHANTIERS
- 3°/- Volet TRAVAUX EN REGIE

En matière d'Etudes, la Direction du Génie Rural et des Améliorations Foncières est chargée :

- . d'examiner, d'apprécier et d'amender les rapports d'études effectuées par des Bureaux d'Etudes extérieurs et touchant à son domaine d'intervention ;
- . de concevoir ou d'identifier des projets rentrant dans le cadre de ses attributions ;
- . de participer à l'élaboration des programmes nationaux relatifs aux activités du Génie Rural.

II.- ORGANISATION ETUDES

La Direction du Génie Rural comprend, outre le Secrétariat et la Section Matériel, Quatre (4) Services distincts qui sont :

- 1°/- le Service Hydraulique Agricole
- 2°/- le Service Machinisme Agricole
- 3°/- le Service Habitat Rural et ^{Desserte} Rurale
- 4°/- le Service Topographie

... / ...

III.- POINT DE LA SITUATION AU NIVEAU DES PERIMETRES HYDROAGRIQUES
PLACES SOUS LA TUTELLE DU MINISTERE DU DEVELOPPEMENT
RURAL ET DE L'ACTION COOPERATIVE

3.1.- Les Périmètres Existants

PROVINCES	PERIMETRES RIZICOLES	SUPERFICIES (ha)
BORGOU	Malanville	516
Z O U	Bamè	34
	Koussin	55
	Lélégo	52
	Sagbovi-Domè	540
	Zomon	75
ATLANTIQUE	Ouémé Rive Droite	100
O U E M E	Ouémé Rive Gauche	800
M O N O	Kpinnou	80
	Dévé	150
	Tchi-Ahomadégbé	25

3.2.- Etat Actuel des Périmètres

En dehors des périmètres de KOUSSIN et LELEGO (Province du ZOU) au niveau desquels toute la superficie aménagée est réellement exploitée, tous les autres périmètres sont partiellement ou totalement abandonnés.

Certains périmètres comme celui de ZOMON n'existent aujourd'hui que de nom et nécessitent pour leur réhabilitation autant ou plus d'investissement qu'il en a fallu pour leur aménagement.

3.3.- Causes d'Abandon

L'abandon des périmètres est lié à des causes d'origines diverses, mais nous n'évoquerons dans la présente fiche que les causes techniques ; elles se récapitulent comme suit :

a)- Insuffisances d'études hydrologiques dues essentiellement à une quasi inexistence des données hydrologiques fiables représentatives et exploitables dans les zones géographiques concernées.

... / ...

b) - méconnaissance totale du régime hydrologique des principaux cours
d'eau de notre Pays.

- 10 -

Ces deux facteurs ont pour conséquences :

- inondation périodique de la plupart des périmètres (ZOMON, abandonné après une seule campagne agricole) ;
- insuffisance des ressources en eau disponibles rendant impossible l'exploitation de toutes les superficies aménagées et n'autorisant qu'une seule campagne agricole par an sur certains périmètres (DEVE).

IV.- PROJETS EXISTANTS

Les projets hydro-agricoles existants actuellement au niveau du Ministère du Développement Rural et de l'Action Coopérative se récapitulent comme suit :

- Projet de réhabilitation des périmètres rizicoles
- Projet de création du périmètre pilote du Mono
- Projet d'aménagement des bas-fonds.

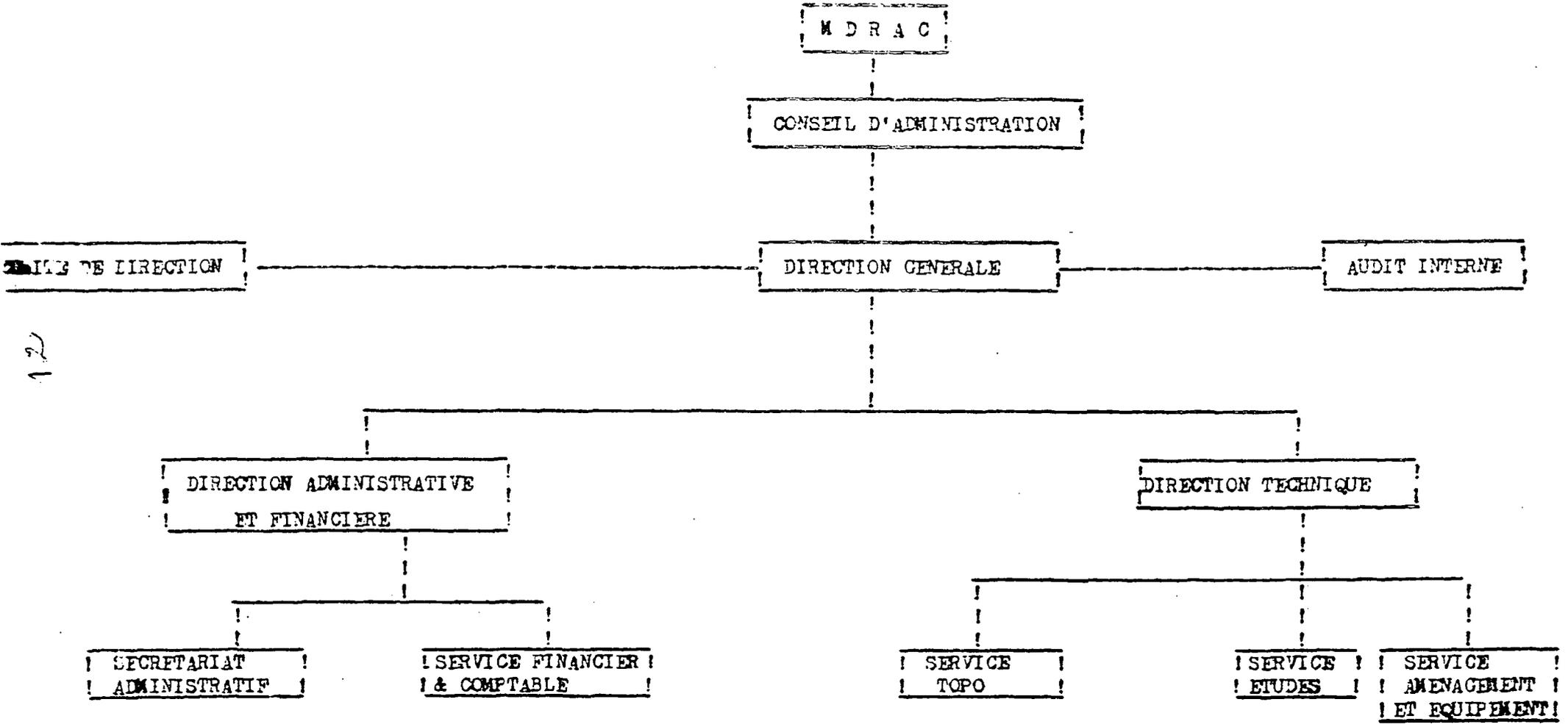
V.- PROBLEMES

En matière d'aménagements hydroagricoles le problème majeur qui se pose actuellement est celui de l'inexistence quasi totale des données hydrologiques et hydrogéologiques représentatives et fiables et la méconnaissance du régime de nos principaux cours d'eau.

VI.- SUGGESTIONS

- Renforcement et réorganisation du Service Hydrologie en matériel adquat et en personnel qualifié pour la collecte et le traitement des données hydro-météorologiques.
- Dotation de notre Pays de station hydrométéorologiques en nombre suffisant.
- Mise en place au niveau de nos principaux cours d'eau des appareils de mesure devant permettre à moyen ou à long terme de prévoir leur comportement dans l'espace et dans le temps.

1.2. ORGANIGRAMME DE L'EBAR



2. POINT DES SUPERFICIES AMENAGEES PAR L'EX-SONIAH

LOCALISATION	SUPERFICIES AMENAGEES		SUPERFICIES EXPLOITEES	
	IRRIGATION	ASSAINISSEMENT	IRRIGATION	ASSAINISSEMENT
- Ouémé Rive Gauche	1.200	1.890	500	1.800
- Ouémé Rive Droite	90	1.800	16	200
- Sagbovi-Domè	540	-	200	-
- Malanville	516	-	300	-
TOTAL GENERAL	2.346	3.690	1.016	2.000

3.- Etudes en cours

3.1.- Création de Six (6) retenues d'eau à but agropastoral dans le Borgou et l'Atacora. Les études sont menées par le bureau d'études Ouest-Allemand GITEC sur financement de la République Fédérale d'Allemagne.

3.2.- Périmètre rizicole d'APFAWE (1.000) hectares. Les études ont été réalisées par le "Groupement d'Etudes et de réalisation des Sociétés d'Aménagement Régional" GERSAR. Le Bénin recherche actuellement un financement pour la réalisation du projet.

3.3.- Périmètre Pilote d'Aménagement Hydroagricole dans la Vallée du Mono. Les études ont été exécutées par le Bureau d'Etudes Duroconsult.

3.4.- Projet de réhabilitation du périmètre rizicole de Malanville. Les études ^{sont} en cours/financées par la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD).

3.5.- Projet d'aménagement de petits bas-fonds : Etudes en cours sur financement de la BOAD.

... / ...

4.- Etudes en projets

TITRE DU PROJET ET LOCALISATION	SUPERFICIE (ha)	OBSERVATIONS
- Bagouri-Toungé (Borgou)	350 ha de riziculture	-
- Vallée du Niger (Borgou)	6.500 ha de polyculture	La vallée du Niger cou - vre une superficie d'en- viron 30.000 ha aména - geables.-
- Périmètre de Niambouli (Atacora)	1.000 ha de polyculture	Irrigation envisagée à partir de la Pendjari
- Aménagement de la Basse Vallée du Mono (Province du Mono)	27.500 ha de polyculture	Irrigation envisagée à partir du barrage de Nantgobéto (Togo)
- Projet de réhabilitation des périmètres aménagés	3.000 ha	-

DIRECTION DU GENIE SANITAIRE ET DE L'ASSAINISSEMENT

La Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement, placée sous tutelle du Ministère de la Santé Publique, a été créée le 4 Octobre 1978. Elle est donc jeune.

ATTRIBUTIONS

Elle a pour attributions :

- Etablissement des plans et programmes d'assainissement
- Contribution à l'installation des ouvrages de Génie Civil constituant un barrage sanitaire (latrines, canalisations de drainage, aménagement de périmètre de puits) en liaison avec les autres directions concernées.
- Enquêtes et inspections sanitaires en vue de l'application des principes et réglementations sanitaires (maisons, locaux privés et collectifs, établissement recevant du public).
- Application de la politique sanitaire du Ministère
- Assurer le Secrétariat du Comité National d'Appui à la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement.

ORGANISATION

La Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement comprend :

- Un Secrétariat Administratif
- Un Service des Etudes
- Un Service du Génie Sanitaire
- Un Service de l'Assainissement

a)- SECRETARIAT ADMINISTRATIF ASSURE :

- Enregistrement - Mise au propre - Ventilation du courrier - Gestion de fourniture de bureau et du matériel.

b)- SERVICE DES ETUDES CHARGE DE :

- Elaboration des plans de construction
- Etablissement des devis de construction
- Conception et étude de tous projets de construction
- Etude des dossiers d'autorisation de construire
- Délivrance des certificats d'habitabilité

Ce Service comprend deux (2) Divisions

- * Division des plans et Devis
- * Division des Autorisations de Construire

... / ...

c)- SERVICE DU GENIE SANITAIRE CHARGE DE :

- Exécution et surveillance des chantiers de construction
- Exécution, suivi, contrôle, supervision de tous projets de construction

Il comprend deux (2) Divisions

- * Division : Construction et entretien des bâtiments
- * Division : Supervision de chantier

La Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement intervient sur tout le territoire national dans la construction d'infrastructures des services de santé (CCS - Maternité....etc)

d)- SERVICE ASSAINISSEMENT :

Il comprend Quatre (4) Divisions

1°/- Division Ouvrage d'Assainissement

Les activités sont surtout axées, pour le moment, sur la construction de latrines (fosses étanches, fosses sèches selon le cas). Les diverses pièces (briques, poutres, dalles, portes....) sont fabriquées sur place au niveau de la Direction à Cotonou. On intervient en zone rurale au niveau des écoles et centres de santé.

2°/- Division : Hygiène Publique se charge de :

- Contrôle des déchets, habitats, établissements alimentaires, places publiques et eaux.
- Enquêtes et inspections en vue de l'application des principes et réglementation sanitaire.
- Exécution de toutes opérations d'amélioration de l'hygiène publique (Désinfection, dératisation, démoustisation,.....)

3°/- Division : Contrôle des Vecteurs animés s'occupe de :

- Capture de moustiques
- Recherche entomologique

4°/- Division : Contrôle des Ports et Aéroports

- Veille sur les conditions d'hygiène et de salubrité
- Surveillance sanitaire des passagers et des denrées d'importation et d'exportation.

PROJETS

a)- Au niveau de la Structure de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement

Projet de décentralisation des services à l'échelon provincial

b)- Au niveau des Activités d'Assainissement

* Participation de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement au projet d'Hydraulique Villageoise qui comprend trois composants (Création de points d'eau ; Assainissement ; Education pour la santé).

La Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement apporte sa 1 / contribution au "Volet Assainissement" dudit projet, pour la construction de latrines.

c)- Au niveau des activités du Génie Sanitaire

Les projets prévus sont en cours d'exécution dans le domaine de l'aménagement des Centres Ruraux de Santé. Ainsi 42 Centres de Santé sont déjà fonctionnels sur les 60 prévus.

PROBLEMES

La Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement, ayant entre autres attributions, le contrôle et l'application des principes et réglementations sanitaires, doit se référer à des normes. Elle se rabat jusqu'ici sur des normes internationales devant l'inexistence de réglementation sanitaire nationale (Code de l'eau, Code d'assainissement).

La Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement souhaiterait, l'appui technique du CIEH dans l'élaboration d'un code national de l'eau et de l'assainissement (Réglementation sanitaire nationale) en liaison avec les autres Directions concernées.

- 15 -

LE SERVICE METEOROLOGIQUE DE L'ASECNA

MINISTERE DES TRANSPORTS ET DES COMMUNICATIONS

La Section Agro-Climatologie du Service Météorologique de l'ASECNA s'occupe de l'analyse des éléments climatiques (précipitations, température, évaporation, degré hygrosopique de l'air, vent, insolation etc.) observés ou relevés au niveau des Stations Synoptiques, Postes Climatologiques et Postes Pluviométriques constituant le réseau d'observation météorologique.

Cette analyse permet l'élaboration de bulletins climatologiques donnant un aperçu sommaire des conditions climatologiques (situation pluviométrique, synoptique, ...) ayant caractérisé la décade, le mois et l'année en République Populaire du Bénin.

Le bulletin comporte, outre le résumé climatologique, des tableaux sur lesquels on consigne tous les paramètres afférents à l'analyse et des cartes pluviométriques (isohyètes, Hauteur maximale en 24H etc.). ~~Voir ci-jointes~~. Ces renseignements sont très souvent demandés par des usagers extrêmement divers dont l'activité est influencée et même quelquefois subordonnée aux conditions climatologiques ; il permettent, entre autre, d'effectuer la prévision à longue échéance.

La partie qui intéresse le C.I.E.H. dans notre travail est celle inhérente à la pluviométrie qui révèle depuis plusieurs mois des anomalies très significatives affectant certains domaines d'activité.

On signale que l'année 1983 est une année caractéristique d'une sécheresse sensible où la majeure partie du réseau pluviométrique a enregistré sinon les hauteurs d'eau les plus faibles jamais connues, du moins négligeables par rapport aux valeurs normales.

L'une des difficultés auxquelles est le service
confronté/ ré-
side dans le traitement des données. Les études auxquelles
aurait pu ~~so~~ livrer le ^{service} ~~il~~ ^{avait} les moyens nécessaires vi-
sent à une synthèse régionale ou globale. Elles incluent entre
autres :

.../...

- L'ajustement de lois statistiques régissant les séries d'observations pluviométriques dans les zones climatiques du Bénin.

- Etude du bilan hydrique.

Signalons pour terminer qu'un projet visant à renforcer le Service Agrométéorologique au Bénin a démarré.

TOURNEES TECHNIQUES
12è Conseil des Ministres du C.I.E.H
Yaoundé 20-21/2/84

NOT INFORMATION
sur les études dans le secteur hydraulique
au CAMEROUN

A par la Direction du Génie Rural
et de l'Hydraulique Agricole
Ministère de l'Agriculture

LIBRARY 4806
International Institute for
for Community Water Supply

INTRODUCTION

Le développement du secteur de l'Hydraulique constitue au Cameroun une préoccupation majeure en raison de son impact sur la satisfaction des besoins pour l'agriculture, l'approvisionnement des hommes et du bétail, la production de l'énergie, les industries diverses. En effet dans le cadre des divers plans de développement économique, social et culturel de très importants efforts financiers sont consacrés à ce secteur.

- Compte tenu de la diversité de ses aspects, les activités du secteur hydraulique sont menées par plusieurs départements ministériels et organismes. Il s'agit notamment de :

- Ministère de l'Agriculture (Direction du Génie Rural et du Développement Communautaire).
- Ministère des mines et de l'Energie (Direction des Mines et de la Géologie et Direction de l'eau et de l'Energie).
- Ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries animales (service de l'aménagement des pâturages et de l'Hydraulique pastorale).
- Ministère des Transports (Direction de la Météorologie Nationale).
- Ministère de la Santé Publique (service de l'Hygiène publique et de l'assainissement).
- Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat (Direction de l'urbanisme et de l'Habitat).
- Ministère de l'Equipement (Direction des Routes et Direction des Etudes et de la Normalisation).
- Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (I.R.S.M.).

La présente note qui ne peut prétendre donner la synthèse exhaustive des études et problèmes de tous les sous secteurs de l'Hydraulique dont s'occupent ces différents Ministères, s'attachera tout particulièrement à relever les études récentes, en cours ou envisagées dans le domaine prioritaire de l'Hydraulique Agricole, Urbaine et Rurale.

- I - Hydraulique agricole °
- II - Hydraulique urbaine
- III - Hydraulique rurale

.../...

I - HYDRAULIQUE AGRICOLE

L'un des facteurs contribuant à l'augmentation de la production et de la productivité et partant à la satisfaction des besoins alimentaires de nos pays (en voie de développement) en général et du Cameroun en particulier est le développement de l'hydraulique agricole (irrigation, drainage etc...).

Plusieurs grands projets ont été entrepris dans ce sous-secteur dont les plus importants sont :

- La SEMRY
- La SODERIM
- Le projet de la haute vallée du Noun.

Des études sont en cours ou envisagés dans un cadre général ou régional.

- 1 - Etudes générales
- 2 - Etudes liées aux projets de développement.
- 3 - autres études.

I - 1 ETUDES GENERALES.

Dans le souci constant d'exploiter au mieux les potentialités hydroagricole du Cameroun, le gouvernement se propose de confier à des bureaux d'études compétents des projets de mise au point de :

- La reconnaissance sommaire des zones aménageables et des ressources en eau disponibles pour leur irrigation.
- L'inventaire des projets d'aménagement hydro-agricoles existants et ceux en cours avec leurs caractéristiques.
- L'établissement de projets de termes de référence des études à mener pour chacun des grands périmètres apparaissant au schéma ci-dessus, notamment ceux ayant au moins 1.000hectares.
- L'évaluation des moyens d'ordre structurel, humain et financier nécessaires pour le développement du sous-secteur en relation avec le schéma proposé.
- La proposition d'une stratégie d'intervention en hydraulique agricole y compris les types de périmètre à aménager et les modes de gestion correspondants ainsi qu'un calendrier de réalisation pour la mise en oeuvre de la stratégie préconisée. Cette stratégie devra inclure la formation des cadres et la mise en place des structures d'intervention.

I-2 ETUDES LIEES AUX PROJETS DE DEVELOPPEMENT

I-2-1 L'Hydraulique à la SEMRY (Société d'Expansion et de Modernisation de la riziculture de Yaoundé) dans la province de l'Extrême-Nord.

2-1-a SECTEUR D'ACTIVITES DE LA SEMRY

La SEMRY exploite actuellement 10.000hectares de rizières aménagées dans l'Extrême-Nord le long du Logone et du Chari. 7.000hectares sont cultivés en double culture (saison des pluies et saison sèche).

.../...

Ces surfaces sont réparties en trois grandes zones :

- SEMRY I basée à Yagnua 5.300ha
- SEMRY II basée à MAGA 4.100ha
- SEMRY III basée à Kousseri 750ha.

La monoculture du riz pourra, dans les années à venir, évoluer sur certains secteurs (SEMRY III par exemple) vers une diversification culturelle du type BORGHO, NIEBE, BLE, MAIS etc.

Ces aménagements se caractérisent par une maîtrise totale de l'eau, permise par deux techniques différentes :

- pompage direct dans le fleuve
- ou irrigation gravitaire à partir d'une retenue.

2-1-b PROBLEMES HYDRAULIQUES

i - Ensablement des stations et des chenaux d'alimentation des stations.

Ce problème devient crucial pour la SEMRY en saison sèche. La présence d'un banc de sable important obstrue le chenal d'alimentation. Par ailleurs, la station 4 de la SEMRY est à la merci d'une descente du niveau du Logone en dessous de la côte de calage de la station.

ii - Erosion des berges et des assises de stations

Ce problème est latent un peu partout. Diverses solutions ont été envisagées :

- Pose des gabillons
- Injection d'un produit stabilisant les sols (solution très onéreuse)
- déviation de la digue
- pose de sacs de sable, ciment dans la proportion de 150kg de ciment/m³ de béton mis en oeuvre. Cette technique a déjà fait ses preuves pour la tenue des berges des canaux principaux.
- Construction d'une route-digue sur les parties plus menacées (ou sur toute la digue).

iii - Envasement des canaux primaires

Les têtes mortes des stations II et IV s'ensablent rapidement. L'absence d'ouvrages de dissipation d'énergie entraîne l'érosion des berges.

¶ Les problèmes sont variés sur SEMRY I. Un service entretien du réseau s'occupe en permanence de la remise en état des ouvrages, de la refecton des pistes, et, surtout, des curages des bancs de sable au niveau des stations. Il est certain que l'ensablement des stations est le problème qu'il faudra résoudre le plus rapidement puisque c'est l'irrigation même des rizières qui est en jeu.

2-1-c ETUDES EN COURS

A Moulvaudaye, un bas-fond a été aménagé sur 300ha. La SEMRY pourra ainsi tester la viabilité de ce type d'aménagement qui pourrait s'étendre sur un grand nombre de bas-fond de l'Extrême Nord du Cameroun.

Le principe est simple :

Une digue coupe en deux le Vaéré et retient les eaux pendant la saison des pluies. Les eaux recueillies permettent une irrigation gravitaire du riz. Ce riz est récolté en Octobre après drainage.

Selon les disponibilités en eau, une culture hivernale de MUSKOUARI peut être envisagée ensuite. Il est encore trop tôt pour se prononcer sur la réussite de cet aménagement qui en est à sa première campagne.

2-1-d ETUDES EN PROJET

i. AMENAGEMENT DES VILLES DE LA REGION DE YAGOUA

Une première étude d'approche a été, lancée en 1982-1983. Treize sites ont été pré-identifiés portant sur 23.000hectares.

ii. Réhabilitation des casiers 1 de SEMRY I

Le casier 1 a été l'un des périmètre aménagés de la SEMRY. Les canaux et drains sont actuellement en très mauvais état de fonctionnement et occasionnent d'énormes gaspillages d'eau. Une rénovation complète s'impose, elle se ferait sous deux angles :

- Rénovation technique (la commande des pompes sera automatique).
- Rénovation Sociale et Humaine par le regroupement paysans qui prendraient eux-mêmes en charge la maîtrise (permise par la rénovation technique).

iii. FOLDERISATION DES ZONES DE DECRUE DE MABA.

Le lac MABA couvre une surface de 36.000ha. Son volume est de 340 millions de m³, soit 2,5 fois les besoins en irrigation des rizières. Mais, en fait 500 millions de m³ sont perdus chaque année par évaporation, soit une perte 4 fois plus importante que les besoins de la riziculture.

iiii. SEMRY III PHASE II.

L'aménagement de SEMRY III en phase I a porté sur 700ha. En phase II, 1.500ha sont prévus, répartis sur une dizaine de sites.

L'objet est triple :

- combler le déficit alimentaire de la région.
- Mettre en oeuvre des actions de développement intégrées en ajoutant au projet purement hydro-agricole des volets élevage, santé, éducation, routes etc. En phase II le recalibrage de SERBEWEL, pour rétablir un écoulement continu du flux, donnera un essor nouveau et important à toute la province de l'Extrême Nord.

.../...

I-2-2 L'Hydraulique à la SUDERIM (Société de Développement de la Riziculture dans la plaine de MBU) à cheval sur les provinces de l'Ouest et du Littoral.

2-2-1 SECTEUR D'ACTIVITES DE LA SUDERIM

La SUDERIM créée en 1973 sous dénomination de la Mission de Développement de la riziculture dans la plaine des MBU (MIDERIM) est devenue ensuite SUDERIM en 1977.

Jusqu'en 1977 le projet s'était basé sur des essais agronomiques commencés depuis 1970 pour exploiter les sols exondés en monoculture de riz pluvial, en double culture annuelle.

Très vite la mise en valeur progressive des sols par la MIDERIM et la SUDERIM a révélé une baisse de rendements compromettant la rentabilité de l'opération. Une première orientation opérée en 1979 prenant en considération l'intérêt d'une riziculture avec maîtrise de l'eau qui aurait l'avantage de corriger certaines déficiences évoquées par différentes missions d'experts.

Depuis 1979, les résultats en riziculture irriguée se sont confirmés au fil des années.

Cependant pour tenir compte des diversités des sols et de spéculations existant déjà dans l'ensemble de la plaine a permis la réorientation de SUDERIM vers une polyculture associée à l'élevage, mais axée autour d'une riziculture irriguée dans la concession du projet.

La future maîtrise des données (hydrologique, hydrogéologique et hydraulique etc...).

2-2-2 PROBLEME INHERENTS AU PROJET.

i.- Agronomie

L'option riz irrigué s'est confirmé (rendements croissants 4,17t/ha en 1980, 4,57t/ha en 1981, 4,81t/ha en 1982) en paysannat. La recherche agronomique se doit de fournir des variétés de hauts rendements résistantes aux meladrés;

ii.- Aménagements hydro-agricoles

Il s'agit de :

- inventer les terres irrigables
- recenser les ressources hydriques et choisir les modes de leur mobilisation (barrage de retenue, barrage de dérivation, pompage direct etc.)
- connaître les régimes des cours d'eau de la zone du projet,
- améliorer l'écoulement des cours d'eau afin de limiter les inondations dans la plaine
- élucider le problème de la desserte en eau potable dans la zone du projet (forage, captage en montagne ou pompage en rivière suivi d'un système de traitement)
- définir un système d'exploitation pour les futurs pionniers, s'installer sur la superficie du projet.

-confectionner un schéma directeur d'aménagement de la rizière en définissant en même temps les zones de cultures sèches.

iii.- ETUDES EN COURS

En vue de l'étude de factibilité de la phase II du projet, la SIDERIM a passé avec le groupement SCET-AGRI (Société pour la construction et l'équipement au territoire - Agriculture) un marché d'étude de gré à gré. Certaines de ces études sont terminées notamment :

- La confirmation d'un schéma d'aménagement
- La reconnaissance des sites possibles de barrage de dérivation sur le Nhé.
- La vocation des sols
- Le choix d'implantation des zones d'un nouveau paysannat
- L'étude de factibilité de la route Mélong-Santchou.

iiii.- ETUDES EN PROJET.

- A court terme, une première tranche de 350ha irrigués par pompage sur le Nkam est prévue et ne posera pas de problèmes particuliers sur le plan hydraulique.
 - A moyen terme le projet des infrastructures hydrauliques se réalisera par phases successives dans la zone Ouest et portera sur environ 2.000 ha irrigués.
- Tout ceci n'est possible que dans la mesure où l'étude de la maîtrise est correcte (étude de la nappe et drainage)
- au travers de la présentation du projet SIDERIM avec ses problèmes, il apparaît que la maîtrise du facteur eau en vue de l'amélioration du niveau de santé des populations locales et l'accroissement des rendements en riziculture irrigués conditionne la réussite du développement de la plaine des MBO.

I-3 AUTRES ETUDES

3-1 Projet de la haute vallée du NOUN

Dans la haute vallée du Noun, on se propose de couvrir une superficie d'environ 3.000 hectares en riziculture irriguée, pour l'instant près de 2.000 hectares sont mis en culture.

3-2 Projet des ressources hydraulique des Monts Mandara

Pour une triple dimension de la satisfaction des besoins en eau de l'agriculture, du bétail, des populations humaines, près de 150 sites de barrages collinaires ont été inventoriés parmi lesquels les études complètes pour 35 sites sont disponibles. On est à la recherche des sources de financement tant pour l'exécution des 35 que pour la poursuite des études sur les sites qui restent. Ces barrages après leur réalisation permettront l'amélioration en protéine des populations, car il est prévu l'empoissonnement de ces barrages à l'instar des quatre premiers barrages

construits par le Génie Rural dans la même zone.

3.3 Projet d'études des ressources hydro agricole de la vallée du Mayo Tsanaga.

En égard au développement des cultures maraichères (oignons et autres) dans la zone du périmètre de MISKINE à Maroua, les études en vue de la construction d'un barrage de retenue sur le Mayo Tsanaga à Gazawa pour l'irrigation de 7000ha sont envisagées.

3-4 Aménagements hydro-agricoles de LAGOU

La mise en service du barrage LAGOU qui retient environ 3 milliards de m³ d'eau par an va entraîner un laminage des crues et une réduction de la production de BOUSKOURI.

En revanche, les terres du lit majeur aval de la Bénoué pourront être aménagées pour l'irrigation, après endiguement du fleuve.

L'élaboration du schéma général prévu en 1981-82 indique les priorités dans les études de factibilité à réaliser (projet sucrier, projet "culture maraichères", projet rizicole)./.6

II - HYDRAULIQUE URBAINE

Dans le cadre du Vè plan quinquennal de développement économique, social et culturel, l'objectif assigné à la Direction de l'Energie et de l'eau (Ministre des Mines et de l'Energie) est entre autres la couverture à 100% des besoins en eau potable et en Electricité dans les centres administratifs.

Départements ministériels tels que :

- Ministre de l'Equipement (Direction des Routes et Direction des Etudes et Normalisation)
- Ministre de l'Urbanisme et Habitat

Ces départements ministériels avec leurs organismes annexes concourent à l'élaboration, des études liées à :

- L'assainissement urbain
- L'hydraulique routière
- La voirie urbaine

1.1.4 PROBLEMES POSÉS DU QUI VONT SE POSER

- Un certain nombre de problèmes préoccupe avec acuité le staff de la Direction de l'eau et de l'Energie dans le secteur de l'eau en milieu urbain Camerounais.

Il s'agit de :

- A - L'approvisionnement en eau potable des deux grandes agglomération de Douala et Yaoundé,
- B - Le renforcement des systèmes de production et de distribution d'eau potable dans les centres qui, quoique déjà équipés connaissent d'une part une croissance démographique trop accélérée et d'autre part les effets déplorés de la sécheresse,
- C- La poursuite des études, des travaux et des recherches de financements extérieurs nécessaires à la couverture de tous les centres administratifs dépourvus en systèmes d'adduction d'eau potable.

II-1-1 ETUDES EN PROJET ET ETUDES EN CLURS

1-2 Etudes hydrogéologiques

Les études des débits d'étiage de 25 cours d'eau est menée par la Direction générale à la recherche Scientifique (D.G.R.S.T.) commandée par le Ministère de l'eau et de l'Energie pour la desserte en eau potable d'une trentaine de villes dans les provinces situées en zone équatoriale. Les études se poursuivent.

1-3 AUTRES ETUDES D'ADDUCTION D'EAU POTABLE

Ces études sont menées par le bureau hydroplan d'Allemagne dans le cadre d'adduction d'eau mesure d'urgence, ce programme est terminé et les travaux d'exécution sont en cours.

Le SNEC pour le programme de l'axe Mokolo. Les études sont terminées et la seule particularité du projet est la conduite longue distance en fonte qui

qui justifie le coût prohibitif du marché d'exécution en cours de signature. Une étude des ressources en eau du Département du MBAM, suivant un marché du Ministère du plan et de l'aménagement du territoire va déboucher sur le projet d'adduction d'eau de 5 villes, et l'élaboration d'un sous-programme national d'hydraulique villageoise et pastorale.

Nous citerons ici les études, encore préliminaires, des travaux d'adduction dans 14 et 12 centres urbains respectivement confiées aux sociétés Belge et Danoise (TEI, SCANWATER).

II-2 LE MINISTERE DE L'URBANISME ET HABITAT

Les problèmes préoccupants sont ceux de l'assainissement urbain. La mise sur pied d'un système d'assainissement relatif aux problèmes liés à chaque centre urbain au Cameroun est d'urgence pour le moment, il nous manque des études devant aboutir au plan d'assainissement qui permettent la détermination des réseaux primaire et secondaire.

Pour les voiries urbaines, il nous faut déterminer le point d'aboutissement des eaux de ruissellement provenant des chaussées.

II-3 LA MAETUR (Mission d'Aménagement et d'Équipement des terrains urbains et Ruraux) créée en 1977 a pour objectif de réaliser ou faire réaliser les opérations d'aménagement et d'Équipement des travaux en vue de la promotion Immobilière et de l'Habitat. Ceci implique pour la MAETUR de mettre en place dans les zones d'aménagement retenues, les réseaux d'adduction d'eau potable, d'eaux usées et de drainage des eaux pluviales.

3-a LES RESEAUX D'ADDUCTION D'EAU POTABLE

Le problème qui se posera dans un futur très proche sera celui de pourvoir en eau potable pendant les lotissements les villes de Tcholiré ou Peli où il n'y a pas d'adduction d'eau potable. La MAETUR devra envisager la recherche et l'équipement de source.

3-b LES RESEAUX D'EAUX USEES

La répliation par la MAETUR de réseaux d'égoûts est original au Cameroun dans la mesure où l'assainissement eaux usées serait individuel par fosses septiques. Mais cette technique n'est pas optimale pour l'assainissement de grands ensembles tels que prévus à Yaoundé et Douala.

Des études d'avant-projet pour la réalisation de la station d'épuration de Douala sont en cours et font apparaître les difficultés suivantes :

- Manque de données relatives à la composition des effluents (COCS, azote total, phosphore total),
- connaissance incomplète du régime hydraulique du Wouri et de son pouvoir d'auto-épuration.
- Manque de normes relatives aux effluents traités.

qui justifie le coût prohibitif du marché d'exécution en cours de signature. Une étude des ressources en eau du Département du MBAM, suivant un marché du Ministère du plan et de l'aménagement du territoire va déboucher sur le projet d'adduction d'eau de 5 villes, et l'élaboration d'un sous-programme national d'hydraulique villageoise et pastorale.

Nous citerons ici les études, encore préliminaires, des travaux d'adduction dans 14 et 12 centres urbains respectivement confiées aux sociétés Belge et Danoise (TEI, SCANWATER).

II-2 LE MINISTERE DE L'URBANISME ET HABITAT

Les problèmes préoccupants sont ceux de l'assainissement urbain. La mise sur pied d'un système d'assainissement relatif aux problèmes liés à chaque centre urbain au Cameroun est d'urgence pour le moment, il nous manque des études devant aboutir au plan d'assainissement qui permettent la détermination des réseaux primaire et secondaire.

Pour les voiries urbaines, il nous faut déterminer le point d'aboutissement des eaux de ruissellement provenant des chaussées.

II-3 LA MAETUR (Mission d'Aménagement et d'Équipement des terrains urbains et Ruraux) créée en 1977 a pour objectif de réaliser ou faire réaliser les opérations d'aménagement et d'Équipement des travaux en vue de la promotion Immobilière et de l'Habitat. Ceci implique pour la MAETUR de mettre en place dans les zones d'aménagement retenues, les réseaux d'adduction d'eau potable, d'eaux usées et de drainage des eaux pluviales.

3-a LES RESEAUX D'ADDUCTION D'EAU POTABLE

Le problème qui se posera dans un futur très proche sera celui de pourvoir en eau potable pendant les lotissements les villes de Tcholiré ou Poli où il n'y a pas d'adduction d'eau potable. La MAETUR devra envisager la recherche et l'équipement de source.

3-b LES RESEAUX D'EAUX USEES

La planification par la MAETUR de réseaux d'égoûts est originale au Cameroun dans la mesure où l'assainissement eaux usées serait individuel par fosses septiques. Mais cette technique n'est pas optimale pour l'assainissement de grands ensembles tels que prévus à Yaoundé et Douala.

Des études d'avant-projet pour la réalisation de la station d'épuration de Douala sont en cours et font apparaître les difficultés suivantes :

- Manque de données relatives à la composition des effluents (COCS, azote total, phosphore total),
- connaissance incomplète du régime hydraulique du Wouri et de son pouvoir d'auto-épuration.
- Manque de normes relatives aux effluents traités.

3-c L'ASSAINISSEMENT EAUX FLUVIALES

Les études d'avant projet pour la réalisation du bassin d'orage Nord de Ouala (385.000m³ de retenue, débit de fuite 3m³/s, retenue permanente de 1 mètre de hauteur) et du bassin d'orage de Biyemassi (75.000m³, débit de fuite 15m³/s pas de retenue permanente) ont fait apparaître les difficultés suivantes :

- Hypothèses sur les relations intensité , durée, fréquence non vérifiées.
- Ignorance des formes d'hydrogrammes d'entrée ;
- caractéristiques des bassins (temps de concentration...) non connues ;
- Problèmes sanitaires et écologiques causés par une retenue non maîtrisée./-

III - HYDRAULIQUE RURALE

Les effets de la sécheresse qui a sévi en 1982/83 ont, plus que par le passé, attiré l'attention des pouvoirs publics sur la nécessité de maîtriser le secteur de l'hydraulique humaine et pastorale. Il s'agira de faire :

- l'inventaire des techniques et types d'ouvrages d'alimentation en eau potable des populations rurales mis en oeuvre jusqu'à ce jour.
- l'élaboration d'un schéma statistique des établissements humains tels qu'ils existent dans les zones rurales (nombre et catégories de villages).
- l'inventaire du nombre d'ouvrages par type pour les réalisations ayant nécessité l'intervention des pouvoirs publics.
- la répartition du territoire national en grandes zones hydrogéologiques et établissement de termes de référence d'études approfondies à mener pour chaque entité hydrogéologique indentifiée.
- l'évaluation des structures intervenant dans le sous-secteur ainsi que leur capacité à concourir efficacement à son développement
- l'élaboration d'un schéma de stratégie et de modifications structurelles en vue de mieux maîtriser le sous-secteur tant pour la réalisation des ouvrages que pour leur maintenance.
- l'évaluation du potentiel humain disponible et des besoins supplémentaires pour la réalisation de la stratégie préconisée. Etablissement d'un planning de formation.
- la proposition d'un calendrier des actions à entreprendre à moyen et long terme.

III-1 PROBLÈMES EN MATIÈRE D'HYDRAULIQUE RURALE

Les effets de la sécheresse s'étaient fait ressentir de façon aiguë en 1972/1973 dans la partie semi-aride du Cameroun, il a été mis sur pied une commission d'enquêtes composée de la Direction du Génie Rural, du Développement Communautaire et du P.E.S (Projet d'Eau Souterraine).

Ce problème, un certain nombre de mesures avaient été retenues à savoir :

- le recensement exhaustif des puits tarés d'une part et la réalisation de quelque 500 forages d'autres part en vue d'améliorer le niveau des services dans la zone.

Parallèlement au programme de recréusement des puits et des forages, un programme de construction de 4 barrages collinaires avait également retenu pour approvisionner les zones montagnardes dont le site ne prête ni au creusement des puits ni au fonçage des forages.

À l'heure actuelle le programme de puits est achevé, celui des barrages également, le programme de forages reste en cours.

Pour résoudre toujours le problème d'alimentation en eau potable dans la même zone, une mesure d'urgence vient d'être prise tout récemment pour la réalisation de 250 forages, les études ont été confiées à un bureau d'études qui doit déterminer les endroits susceptibles de faciliter l'implantation de ces barrages. Ces forages devront être exécutés au cours de cette année pour faire face aux besoins accrus partant des conséquences de la sécheresse qui menace encore l'ensemble du pays.

III-2 ETUDES EN COURS

Une convention de financement est en phase de négociation entre le gouvernement Danois (SCANWATER) et le gouvernement Cameroun, en vue de la couverture en unités d'adduction d'eau potable de 100 localités réparties un peu partout dans le Cameroun.

La prospection des 100 sites en vue d'apprécier le volume des ressources par le Génie Rural en liaison avec l'entreprise SCANWATER vient de s'achever.

III -3 PROGRAMMES D'ETUDES EN PROJET

Mis à part les forages d'exploitation des eaux souterraines, il serait souhaitable de réaliser certaines études hydrogéologiques qui permettraient d'avoir des meilleurs résultats. Il s'agit de :

- l'étude hydrologique détaillée des différentes unités hydrologiques du Nord en vue de connaître les caractéristiques hydrauliques de leurs nappes souterraines.
- l'étude hydrogéologique générale du Sud Cameroun.

IV - REGLEMENTATION EN PROJET

On doit souligner avec insistance l'insuffisance en matière de la réglementation des secteurs d'activités liés à l'eau. Un effort de sensibilisation se manifeste dans les services administratifs depuis la mise en exécution du plan de création des textes réglementaires sur nos ressources en eaux et leurs gestions sous toutes les formes. Mais l'aboutissement d'une pareille idée semble un peu timide.

Une dynamisation de l'idée souvent évoquée dans des conférences et réunions devrait passer par l'élaboration des documents de base (code de l'eau, régime de l'eau) à partir desquels des décrets et arrêtés pourront se déduire progressivement et parallèlement à la croissance des secteurs économiques liés à l'eau.

Si des exemples de ce genre ont déjà fait jour dans certains pays en voie d'émergence, nous aimerions prendre contact avec ces derniers./-

DOC/CIEH/JT/EM/CONGO

JOURNEES TECHNIQUES
12e CONSEIL DES MINISTRES
DU C.I.E.H.
YAOUNDE

—○—

NOTE D'INFORMATION
SUR LA SITUATION DE L'HYDRAULIQUE
EN REPUBLIQUE POPULAIRE
DU CONGO

==oOo==

4806
International Centre for Community Water Supply

NOTE INTRODUCTIVE

Le domaine de l'hydraulique est très vaste. Il concerne non seulement l'eau potable pour la consommation humaine, l'eau pour l'agriculture et l'élevage, mais aussi l'eau pour la production de l'énergie, la navigation, l'industrie, la faune et enfin l'environnement. Il fait aussi appel à plusieurs spécialistes depuis l'hydrogéologue, le médecin-hygiéniste, jusqu'aux aménageurs de puits de village.

Pour un pays en voie de développement comme le notre, la priorité apparaît au niveau de la mise à la disposition des populations d'une eau saine pour l'alimentation, d'eau abondante pour la production, la protection de la faune et l'environnement.

En ce qui concerne l'eau potable, point n'est besoin d'enquêtes très poussées pour constater que la situation est très grave.

Des analyses faites pendant le séminaire atelier national pour la décennie internationale de l'eau et de l'assainissement, qui s'est tenue à Brazzaville du 6 au 10 Avril 1981, il ressort que moins de 30 % de la population urbaine bénéficie de l'eau potable. La population rurale sous équipée connaît une situation très alarmante malgré les efforts consentis par l'Etat et continu à s'approvisionner en eau de surface ou de source non traitée.

A cet état de chose, s'ajoute la menace des maladies hydriques dues à l'absence d'assainissement et de l'eau potable.

Concernant l'Agriculture et la pêche, nous ne pouvons que déplorer le fait que nos paysans ne savent pas intégrer l'eau à leur production, l'utiliser rationnellement de manière à maximiser leur production. Le Congo est pourtant bien favorisé par la nature et dispose d'abondantes ressources en eau de surface.

L'Industrie Congolaise, consommant des volumes importants d'eau attache peu d'importance au recyclage de ces eaux qui polluent l'environnement.

En vue d'une utilisation rationnelle de l'eau, il est très important d'en connaître les ressources tant bien de surface que souterraines.

Si le Congo peut être considéré comme un réservoir naturel, puisqu'il bénéficie d'un réseau hydrographique important, les ressources en eau souterraines restent inconnues. Il est temps que des études soient réalisées dans ce sens ; ce qui nous éviterait de vivre le drame provoqué par la sécheresse qui se manifeste çà et là ces derniers temps dans notre pays.

2/ - STRUCTURES CONCERNEES PAR LE PROBLEME LEURS SECTEURS D'INTERVENTION.

---0---

Les principes d'organisation administratif dans notre pays stipulent que les autorités locales des régions, ont la responsabilité de l'assainissement et de l'approvisionnement en eau de leur population. En fait il n'ya que les villes qui bénéficient des services d'une société nationale de distribution d'eau (SNDE). Celle-ci est tenue, pour des impératifs de rentabilité économique de limiter ses interventions aux grandes villes et à, quelques centres secondaires. Il faut reconnaître que le coût de tels aménagements modernes est très élevé.

Les services techniques de chaque région devraient assurer les voiries et réseaux divers. Là aussi les contraintes financières limitent les actions des autorités locales.

La Direction du Génie Rural et du Machinisme Agricole a pour mission dans le cadre précis de l'hydraulique, d'assurer tous les travaux d'hydraulique villageoise, d'aménagement agropastoral et l'entretien périodique des ouvrages d'hydraulique dans le milieu rural. Mais ici comme partout ailleurs, le manque de crédits et de moyens adéquats bloquent son action.

Les directions d'hygiène et assainissement, de la santé près du Ministère de la santé sont sensées intervenir à tout moment pour prévenir l'utilisation de l'eau qui pourrait avoir des effets sur la santé des populations et indiquer les types d'aménagements indispensables ainsi qu'éduquer la population.

L'action de la Direction Générale de l'environnement porte sur :

- La surveillance et le contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation des populations urbaines, péri-urbaines et rurales
- L'aménagement et l'utilisation de l'eau à des fins diverses.

- La pollution des eaux : à ce niveau la Direction Générale de l'environnement a pour tâche la surveillance et le contrôle des eaux résiduaires issues des établissements industriels, le contrôle des stations d'épuration. Elle veille également aux rejets solides et liquides industriels dans les eaux continentales et marines. La lutte contre la pollution marine par les hydrocarbures.

La Direction de l'urbanisme et de l'habitat (Ministère de la construction et des Travaux Publics) fixe les conditions techniques des différents aménagements à réaliser tant en milieu urbain que rural.

La Direction de l'aménagement du territoire (Ministère du Plan) joue un double rôle par le biais de deux de ses services.

- Le Service de l'équipement national qui coordonne les activités nationales sur la décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement.
- Le Service des villages centres qui est le maître d'ouvrage de l'opération villages centres.

PROBLÈMES POSES

D'une manière générale, les problèmes se posent au niveau de l'exécution des tâches dans tous les services concernés par l'hydraulique. Ces problèmes sont souvent les mêmes, à savoir :

- Le manque de moyens matériels et financiers
- L'insuffisance de personnel spécialisé
- L'insuffisance de concertation et de collaboration interdépartementale.
- Le manque d'une bonne politique de formation et de recyclage des cadres dans le domaine de l'hydraulique.
- Le manque de textes réglementaires en vigueur fixant normes et codes relatifs à l'eau.

ETUDES EN COURS ET EN PROJET

Il existe peu d'études en cours dans le domaine de l'eau, ceci s'explique par l'insuffisance des moyens dont disposent nos Services.

Néanmoins des efforts se font et les études suivantes sont en cours :

- Etude des besoins en eau des cultures dans la vallée du Niari C.R.A.L. (Centre de Recherche et Agronomique de Loudima).
- Amélioration des conditions d'alimentation en eau dans les Plateaux Batékés (C.I.E.H.).
- Conservation et utilisation rationnelle de l'eau en milieu rural (Projet Majeur/UNESCO).
- Dans le cadre de la lutte contre la pollution marine par les hydrocarbures, la direction générale de l'environnement est en train de élaborer un plan national d'intervention en cas de pollution grave.
- Il existe dans la même direction un projet de mise en place de deux unités d'analyse de pollutions et bactériologie. Ce projet a été retenu dans le cadre du plan quinquennal, la première unité a pour objectif :
 - L'analyse des eaux résiduaires urbaines et industrielles.
 - L'identification et l'analyse des différents polluants présents dans les effluents liquides et gazeux afin d'en établir les seuils limites de tolérance par rapport au milieu de rejet.

La deuxième unité sera un laboratoire spécialisé dans le domaine de l'analyse et du contrôle de la potabilité des eaux de consommation et de loisirs (piscines, baignades).

- Etude du comportement de la nappe souterraine dans la zone de Pointe-Noire par la Société Nationale de Distribution d'eau (SNDE).

Au niveau du service hydrologique de l'ORSTOM, certaines études sont en cours notamment celles qui sont liées à l'évaluation des ressources disponibles, des régimes des cours d'eau ainsi que des aspects atmosphériques qui influencent le bilan hydrologique ou plus généralement le cycle de l'eau (précipitation, évaporation, évapotranspiration etc...).

- Contrôle et gestion du réseau hydrométrique. Ce programme aussi vieux que les stations hydrométriques elles-mêmes a pour but de suivre régulièrement la fluctuation de l'écoulement dans un certain nombre de nos cours d'eau. Ce qui permet de mettre à la disposition des utilisateurs des données telles que : les débits journaliers, la crue maximale et l'étiage minimal, le module annuel, le débit spécifique, la pluviométrie moyenne, le déficit d'écoulement, le coefficient d'écoulement.

Ce programme permet de gérer une banque de données et de publier divers documents comme :

- * L'annuaire hydrologique
- * Données hydrologiques du Congo.
- * Répertoire général des stations hydrométriques
- * Notes hydrologiques sur différentes rivières
- * Etudes des crues de certains cours d'eau.
- * Inventaires des ressources de surface...

- Qualité des eaux. Ce programme vise une étude qualitative des eaux des différents cours d'eau du pays. Il vient d'être initié et n'a pas encore fait l'objet de publication, excepté le fleuve Congo qui est suivi depuis quelques années et dont les résultats sont consignés dans "QUALITE DES EAUX DU FLEUVE CONGO".

- Analyse expérimentale du ruissellement, de l'infiltration et de l'érosion à l'aide des techniques de simulation des pluies.

Ce programme qui n'a démarré qu'en Août 1983 compte refaire l'étude de ruissellement de l'infiltration et de l'érosion sur les bassins versants déjà étudiés afin de comparer les résultats, d'en déduire le coefficient de correction si possible, mais surtout de faire la promotion du mini simulateur conçu par un chercheur de l'ORSTOM dans la mesure où celui-ci présente de gros avantages (coût et temps réduits).

Concernant les études en projet, certains programmes sont envisagés, mais leur exécution reste soumise à des contraintes financières et matérielles.

.../...

- Etudes des eaux souterraines. Cette étude qui est un projet de l'ORSTOM et des services nationaux répond au souci de ces structures de contribuer à l'amélioration de l'alimentation en eau dans certaines régions là où les eaux de surface font défaut. Il y a donc lieu, dans ces régions (Plateaux Batékés, boucle du Niari, zone de Mouyondzi, Pointe-Noire), de s'intéresser aux nappes souterraines et d'approfondir leur connaissance en vue de leur exploitation.

- Etude de l'expérimentation de certains moyens d'exhaure.

- Etude hydrologique des bassins côtiers en vue de l'alternative eau de surface dans la ville de Pointe-Noire (SNDE).

- Etude fréquentielle de pluies (ORSTOM). Ce projet qui devra être un complément indispensable aux données pluviométriques déjà existantes en République Populaire du Congo permet une meilleure connaissance du milieu physique congolais.

Son importance est incontestable dans les différents domaines de l'aménagement de territoire, plus précisément dans la construction des ouvrages d'art, des routes et en agriculture.

- "Aménagement du bassin du fleuve Congo".

Les études sur la mise en valeur de ce fleuve doivent permettre d'assurer la gestion coordonnée et harmonieuse de toutes les possibilités offertes par ce complexe.

Parmi ces possibilités, on citera la navigation, l'irrigation et le drainage; la production de l'énergie électrique, la lutte contre les inondations et les sécheresses, l'aménagement des aires d'alimentation, les utilisations industrielles et domestiques de l'eau etc...

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS
DES TRANSPORTS DE LA CONSTRUCTION
DE L'URBANISME ET DES POSTES
ET TELECOMMUNICATIONS

DIRECTION CENTRALE DE L'HYDRAULIQUE

CUMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES
(C.I.E.H.)

JOURNEES TECHNIQUES DE YAOUNDE
(20-21 FEVRIER 1984)

PRESENTATION DES ORGANISMES
INTERVENANT DANS LE DOMAINE DE L'EAU
EN COTE D'IVOIRE

4806

I N T R O D U C T I O N

Répondant au souhait exprimé par le C.I.E.H. en vue d'axer les journées techniques de YACUNDE sur le thème : "Etudes et Recherches dans le domaine de l'eau dans les états membres", la Direction Centrale de l'Hydraulique du Ministère des Travaux Publics des Transports de la Construction de l'Urbanisme et des Postes et Télécommunications, a organisé le 14 Décembre 1983 une réunion préparatoire regroupant les différents organismes intéressés.

Lors de cette réunion les organismes présents ont fait le point sur l'état des études et recherches à leur niveau spécifique. Les organismes qui n'ont pas pu assister à cette réunion ont fait parvenir par la suite les documents les concernant.

Un premier examen de ces documents, présentés volontairement sous forme schématique, montre que les préoccupations des organismes ivoiriens sont nombreuses et couvrent le vaste champ de l'Hydraulique et des sciences et techniques, qui lui sont connexes.

Un souhait émergé cependant en priorité, il porte sur une amélioration qualitative et quantitative des observations hydro-climatologiques, domaine dans lequel la Côte d'Ivoire a consenti des efforts importants ces dernières années.

Les organismes qui ont bien voulu participer à l'élaboration de ce dossier sont portés sur la liste suivante :

- 1 - DIRECTION CENTRALE DE L'ASSAINISSEMENT ET DU DRAINAGE
(D. C. A. D.)
- 2 - BUREAU D'ETUDES TECHNIQUE DES PROJETS AGRICOLES
(B. E. T. P. A.)
- 3 - BUREAU CENTRAL D'ETUDES TECHNIQUE
(B. C. E. T.)
- 4 - SOCIETE D'EQUIPEMENTS DES TERRAINS URBAINS
(S. E. T. U.)
- 5 - LABORATOIRE DE MECANIQUE DES FLUIDES DE LA FACULTE DES SCIENCES
- 6 - DIRECTION CENTRALE DE L'HYDRAULIQUE
(D. C. H.)
- 7 - OFFICE DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES
(O. R. S. T. O. M.)
- 8 - ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES TRAVAUX PUBLICS
(E. N. S. T. P.)
- 9 - BUREAU D'ETUDES TECHNIQUES
(B. E. T.)

DIRECTION CENTRALE DE L'ASSAINISSEMENT ET DU DRAINAGE
(D.C.A.D.)

DIRECTION CENTRALE DE L'ASSAINISSEMENT ET DU DRAINAGE
(D.C.A.D.)

- OPERATIONS PILOTES DANS LE DOMAINE DE L'ASSAINISSEMENT ET DU DRAINAGE -

I - Rédaction d'une nouvelle réglementation technique relative aux normes de conception et réalisation des réseaux de drainage (83)

11 - Maître d'oeuvre : DCAD

12 - Consistance : Régionalisation des averses en 3 zones pour la Côte d'Ivoire, Modification des coefficients de ruissellement, nouvelles périodes de retour pour les pluies projets.

II - Assainissement individuel : suivi expérimental de 3 opérations pilotes, Rédaction d'une nouvelle réglementation (81-82-83).

2 Maître d'oeuvre DCAD : Analyse : DEI

21 Consistance - Réalisation de diverses filières d'assainissement individuel, Fosse septique et épandage Souterrain par tranchée filtrante Décanteur Digesteur et lit filtrant, lit Bactérien. Suivi de fonctionnement des installations pendant 2 ans.

Modification de la réglementation concernant l'assainissement autonome, installation "toutes eaux".

III - Épuration des eaux usées domestiques par lagunage

Réalisation de 3 installations d'une capacité de 1000 habitants dans les trois zones climatiques de la Côte d'Ivoire (SAN-PEDRO, GAGNOA, ODIENNE)

3.1 Maître d'oeuvre : DCGTX

3.1 Consistance : l'installation comporte un prétraitement, 2 bassins de tête en parallèle d'une superficie de 50 % du total, suivis de 2 bassins en série, données de dimensionnement 150 kg DB05/ha/j.

Demande de financement au FAC pour le suivi du fonctionnement.

IV - Étude des Relations Pluie - débit sur grands bassins urbanisés (1000 ha) (83-84)

41 Maître d'oeuvre, DCAD ; intervenant BCEOM, ORSTHOM.

42 Consistance : A partir de mesures de pluies et de débit, recherche de nouvelles formules de dimensionnement et calage d'un modèle mathématique de simulation dérivé de l'analyse des systèmes, étude des phénomènes de dispersion spatiale et temporelle de la pluie, définition des "pluies projets".

V - Mise en place et adaptation à la Côte d'Ivoire de programme informatiques de l'Administration française

SERAM - Calcul de débits eau potable réseau maillé (550 Nœuds, 750 tronçon, 200 Maille)

CERA - Calcul du débit maximal d'eau pluviale par formule type caquot, Métré Dessin profil en long.

RERAM - Modèle de simulation de propagation des hydrogrammes dans les collecteurs

(100 Nœuds, 25 ouvrages spéciaux, 100 collecteur, 50 bassins) tracé automatique des hyétogrammes et des hydrogrammes.

VI - Constitution de la D.C.A.D.

La Direction Centrale de l'Assainissement et du Drainage (D.C.A.D.) est chargée au sein du Ministère des Travaux Publics des Transports, de la Construction de l'Urbanisme et des Postes et Télécommunications (MTPTCUPT) de l'élaboration des plans directeurs d'assainissement, de la réalisation et du contrôle des études et travaux d'assainissement.

Elle est placée sous l'autorité d'un Directeur Central Monsieur TRO GUEYES.

BUREAU D'ETUDES TECHNIQUES DES PROJETS AGRICOLES
(B.E.T.P.A.)

BUREAU D'ETUDES TECHNIQUES DES PROJETS AGRICULES
(B.E.T.P.A.)

I - PRESENTATION DE L'ORGANISME

BUREAU D'ETUDES TECHNIQUES DES PROJETS AGRICULES (BETPA)

E P I C sous tutelle technique du MINAGREF/MDR

- Etudes de Projets Régionaux de Développement
- Etudes et Contrôle de réalisation de projets Agro-Industriels.
- Etudes et Contrôle de réalisation de projets d'aménagement hydro-agricoles et de tout projet d'équipement au bénéfice du monde rural.
- Mission de Conseil pour MINAGREF/MDR et pour les autres sociétés sous tutelle du MINAGREF/MDR
- Intervention d'étude et de contrôle de réalisation pour tout organisme, public ou privé, qui en fait la demande.

II - PROBLEMES ET CONTRAINTES

C'est au niveau de la mobilisation des ressources en eau que se rencontrent les problèmes ; en effet, en tant que service utilisateur des données de base (climatologie, hydrologie, hydraulique) pour la conception et le calcul de nos projets, nous sommes constamment confrontés au manque de données et de normes, tant du point de vue qualitatif que quantitatif.

III - CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES DES IRRIGATIONS

Les grands projets d'irrigation mis en place à ce jour ont été calculés avec des normes et données qui souvent n'avaient jamais été vérifiées auparavant en vraie grandeur dans le milieu. Il s'ensuit que les éléments adoptés pour les calculs des réseaux (dose, pluviométrie, fréquence) sont susceptibles de grandes améliorations. C'est pourquoi la mise en place d'un programme d'expérimentation et de recherche d'accompagnement dans le domaine de l'irrigation est souhaitable aujourd'hui.

BUREAU CENTRAL D'ETUDES TECHNIQUES
(B.C.E.T.)

BUREAU CENTRAL D'ETUDES TECHNIQUES
(B.C.E.T.)

I - CONSTITUTION

BUREAU CENTRAL D'ETUDES TECHNIQUES

Est un Service Public d'Etudes pour l'Aménagement, la Construction et l'Urbanisme.

Conçu au départ comme une Direction Centrale du Ministère des Travaux Publics, des Transports, de la Construction et de l'Urbanisme, le B.C.E.T. fut érigé par la loi n° 78-658 du 4 Août 1978 en établissement public à caractère administratif, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Ses ressources sont constituées par :

- une subvention annuelle du budget général de fonctionnement ;
- des dotations du Budget Spécial d'Investissement et d'Equipement ;
- exceptionnellement la rémunération de travaux et prestations de services.

Son Conseil d'Administration présidé par la Ministre des Travaux Publics, des Transports, de la Construction, de l'Urbanisme et des Postes et Télécommunications (M.T.P.C.U.P.T.T.) comprend en outre 4 membres dont 2 nommés par le Ministre des Travaux Publics et 2 par le Ministre de l'Economie et des Finances.

2 - LES OBJECTIFS

L'importance des responsabilités des Ministères en charge de l'équipement, en l'occurrence le Ministère des Travaux Publics des Transports, de la Construction, de l'Urbanisme et des Postes et Télécommunications, (M.T.P.C.U.P.T.T.), dans l'aménagement des villes et la réalisation des principales infrastructures du développement impose que ceux-ci disposent d'un potentiel technique qui leur permette d'assurer :

- la programmation et la Coordination des Investissements dont ils ont la charge ;
- la maîtrise de la conception des projets qu'ils mettent en œuvre ;
- la définition ou l'adaptation des normes qui conditionnent la fiabilité et l'économie de réalisations.

C'est donc dans ce but que le Gouvernement s'est doté d'un service d'études : le Bureau Central d'Etudes Techniques (B.C.E.T.) qui en outre prend une part très active dans la réalisation de deux objectifs fondamentaux dans un pays en rapide croissance :

- La formation des bâtisseurs du cadre de vie et de l'infrastructure du développement ;
- la mémorisation des techniques, leur adaptation et plus généralement l'expérimentation de nouvelles techniques.

La diversité des études (études de planification, programmation, plans d'urbanisme, plan de transport, plan de circulation, voirie urbaines, assainissement, drainage, hydraulique urbaine, architecture et construction, etc..) impose une gamme très étendue de spécialistes de disciplines variées, d'où la présence au sein du B.C.E.T. d'Ingénieurs, Architectes, Urbanistes, Economistes, Sociologues, etc...

Il faut dire aussi que le transfert de savoir faire dont on fait souvent état à notre époque ne doit pas être le résultat de la multiplication d'études sous-traitées ou de missions d'experts qui ne laissent le plus souvent d'autres traces que celles de rapports vite oubliés.

Ainsi l'existence d'un service public d'études permet non seulement de mémoriser l'acquis technique du pays, mais apparaît aussi et surtout comme un maillon indispensable de la chaîne de formation continue qui depuis les connaissances théoriques acquises dans les écoles, conduit aux compétences de véritables professionnels.

Le B.C.E.T. apparaît donc comme l'une des principales expressions de l'Indépendance technologique de la Côte d'Ivoire.

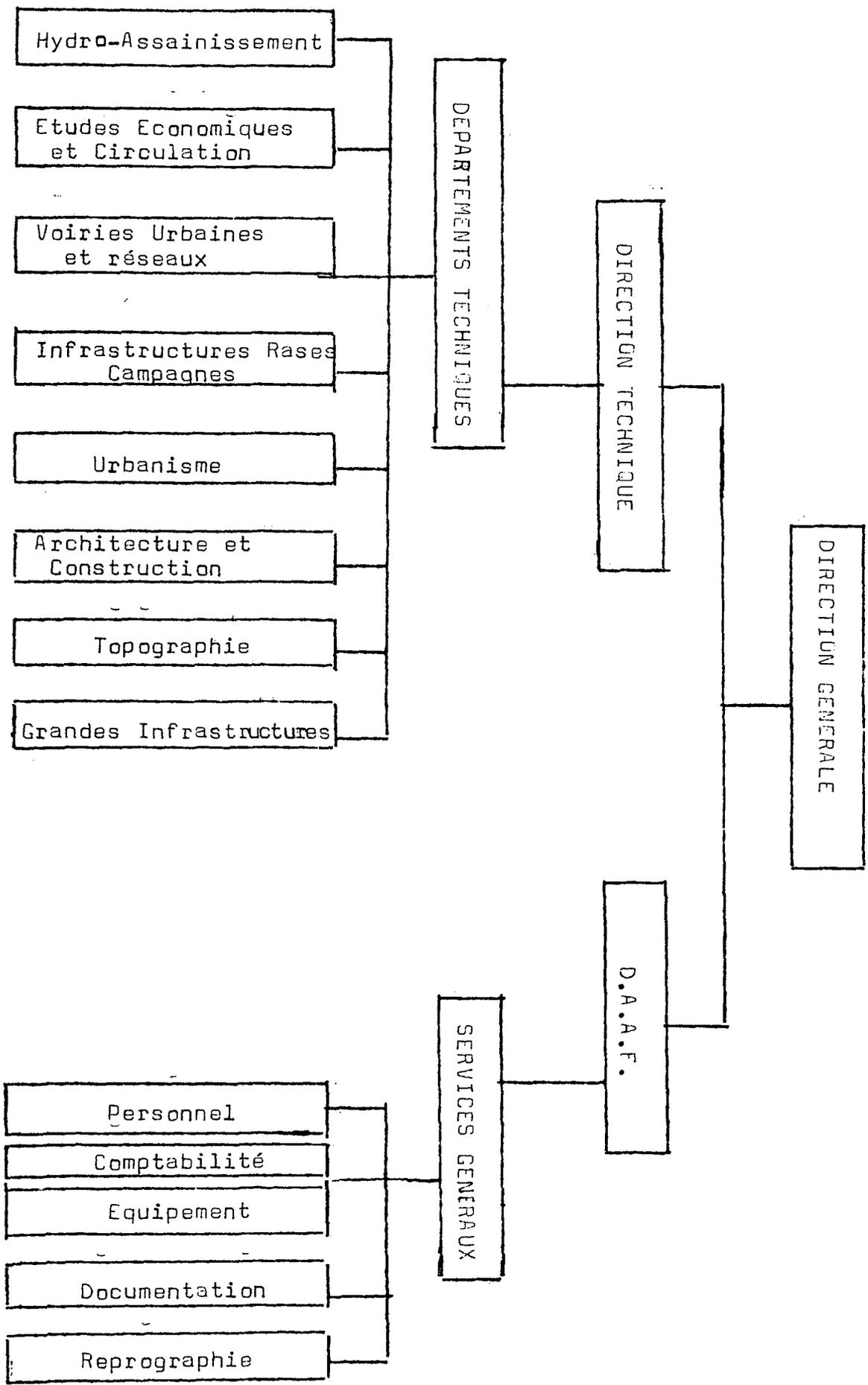
3 - COMPOSITION

On peut dire en résumé que le B.C.E.T. c'est :

- 300 personnes : 3/4 départements techniques, 1/4 services généraux (voir organigramme joint) ;
- 60 à 80 Milliards de travaux étudiés chaque année au niveau des dossiers d'exécution
- 8 départements techniques :

- . Département Hydraulique et Assainissement (Hydro-Assainissement)
- . " Etudes Economiques et de la Circulation
- . " Voiries urbaines et réseaux
- . " Infrastructures Rase Campagne
- . " Urbanisme
- . " Architecture et Construction
- . " Topographique
- . " Grandes Infrastructures.

ORGANIGRAMME DU B.C.E.T.



4 - LE DEPARTEMENT HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT -Hydro-Assainissement) DU B.C.E.T.

Composé de deux Cellules : Cellule Hydraulique et Cellule Assainissement et Drainage. Le Département Hydro-Assainissement dispose de neuf Ingénieurs avec le Directeur du Département (4 par Cellule), 10 dessinateurs 2 Secrétaires, un Chauffeur et un Planton.

En fonction des plans de charge, les Ingénieurs d'une Cellule peuvent travailler dans l'autre Cellule. Ce qui leur permet de travailler sur des projets variés, très intéressant donc pour leur propre formation tout en éliminant la monotonie et les répétitions dans les études.

Que ce soit en Assainissement et Drainage ou en Hydraulique (adduction en eau potable), le Département Hydro-Assainissement exécute les mêmes types d'études, c'est-à-dire :

- avant-projets sommaires ou détaillés,
- projet d'exécution ou de faisabilité;
- projet de financement ou d'études économiques,
- schémas ou plans directeurs,
- analyse des études effectuées par d'autres bureaux, etc,
- etc...

Tout comme les autres départements du B.C.E.T., l'Hydro-Assainissement travaille pour le compte du Gouvernement. Très exceptionnellement, il peut travailler pour des tiers. Dans ce cas, les commandes d'études sont adressées au Ministère de Tutelle pour accord. La commande est transmise à la Direction Générale du B.C.E.T. qui donne ordre au département de prévoir la programmation de ladite étude.

Il est important de souligner que le B.C.E.T. ne possède pas de fonds lui permettant de faire de la recherche ou de l'expérimentation. Les projets étudiés découlent des commandes précises des Ministères pour 90 %. Le B.C.E.T. n'est pas dimensionné même à long terme pour exécuter en totalité toutes les commandes de l'Etat en matière d'études, sa mission du B.C.E.T. étant une mission de contrôle, de programmation, d'analyse, d'archivage, de réalisation d'études et de conseil pour le compte du Gouvernement.

Enfin, comme toute entreprise humaine, le département Hydro-Assainissement du B.C.E.T. connaît plusieurs types de difficultés dans son travail de tous les jours. Mais nous ferons ici allusion seulement aux difficultés résultant du manque des données de base, ou d'insuffisance de certaines études ou observations fondamentales permettant de disposer des renseignements fiables.

C'est pourquoi nous recommandons vivement aux journées techniques du C.I.E.H. de se pencher sur ces quelques problèmes que nous portons ci-dessous à sa réflexion.

2.1 - Suivi systématique des caractéristiques des ressources en eau utilisées :

- 1°) Installations d'échelle et lecture dans les barrages par exemple.
- 2°) Suivi plus poussé des principaux cours d'eau permettant d'établir ce qui pourrait être leur carte d'identité : crues, points des possibles retenues, leurs caractéristiques, étiages etc, etc...

4.1. - Définition des critères de conception des projets par type de structure urbaine basé sur les statistiques d'exploitation existante.

- 1°) Consommation pour type de consommateur.
- 2°) Densité de conduites par type d'habitat.
- 3°) Capacité de stockage nécessaire, etc...

4.2 - Plan directeur en eau potable pour des villes dont les plans directeurs d'urbanisme sont définis, permettant ainsi d'intégrer toute extension dans un plan d'ensemble général cohérent.

5.1.- Mise au point d'un fichier coût, actualisé après chaque appel d'offres.

ASSAINISSEMENT

En matière d'assainissement, les activités du B.C.E.T. sont essentiellement celles d'un bureau d'études. Comme cela a déjà été souligné, il n'est pas prévu qu'il fasse de la recherche ou de l'expérimentation par contre nous avons estimé que la diffusion des techniques simples d'assainissement et de traitement des déchets domestiques auprès des responsables des Préfectures et des Municipalités pourrait permettre à ceux-ci de mieux connaître les procédés employés actuellement et d'améliorer l'hygiène des villes par leur mise en pratique.

Deux documents ont ainsi été diffusés :

- Guide pratique de l'assainissement individuel.
- Guide pratique de la collecte et de l'élimination des ordures ménagères.

Le B.C.E.T. a aussi rédigé à l'intention des responsables de Subdivision des Travaux Publics un document technique destiné à les aider à résoudre le dimensionnement des buses et dalots dans les traversées de route. Chaque Subdivision en a reçu un exemplaire.

Enfin, parmi les études effectuées par le B.C.E.T., deux sont à citer pour l'intérêt qu'elles présentent dans le cas présent. L'une, qui est une enquête socio-économique effectuée dans le cadre du suivi du projet de développement urbain financé par la Banque Mondiale, constitue une contribution importante à la connaissance des zones urbains du type évolutif ; l'autre, intitulée "comparaison entre réseaux enterrés et réseaux à ciel ouvert" est destinée à guider le concepteur dans le choix du système de drainage principalement dans les villes de l'intérieur. .../...

En ce qui concerne les données de base nécessaires pour l'élaboration des projets, certaines parmi celles-ci commencent à être bien connues. C'est le cas de la pluviométrie à l'échelle d'un bassin versant urbain, c'est-à-dire, pour les durées de pluie comprises entre 5 et 60 minutes.

Le choix de la fréquence pour le dimensionnement des ouvrages, fixée par la réglementation à un an pour les collecteurs tertiaires, secondaires et parfois primaires et à cinq ans pour les canaux primaires importants, a souvent fait l'objet de controverses entre bureaux d'études, certains préconisant, et appliquant même une période de retour de cinq et même dix ans au lieu d'un an.

Or, depuis environ sept ans, près de 3 000 hectares de lotissement réalisés par la Société d'Équipement des Terrains Urbains (S.E.T.U) ont été équipés d'un réseau de drainage qui, bien que dimensionné suivant la réglementation actuelle, donne entière satisfaction.

Cette expérience montre qu'il n'y a donc pas lieu de remettre en cause le choix de la période de retour.

Il faut noter à ce sujet que, compte tenu de la standardisation de la dimension des tuyaux, les diamètres choisis sont presque toujours supérieurs à ceux strictement nécessaires pour évacuer les débits calculés et que le réseau, en définitive, a un pouvoir évacuateur bien supérieur aux débits prévus si l'on considère, en outre, les possibilités de mise en charge.

D'autres données sont également remises en cause, c'est le cas essentiellement des vitesses maximum admissibles dans les canalisations et les canaux fixées respectivement à 3 m/s et 5 m/seconde par la réglementation.

C'est essentiellement pour tenir compte des risques d'abrasion des canalisations que la vitesse limite de 3 m/s a été adoptée mais certains concepteurs sont d'avis de la porter à 3,50 m/s voire 4 m/s, l'abrasion d'après des études effectuées en ANGLETERRE n'étant fonction que du volume de sable transporté.

Pour les canaux, la vitesse de 5 m/s est jugée excessive en raison des risques de cavitation...

En tout état de cause, compte tenu de l'importance du facteur vitesse dans l'économie des projets il est indispensable que des recherches soient entreprises dans ce domaine.

Enfin, parmi les données encore insuffisamment connues faute de mesure ou d'expériences, il faut citer les coefficients de ruissellement, l'abattement spatial, la protection des sols contre l'érosion en zone urbaine.

En ce qui concerne les moyens informatiques, le B.C.E.T. ne dispose pour l'instant que de quelques programmes aux performances assez limitées compte tenu du matériel (IRS 80 Modèle 3), ce sont :

- calcul de réseau d'alimentation en eau jusqu'à 15 à 20 mailles avec optimisation des diamètres ;
- traitement de textes pour pièces écrites-d'appel d'offres
- bordereau de prix pour estimation des projets ;
- laminage de crues ;
- étude économique d'un projet d'adduction d'eau ;
- calcul de courbe de remous.

Une version simplifiée du programme RERAM est en cours d'élaboration.

En eaux usées, il se pose l'important problème du raccordement au réseau d'eau usées de l'habitat existant du type évolutif.

En effet, les habitations sont, dépourvues d'appareils sanitaires qui n'auraient d'ailleurs guère leur raison d'être puisque celles-ci n'ont en général pas l'eau courante. Les installations existantes sont donc des plus sommaires et ne se prêtent pas à un raccordement.

Le problème se pose avec d'autant plus d'acuité que plusieurs quartiers de ce type ont été récemment équipés d'un réseau d'eaux usées et que les quelques raccordements effectués par les habitants ne répondent pas au but cherché :

- les eaux pluviales de la cour sont souvent admises sur le branchement ;
- les W.C. ne sont pas raccordés car en l'absence de chasse, les matières fécales obstruent le branchement ;
- les habitants continuent de déverser les eaux ménagères dans la rue ;
- la réalisation des branchements est parfois des plus fantaisistes : pente insuffisante, tracé comportant des coudes sans possibilité de curage, diamètres inappropriés.

L'expérience montre que chaque habitation est presque un cas particulier et que la conception de son branchement devrait être confiée à un technicien qui serait chargé, en outre, du contrôle de son exécution.

SOCIETE D'EQUIPEMENT DES TERRAINS URBAINS
(SETU)

SOCIETE D'EQUIPEMENT DES TERRAINS URBAINS
(SETU)

La SETU est une Société d'Etat placée sous le Contrôle du MPTTCPT son département Drainage et Assainissement dont le Directeur est Monsieur KAKADJE, réalise, contrôle et gère les réseaux urbains d'Assainissement et drainage.

Il propose pour les journées techniques les thèmes suivants :

- 1) Caractéristique de la pollution bactériologique des effluents de la ville d'ABIDJAN et risques sanitaires lié à l'entretien des réseaux d'eaux usées
- 2) Actualisation des branchements d'eaux usées sur les réseaux d'assainissement de la ville d'ABIDJAN.
- 3) Evolution des charges parasitaires intestinales dans les quartiers sans équipement d'assainissement et ceux qui viennent d'en être récemment pourvus (exp. ATTIECOUBE et WILLIAMSVILLE.)
- 4) Efficacité des fosses septiques dans la réduction de la pollution des eaux usées domestiques - Caractéristiques optimales de conception et de réalisation.

LABORATOIRE DE MECANIKES DES FLUIDES DE LA FACULTE DES SCIENCES

1. Laboratoire de Mécanique des Fluides de la Faculté des Sciences
ABIDJAN

En existence depuis 1975, créé principalement pour les Travaux Pratiques en mécanique des Fluides des Etudiants de Maîtrise de Physique et de Maîtrise des Sciences et Techniques, se dote également des moyens de recherche en transferts de masse de quantité de mouvement et d'énergie entre les couches fluides, principalement dans les eaux de surface.

2. Comme problème intéressant le CIEH on peut citer ; la gestion des eaux de surface de type estuariens, lagunes. Il s'agit ici d'une gestion purement hydraulique : évolution hydraulique du système, conséquences de l'intervention de l'homme sur la morphologie du système : Etude de la dispersion diffusion. Dans le futur, on envisage de généraliser l'étude y incluant la pollution naturelle ou artificielle.

3. Travaux réalisés

- modèle mathématique unidimensionnel de l'hydrodynamique et de la Salinité de la lagune Ebrié : opérationnel depuis 1979, a déjà rendu des services à des sociétés d'études (DCGT, BCET) concernées par des projets sur la lagune, calé d'après une campagne de mesures réalisées par le laboratoire en Mars 1978 pendant 3 jours (Niveau vitesse salomite)
- modèle physique simplifié de l'écoulement stratifié eau-douce-eau-salée, réalisé au laboratoire de mécanique des Fluides. Il ne manque que les équipements de mesure.

4. Projet :

- modèle des échanges saisonniers entre la mer, le système et le bassin versant (implications sur la gestion des ressources et la protection de l'environnement)
- modèle bicouche appliqué à l'écosystème lagunaire Ebrié.
- Canal expérimental pour l'étude des échanges estuariens.
- Ecoulements diphasiques (implication : génie pétrolier, génie chimique et agroalimentaire).

DIRECTION CENTRALE DE L'HYDRAULIQUE
(D.C.H.)

DIRECTION CENTRALE DE L'HYDRAULIQUE

(D.C.H.)

I - CONSTITUTION

La Direction Centrale de l'Hydraulique (D.C.H.) est chargée au sein du Ministère des Travaux Publics, de la Construction de l'Urbanisme, et des Postes et Télécommunications (MTPTCUPT).

- de promouvoir les études et les travaux concernant l'Hydraulique humaine
- de procéder à l'inventaire et à la planification de l'exploitation des ressources en eaux.

Elle comporte quatre divisions techniques :

- la division de l'hydraulique villageoise
- la division de l'hydraulique Urbaine
- la division des Ressources en eaux de Surface (DRES)
- la division de l'Hydraulique Générale (DHG)

II - OBJECTIFS

L'objectif initial recherché par le Gouvernement était au départ l'alimentation en eau de tous les Centres jusqu'au niveau des Sous-Préfectures d'une part, la création des points d'eau dans tous les villages de plus de cent habitants d'autre part. Cet objectif s'intégrait dans le cadre de l'option prioritaire qui était de réduire les disparités régionales.

Cet objectif a été pleinement atteint puisqu'il existe 140 Centres alimentés par un réseau de distribution, et que plus de 12.000 puits et forages ont été réalisés.

Ces résultats supposent la mise en oeuvre d'un financement adéquat, de techniques appropriées et quelquefois nouvelles (ex : forages dans le socle cristallin) et la formation d'un personnel spécialisé.

L'essentiel des travaux ayant été réalisés, la D.C.H. commence maintenant à étoffer ses activités dans deux domaines.

- l'amélioration de la gestion des infrastructures qu'elle a mise en place
- la planification de l'exploitation des ressources, basée entre autres sur un meilleur inventaire de ces ressources consacrées en grande partie à la production d'énergie électrique et à l'irrigation. L'urgence de cette planification est accentuée par l'apparition de la notion de pénurie à l'intérieur certains bassins versants.

.../...

Dans ce but, la D.C.H. s'est équipée en début d'année d'un mini-ordinateur WANG 2200 LVP qui servira :

- à la mise en place d'une banque de données limitée dans un premier temps aux paramètres hydrométriques et pluviométriques et aux caractéristiques principales des ouvrages hydrauliques;
- à la résolution des problèmes que posent une exploitation rationnelle des ressources = sortie rapide des annuaires mises en place de modèle de simulation des écoulements, publication de cartes de graphiques ou de schémas, etc...
- à la création d'un fichier des immobilisations accompagné de l'état des amortissements
- au contrôle des facturations, des recouvrements, et des redistributions des surtaxes.

III - COMPOSITION

La D.C.H. est placée sous l'autorité d'un Directeur Central, Monsieur ANZENI DJOUKA.

1) Division de l'Hydraulique Villageoise

Monsieur SERI

Elle est maître d'ouvrage dans la mise en oeuvre des points d'eau villageois. Elle dispose d'un fichier informatique de ces points d'eau géré par l'ordinateur de l'ENSTP à YAMOUSSOUKRO.

Outre le Service Central, elle dispose de quatre antennes et de deux sous-antennes à l'intérieur du pays.

Elle emploie environ 70 personnes dont 28 Ingénieurs et 17 Techniciens.

2) Division de l'Hydraulique Urbaine

Elle est maître d'ouvrage en ce qui concerne l'adduction d'eau des Centres Urbains comme son nom l'indique.

Le service est centralisé à ABIDJAN et comprend quatre secteurs.

Secteur Nord	: Monsieur ANDRIA
Secteur Centre-Ouest	: Monsieur SURATTEAU
Secteur Centre-Est	: Monsieur GAURAN
Secteur Abidjan	: Monsieur THIBAUT

Elle emploie 16 Ingénieurs et 4 Techniciens.

3) Division des ressources en eaux de surface

(Monsieur BOURGES)

Elle est chargée de l'inventaire des ressources en eaux de surface grâce à la mise en oeuvre d'un réseau national de plus de 100 stations hydrométriques. Ce réseau est géré par 10 brigades regroupées en trois secteurs.

Un Bureau Central centralise les informations en vue de leur interprétation et de leur exploitation. Dans ce but, elle dispose depuis cette année des moyens informatiques appropriés.

Elle emploie environ 92 personnes dont 13 Ingénieurs et 26 Techniciens.

4) Division de l'Hydraulique Générale

(Monsieur RAMANA)

Encore à l'état embryonnaire, elle ne comprend que trois Ingénieurs et un Technicien. C'est à cette division que devrait revenir plus spécialement la planification de l'emploi des ressources en eaux : affectation des ressources, vérification de la cohérence des projets, etc...

IV - PROBLEMES LIES AUX ACTIVITES DE LA DCH

1) Problèmes ayant trouvé une solution

- Modèle d'exploitation d'un grand aquifère (nappe d'ABIDJAN)
- Gestion d'un réseau national de stations hydrométriques (problèmes techniques, formation du personnel, optimisation)
- Gestion d'un grand réseau de distribution d'eau potable
- Fixation du prix de l'eau avec système de péréquation.

2) Problèmes à résoudre

- Mise au point d'une banque de données hydroclimatologiques
- Stratégie d'aménagement des eaux
- Code général des eaux
- Ecoulement dans les zones fracturées
- Perennité des nappes
- Maintenance des points d'eau villageois
- Normes de consommations (les normes utilisées jusqu'ici ont été établies en 1974 au début du programme d'hydraulique alors que l'économie était en pleine expansion)
- Nettoyage des retenues (problèmes des plantes aquatiques)

_ / -) _ N N E X E
- : - : - : - : - : - : - : - : - : -

EQUIPEMENTS INFORMATIQUES

PREMIERE UNITE DE CALCULS

- 1 unité centrale WANG 2200 LVP, dotée d'une mémoire centrale de 128 KB et pilotant :
 - (5 disques fixes 5 x 13,4 = 67 MB
- 1 unité à disques durs (1 disque amovible 13,4 MB)
- 1 unité à diskettes (double face, double densité de 1 MB)
- 2 écrans semi-graphiques
- 1 imprimante à marguerites
- 1 traceur Benson 1102
- 1 digitaliseur Benson
- * récepteur pour liaison par satellites (ARGOS)

DEUXIEME UNITE DE CALCULS

- 1 unité centralisée WANG 2200 SVP, dotée d'une mémoire centrale de 128 KB et pilotant :
- 1 unité avec un disque dur fixe 4 MB
- 1 unité à diskettes : (diskettes df dd de 1 MB)
- 4 écrans semi-graphiques
- 1 imprimante à marguerites.

O R S T O M

L'Hydrologie constitue une des branches d'activités de l'ORSTOM dans les Pays membres du C.I.E.M.

En ce qui concerne la COTE D'IVOIRE, on peut scinder ses activités en deux.

D'un côté l'ORSTOM a détaché un Ingénieur et plusieurs Techniciens pour la création de la DRES (Division des Ressources en Eaux de Surface) au sein de la DCH (Direction Centrale de l'Hydraulique).

La DRES est chargée de l'inventaire des Ressources en Eaux de Surface et dans ce but a mis en place un réseau national de mesures hydrologiques. Cette équipe assure la formation du Personnel Ivoirien de relève à tous ses niveaux, de l'Ingénieur à l'Agent Technique (Voir DCH)

Par ailleurs, l'ORSTOM conserve ses activités propres, qu'on peut diviser en trois grands chapitres.

1) FORMATION

Elle assure des activités de formations indépendamment de ses attributions au sein de la DCH. Cette formation s'adresse aux ressortissants de tous les Pays Africains qui la souhaitent au niveau des chercheurs.

2) ACTIVITES DE DEVELOPPEMENT

Ces activités sont orientées vers des projets concrets de développement. On pourra citer :

- Lutte contre l'érosion
- Etude du ruissellement urbain
- Etude hydrologique liée à des réalisations hydroagricoles (LOKA A SAKASSOU)

3) RECHERCHE FONDAMENTALE

Les activités dans ce domaine portent sur les facteurs du ruissellement.

- Projet MAB - UNESCO (forêt de Tai)
- Simulation de pluie

Pour ces activités propres, la direction est assurée par Monsieur CASENAVE. L'ORSTOM emploie 2 chercheurs et 2 Techniciens expatriés et 5 Agents Indigènes.

OFFICE DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

OUTRE - MER

(O.R.S.T.O.M.)

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES TRAVAUX
PUBLICS.

(DEPARTEMENT HYDRAULIQUE)

E. N. S. T. P.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES TRAVAUX
PUBLICS.

(DEPARTEMENT HYDRAULIQUE)

E. N. S. T. P.

TRAVAUX PREPARATOIRES A LA TENUE
DES JOURNEES TECHNIQUES DU C.I.E.H.

1. Présentation de l'Organisme

1. 1. L'E.N.S.T.P est chargée de la formation des cadres spécialistes en Génie-Civil dans le domaine hydraulique :

Hydraulique Sanitaire (Alimentation et distribution d'eau, assainissement et traitement, problèmes de pollution);

Aménagement Hydraulique et hydro-électrique ;

Hydraulique Agricole

Hydraulique et Travaux Maritimes

1. 2. Moyens

1. 2. Moyens humains

L'équipe d'enseignants qui s'occupe de la recherche en hydraulique compte actuellement sept personnes (Département Hydraulique et Centre de Calcul).

Deux personnes ont un Doctorat d'Etat, une a un Doctorat de 3 ème cycle, et une la Maîtrise es-sciences.

DOMAINES D'ACTIVITES :

- Modélisation mathématique et physique de l'écoulement à surface libre ;
- Modélisation mathématique de bassin versant urbain avec des études de fonctionnement des réseaux d'assainissement ;
- Etude de l'écoulement permanent et non permanent dans le sol ;
- Etudes hydrauliques sur des modèles réduits ;
- Etude de l'écoulement diphasique (dans les canaux au fond mobile) ;
- Hydrobiologie végétale et animale (écologie lacustre) ;

1.2.2. Equipement

- 1.2.2.1. Laboratoire Hydraulique qui existe depuis 1979, destiné au T.P. en Mécanique des Fluides, Hydraulique Appliquée, Q.T.E. et Hydrologie.
- 1.2.2.2. Station expérimentale équipée d'appareils de mesures météorologiques (y compris l'énergie solaire).
- 1.2.2.3. Centre informatique (ordinateur BURROUGHS 6800) qui donne des possibilités de réaliser des études dans le domaine de la modélisation mathématique.

2. Travaux Réalisés

Elaboration des programmes d'informatique, appliqués au cours d'enseignement et surtout aux projets techniques (voir la liste) jointe des programmes en exploitation).

3. Projets

- Etude systématique de relation pluie-débit pour un bassin versant rural inférieur à 100 km² y compris l'étude du coefficient de ruissellement ;
- Etude de l'écoulement non-permanent uni et bidimensionnel à surface libre ;
- Etude des écoulements en suspension dans des canaux ;
- Organisation d'un séminaire international sur l'application de l'informatique aux problèmes de génie hydraulique, avec la participation des organismes scientifiques, et techniques suivants C.I.E.H. Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Toulouse et Ecole Nationale Supérieure d'Electronique, d'Electrique, d'Informatique et d'Hydraulique de Toulouse.

LISTE DES PROGRAMMES D'INFORMATIQUE

EN HYDRAULIQUE REALISES A L'ENSTP

NOM DU PROGRAMME	NOMBRE DE LIGNES	AUTEUR	DOMAINE	APPLICATION
CANEC / FORTRAN	960	GERINGER	DISTRIBUTION D'EAU	PROJET ALIMENTATION ET HYDRAULIQUE AGRICOLE
COURBEDERE MOUS/ FORTRAN	315	GERINGER	ECOULEMENT A SURFACE LIBRE	COURS E.S.L. PROJET BARRAGE ET HYDRAULIQUE AGRICOLE
DEBIT/DES FORTRAN	105	GERINGER	E.S.L.	COURS E.S.L
CHEMINEE/EULER/ FORTRAN	185	GERINGER	AMENAGEMENT HYDRO, ELECTRIQUE.	COURS A.H ET PROJET
PDC - DEBIT - DIAM	305	GOUGOU	ALIMENTATION	COURS ET PROJET D'ALIMENTATION
LAMINAGE / TER	690	MALRIEU	AMENAGEMENT	COURS+ PROJETS BARRAGES, HYDRAULIQUE AGRICOLE
EAU/ SOL	4000	MATHIEU	ECOULEMENT BIDIMENSIONNEL DANS LES SOLS HETEROGENES ET ANISOTROPES	CALCULS DES BARRAGES EN TERRE DE R.C.I.

CALCUL / RESEAU	2900	RIESEN	ALIMENTATION	COURS + PROJETS ALIMENTATION ET DISTRIBUTION
COLEBROOK	65	RIESEN	HYDRAUL.GENERALE	COURS + TD HYDRAULIQUE G.
ETUDE / DE COURBE	2000	RIESEN	HYDROLOGIE	COURS + PROJET HYDROLOGIE ET AMENAGEMENT
RESEAU/ PLUVIAL	270	SAINTE- CROIX	ASSAINISSEMENT	PROJET ASSAINIS- SEMENT.

LABORATOIRE DU BATIMENT ET DES
TRAVAUX PUBLICS
DIRECTION DE LA RECHERCHE

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS
DE LA CONSTRUCTION
DES POSTES ET DES TELECOMMUNICATIONS

ETUDES ET RECHERCHES
DANS LE DOMAINE DE L'EAU
AU LABORATOIRE DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS D'ABIDJAN

Eléments pour les journées techniques
du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
C I E H

G. COUGNY

Janvier 1984

LIBRARY 4806
BIBLIOTHEQUE DE LA RECHERCHE
ET DES TRAVAUX PUBLICS

ETUDES ET RECHERCHES DANS LE DOMAINE
DE L'EAU AU LBTP

1. Présentation du LBTP

Créé en 1954, le LBTP, Etablissement Public National depuis l'indépendance, exerce ses activités dans cinq grands domaines correspondant aux missions qui lui sont confiées par les autorités de tutelle :

. Activités d'étude

Domaines : routes, matériaux de construction, sols et fondations ;

. Activités de laboratoire de référence

Domaines : matériaux de construction, contrôle industriel. Participation sous l'égide de la Direction de la Normalisation et de la Technologie (Ministère du Plan et de l'Industrie) à l'élaboration de normes nationales ;

. Activités de suivi du réseau routiers national

Service Auscultation de chaussées rattaché à la Direction de la Recherche ;

. Activités de recherche appliquée au génie civil

Domaines : routes, bâtiments, ouvrages d'art, géotechnique.

Le LBTP est chargé de plus, de coordonner les activités de recherche dans les services **relevant** du Ministère des Travaux Publics, des Transports, de la Construction et de l'Urbanisme ;

. Contrôle des installations électriques domestiques (LBTP-SECUREL)

L'action du LBTP dans ces différents domaines est soutenue par un Centre Informatique, un Centre de Documentation et quatre laboratoires régionaux (Bouaké, Korhogo, San Pédro et Yanoussoukro).

Enfin, le LBTP participe à la formation des cadres nationaux en apportant sa collaboration à l'ENSTP de Yanoussoukro.

2. Problèmes rencontrés dans le domaine de l'hydraulique

Dans le domaine de l'hydraulique au sens large, les questions intéressant le LBTP se situent au niveau des études et surtout de la recherche appliquée.

Les thèmes des programmes de recherche sont définis en concertation avec les principaux services opérationnels du Ministère de tutelle (Directions Centrales, BCET, ENSTP) et avec la Direction et Contrôle des Grands Travaux (DCGTx).

Les problèmes rencontrés touchant au domaine de l'hydraulique peuvent se classer en trois rubriques :

- 2.1. reconnaissance des sites d'ouvrages (niveau études)
 - barrages en terre
 - aptitude des sols à l'assainissement individuel.
- 2.2. conception des aménagements (niveau études et recherche)
 - barrages en terre
 - prévision des phénomènes d'érosion (fossés, talus)
 - protection contre les eaux chimiquement agressives)
- 2.3. élaboration de textes réglementaires (niveau recherche)
 - recommandations guides et manuels pour la bonne pratique des travaux
 - rédaction de normes nationales (sous l'égide de la DNT Ministère du Plan et de l'Industrie).

3. Travaux réalisés ou en cours

Le LBTP assure, depuis sa création, la reconnaissance des sites d'aménagement, essentiellement au plan géotechnique.

Dans le cadre des activités de recherche, le LBTP a publié :

- une recommandation sur la conception et l'exécution des fossés latéraux des routes. Longueurs critiques et mesures anti-érosives (1983)

../....

- un rapport de recherche sur l'agressivité des eaux en côte d'Ivoire (SIMONNET J., N'DRI K.M. 1983)

Sont en cours

- une étude sur la stabilité et l'érosion des talus routiers
- une carte d'aptitude des sols à l'assainissement individuel de la ville de Yanoussoukro (COULAND J.).

4. Travaux en projet

Les travaux en projet s'inscrivent dans les mêmes axes de recherche que ceux déjà mentionnés.

- agressivité des eaux : étude des eaux du nord de la Côte d'Ivoire, le rapport déjà publié ne portant que sur la moitié sud du pays.
- expérimentation in-situ sur des modèles réduits de fossés
Ce projet a pour but de cerner plus précisément les vitesses critiques d'érosion des sols ivoiriens (en liaison avec l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich).

CONCLUSION

Bien que ne possédant pas de service strictement spécialisé en hydraulique, le LBTP est fréquemment confronté à des problèmes touchant à l'hydraulique au sens large.

En particulier l'incidence des phénomènes mettant en cause l'action de l'eau sur les ouvrages de génie civil est en cours d'études et a déjà fait l'objet de publications.

Le LBTP est donc particulièrement favorable à tout échange d'informations entre les Etats membres du CIEH.

Ces échanges ne devraient pas manquer de dynamiser les efforts de chacun au niveau des études et recherches dans le domaine de l'eau.

Enfin, conformément aux missions de coordination de la recherche qui lui ont été assignées, le LBTP souhaite la plus large concertation avec les autres services intéressés afin que la définition des axes de recherches conduise à l'efficacité ~~maximum~~.

REPUBLIQUE GABONAISE

MINISTERE DE L'ÉNERGIE ET
DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

RESSOURCES EN EAU DU GABON

LIBRARY
International Reference Centre
for Community Water Supply

FÉVRIER 1984.-

T A B L E D E S M A T I E R E S

I - GENERALITES

Situation

Relief

Climatologie

Hydrographie

Géologie

II - REALISATIONS HYDRAULIQUES DU GABON

A - HYDRAULIQUE URBAINE

B - HYDRAULIQUE RURALE

C - Hydraulique agricole et pastorale

D - ASSAINISSEMENT

E - HYDROELECTRICITE

III - PERSPECTIVES D'AVENIR

Hydraulique urbaine

Hydraulique rurale

Hydraulique agricole et pastorale

RESSOURCES EN EAU DU GABON

I - GENERALITESSituation

Le GABON, situé en latitude entre le 4^e degré sud et le 2^e degré nord et en longitude entre le 9^e et le 14^e degré à l'est du Méridien de Greenwich, se trouve tout entier en zone équatoriale. Il est limité à l'ouest par l'Océan Atlantique et par la frontière orientale de la République de Guinée Equatoriale, au nord par ce dernier et le Cameroun, à l'est et au sud par la République Populaire du CONGO.

D'une superficie de 267.000 km², le GABON rassemble une population de 1.200.000 habitants.

Relief

Le relief du GABON peut se diviser en trois grandes bandes parallèles, grossièrement orientées nord-sud :

- à l'est, une zone de plates-formes élaborées dans les roches précambriennes, recouvertes de formations latéritiques et profondément entaillées par les cours d'eau, qui constituent le prolongement des bas-plateaux camerounais ;

- au centre, des montagnes (Monts de Cristal au nord, du Chaillu et d'Achango au sud) qui sont, en fait, des collines cristallines d'altitude fort modeste (Mont BIGOU, 1190 m)

- à l'ouest, une plaine côtière composée de sables et d'alluvions, dont la largeur varie entre 30 et 200 km. Elle est parsemée de marécages et, surtout dans le sud, précédé de cordons littoraux isolant des lagunes malsaines. Le littoral est entaillé par deux baies profondes abritant, au nord du Cap Lopez, le port de LIBREVILLE, et au sud PORT-GENTIL.

.../...

La forêt couvre tout le territoire, à l'exception de quelques zones de savanes (boucle nord de l'OGOOUE, vallées de la NGOUNIE et la NYANGA, la majeure partie du littoral).

Climatologie

Par sa situation à cheval sur l'Equateur, le GABON a un climat de type équatorial chaud et humide plus ou moins modifié localement par l'influence de l'Océan Atlantique et le relief.

Le régime climatique se répartit comme suit :

- une grande saison sèche (juin à septembre) caractérisée par de faibles températures (18° à 23°) au cours de laquelle il ne pleut presque pas ;
- une grande saison des pluies (octobre-décembre) à températures plus ou moins élevées (25° à 30°) où il pleut abondamment ;
- une petite saison sèche (janvier-février) ;
- une petite saison des pluies (mars-mai).

Les hauteurs pluviométriques varient entre 1800 mm et 3000 mm, la région côtière nord étant la plus arrosée (COCOBEACH, 4725 mm en 1962). Le réseau pluviométrique dont dispose la Direction de la Météorologie Nationale comprend 13 stations principales.

Hydrographie

Le GABON possède un réseau hydrographique très dense composé par deux grands bassins :

- le bassin de l'OGOOUE (215 000 km²) qui draine la plus grande partie du Pays avec ses affluents, (la MPASSA, l'IVINDO, la NGOUNIE, la LOLO, etc...)
- le bassin côtier avec, du nord au sud :
 - . le RIO MUNI qui fait frontière entre la Guinée Equatoriale et le GABON,
 - . la Baie de la MONDAH qui reçoit la NTSINI et la NZEME
 - . le KOMO dont le principal affluent est la MBEI,
 - . la NYANGA.

Le Service Hydrologique de la Direction Générale de l'Eau du Ministère de l'Energie et des Ressources Hydrauliques entretient 55 stations hydrométriques équipées de limnigraphes et d'échelles limnimétriques sur tout le réseau hydrographique.

Il faut noter l'existence de lacs tributaires de l'OGOOUE et des lagunes, situées au sud, qui se jettent dans l'Océan Atlantique.

Géologie

Les principales formations géologiques du GABON sont :

a) - les formations de couverture, en général sédimentaires, datant du Secondaire, du Tertiaire et du Quaternaire comprenant :

- le bassin sédimentaire côtier (Permien à Miocène) jusqu'à l'ouest du méridien de LAMBARENE,
- les dépôts de la Cuvette Congolaise (Tertiaire à Quaternaire) qui forment les Plateaux Batéké
- les formations sédimentaires continentales qui sont formées d'alluvions anciennes.

b) - les formations précambriennes situées dans le socle avec 3 séries d'âge différent :

- le Précambrien supérieur qui affleure au nord-est de LIBREVILLE, au sud-est de LAMBARENE et dans le synclinal de la NYANGA formé de séries argilo-gréseuses, de dolomies, de grès arkosiques et de calcaires.
- le Précambrien moyen qu'on trouve dans le bassin de FRANCEVILLE formé de grès, d'argilites et de pélites.
- le Précambrien inférieur qui forme plus de la moitié du territoire avec des séries métamorphiques granito-gneissiques et des schistes à l'est de LAMBARENE.

II - REALISATIONS HYDRAULIQUES AU GABON

Le Département chargé des problèmes d'eau au GABON est le Ministère de l'Energie et des Ressources Hydrauliques au sein duquel existe la Direction Générale de l'Eau. Celle-ci comprend :

- la Direction des Eaux de Distribution et des Eaux Usées comportant :

1 - un Service des Eaux de Distribution avec :

a) - une Section de l'Hydraulique Urbaine et des Eaux Industrielles

b) - une Section de l'Hydraulique Rurale

2 - un Service des Eaux Usées

- la Direction des Ressources Hydrauliques qui comprend

1 - un Service Hydrologique divisé en :

a) - une Section des eaux de surface

b) - une Section des eaux souterraines

2 - un Service de l'Hydraulique des Aménagements comportant

a) - une Section des aménagements fluviaux et lacustres

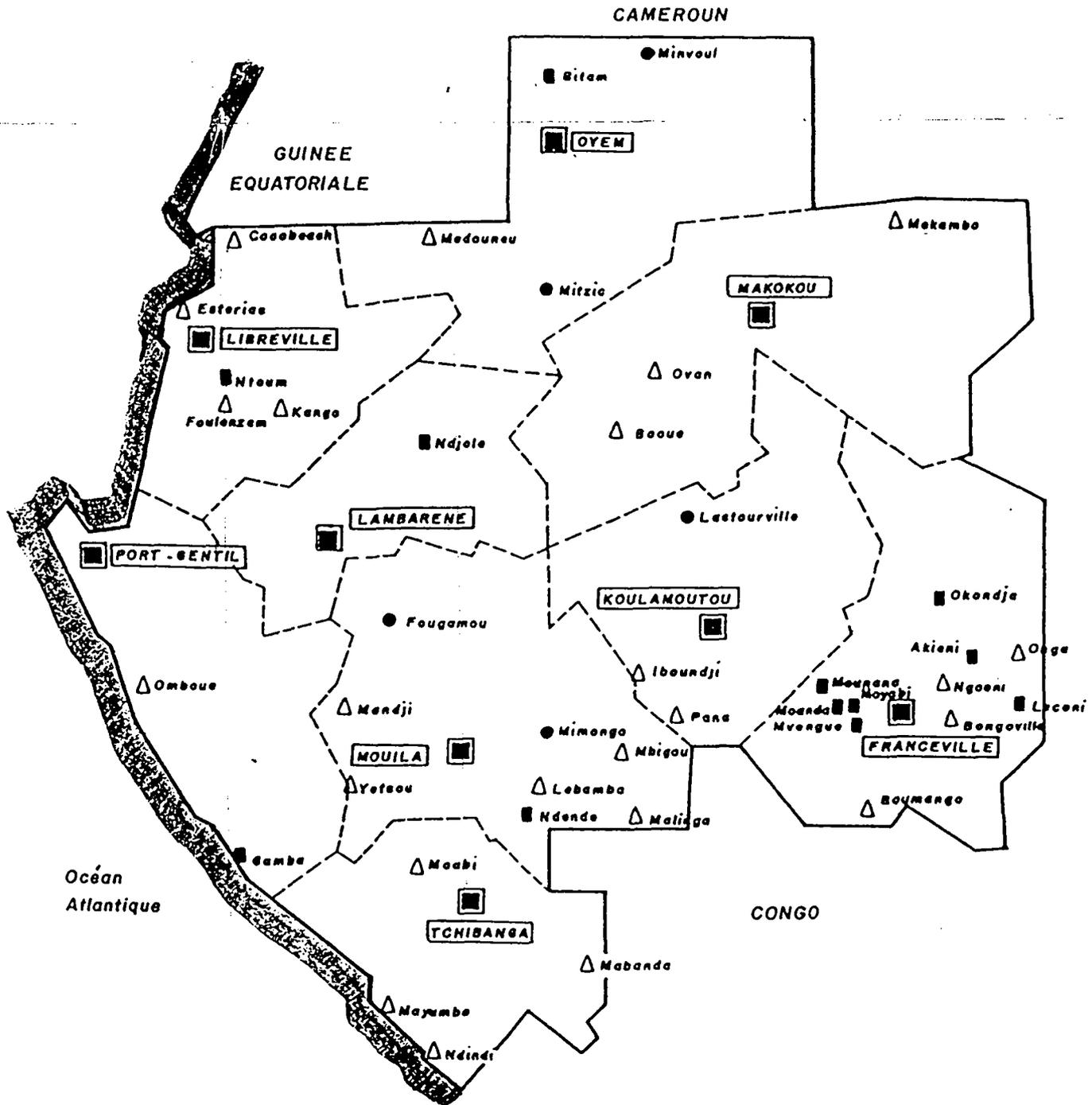
b) - une Section des aménagements maritimes.

Il y a d'autres Départements qui utilisent l'eau tels que le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, pour l'hydraulique agricole et pastorale, le Ministère des Eaux et Forêts pour la pêche et la pisciculture, le Ministère de la Santé Publique pour l'assainissement.

La Société d'Energie et d'Eau du GABON placée sous la tutelle du Ministère de l'Energie et des Ressources Hydrauliques est chargée d'appliquer la politique du Gouvernement dans le domaine de l'hydraulique urbaine.

.../...

EXPLOITATIONS DE LA SOCIÉTÉ D'ÉNERGIE ET D'EAU DU GABON



ELECTRICITE et EAU ■			ELECTRICITE●
LIBREVILLE	FRANCEVILLE	LECONI	LASTOURVILLE
PORT-GENTIL	MAKOKOU	NDENDE	FOUGAMOU
LAMBARENE	KOULAMOUTOU	OKONDJA	MITZIC
OYEM	TCHIBANGA	AKIENI	MINVOUL
MOUILA	GAMBA	MVENGUE	MIMONGO
BITAM	NTOUM	MOUNANA	
MOANDA	NDJOLE	MOYABI	

Δ FUTURS DISTRICTS

A - HYDRAULIQUE URBAINE

C'est par LIBREVILLE, en 1935, que l'alimentation en eau potable des zones urbaines du GABON a débuté par le captage de sources situées près de la ville et par l'exécution de trois forages, en 1953-1954, à des profondeurs variant de 150 à 200 mètres de profondeurs. Après l'Indépendance, la population ayant augmenté, en 1963-1964, on dut encore faire appel à d'autres forages pour satisfaire les besoins de la ville. C'est en 1964, compte tenu des difficultés de distribution d'eau que le projet de captage de la NZEME à NTOUM, situé à 42 km de LIBREVILLE, fut décidé. Le 28 Avril 1967 l'usine de traitement et les installations étaient officiellement inaugurées. Il y a eu plusieurs tranches successives pour faire face aux besoins de la ville et actuellement l'usine produit 65.000 m³/jour .

Après LIBREVILLE, c'est PORT-GENTIL qui s'est vu doter d'une adduction d'eau en 1950. D'abord alimentée par des batteries de puits à faible profondeur captant la nappe phréatique la ville de PORT-GENTIL à vu ensuite son alimentation en eau assurée par d'abord 8 forages entre 25 et 30 m, puis par 22 autres forages

La teneur en fer des forages étant devenue très forte (13-14 mg/l) et la production étant aussi insuffisante pour assurer l'alimentation en eau de l'agglomération, il a fallu se tourner vers un captage dans l'OGOUE à une trentaine de kilomètres de la ville à partir de 1979. Actuellement la production journalière d'eau est de 18500 m³.

Pour assurer un développement économique et social équilibré l'Etat a consenti de gros efforts pour donner de l'eau potable aux populations. C'est ainsi que depuis l'Indépendance 22 autres localités sont alimentées en eau potable, en dehors de LIBREVILLE et PORT-GENTIL. La production d'eau journalière dans ces agglomérations est de 18550 m³ environ.

.../...

	LOCALITE	Production journalière théorique (m ³)	Origine eau brute	Opérations de traitement	Ouvrages de traitement	Capacité de stockage château d'eau (m ³)	Longueurs et Diamètres des réseaux (m)
1	Libreville N'toum	68 000	RIVIERE MZEME	Coagulat. Désinf. Floculat. Décont. Filtrat. Neutral.	2 Pulsat. + 8 Filtrés 2 Superpulv. + 8 Filtrés	34 250	Ø 80 à Ø 800 Fonte L: 248 245 Ø 50 à Ø 250 PVC L: 70 775 Ø 60 à Ø 350 Amiantecim. L: 50 542
2	Port Gentil	18 600	FLEUVE OGOUE	— —	1 Pulsat. + 4 Filtrés 1 Superpulv. + 4 Filtrés	5 900	Ø 60 à Ø 500 Fonte L: 148 710 Ø 110 à Ø 315 PVC L: 6 210
3	Franceville	4 800	RIVIERE MPASSA	— —	1 Pulsat. + 4 Filtrés	2 660	Ø 80 à Ø 200 Fonte L: 36 327
4	Moundou	1 600	RIVIERE	— —	1 Statique + 2 Filtrés 1 Statique + Filtrés	1 220	Ø 80 à Ø 150 Fonte L: 16 500
5	Moumou	720	RIVIERE	— —	1 Stat. + 2 Filtrés fermés	1 100	Ø 100 à Ø 200 Fonte L: 12 063
6	Mvengue	720	RIVIERE	— —	1 Statique et 2 Filtrés fermés	1 260	Ø 100 à Ø 200 Fonte L: 14 385
7	Oyem	2 400	RIVIERE	— —	1 Statique et 4 Filtrés fermés	960	Ø 80 à Ø 200 Fonte L: 30 461
8	Bitom	360	RIVIERE	— —	1 Pulsat. + 3 Filtrés 1 Statique	170	Ø 80 Fonte L: 9 722
9	Lambaréné	720	FLEUVE OGOUE	— —	1 Statique et 2 Filtrés fermés	310	Ø 60 à Ø 100 L: 15 192
10	Makokou	360	RIVIERE IVINDO	— —	1 Statique et 2 Filtrés fermés	170	Ø 80 à Ø 150 Fonte L: 17 650
11	Ndjolé	480	RIVIERE	— —	1 Statique et 4 Filtrés fermés	200	Ø 80 Fonte L: 7 746
12	Gambo	240	FORAGES	Aération Floculat. Filtrat. Désinf. Neutralisat.	1 Statique + 1 Filtré fermé	160	Ø 80 Fonte L: 6 586
13	N'toum	—	—	—	—	—	Ø 100 à Ø 200 Fonte L: 10 437
14	Omboué	120	FORAGES	Aération Floculat. Décont. Filtrat. Désinf. Neutral.	1 Aérateur 1 Statique et 2 Filtrés fermés	160	Ø 80 Fonte L: 4 500
15	Cocobeach	120	FORAGES	— —	—	170	Ø 60 à Ø 100 Fonte L: 13 820
16	Mouila	1 200	RIVIERE NGOUNIE	(sans aération)	1 Statique et 2 Filtrés fermés	1 060	Ø 80 à Ø 200 Fonte L: 20 989
17	Tchibanga	2 400	SOURCE	— —	2 Filtrés fermés	410	Ø 80 à Ø 150 Fonte L: 22 019
18	Ndédé	240	LAC	Filtration simple Désinf. Neutral.	1 Statique et 2 Filtrés fermés	170	Ø 80 Fonte L: 6 743
19	Mayumba	120	FORAGES	— —	1 Aérateur 1 Statique et 2 Filtrés fermés	170	Ø 80 à Ø 100 Fonte L: 12 234
20	Koulamoutou	720	RIVIERE	— —	1 Pulsat. + 3 Filtrés fermés 1 Stat. + 2 Filtrés fermés	170	Ø 80 à Ø 100 Fonte L: 11 713
21	Lastourville	430	RIVIERE OGOUE	— —	1 Statique et 2 Filtrés fermés	420	Ø 80 à Ø 100 Fonte L: 9 200
22	Okondjo	240	RIVIERE	— —	1 Statique et 2 Filtrés fermés	170	Ø 80 Fonte L: 8 228
23	Akiér	240	RIVIERE	— —	—	170	Ø 80 à Ø 100 Fonte L: 6 350
24	Léconi	240	RIVIERE	Filtrés simples	—	170	Ø 80 Fonte L: 3 960

Jusqu'à présent l'eau produite au GABON provient des eaux de surface dont 19 localités en bénéficient, les eaux souterraines n'alimentant que 4. L'eau de source n'est utilisée que dans une seule localité.

Le fait d'utiliser des eaux de surface (19 centres) dans une très grande proportion demande la mise en place d'usines de traitement pour améliorer la qualité de l'eau distribuée.

B - HYDRAULIQUE RURALE

Les besoins en eau à usage domestique des communautés villageoises étaient assurés d'une manière naturelle par les eaux superficielles qui abondent sur tout le territoire gabonais.

Ce système d'alimentation en eau présente un grave inconvénient sur le plan sanitaire, car ces eaux de rivières et marigots sont généralement polluées bactériologiquement et provoquent donc des maladies surtout chez les enfants (diarrhées, bilharziose...).

La création des points d'eau sains est une nécessité de premier ordre, car elle constitue un facteur important pour le développement et le bien-être du monde rural, souci primordial du gouvernement gabonais.

La solution préconisée consiste à exploiter dans les villages les ressources en eau souterraine par des forages réalisés en petit diamètre et équipés de pompes manuelles ou à pied d'un fonctionnement simple.

Dans le souci de promouvoir un équipement hydraulique parfaitement adapté au contexte sociologique des zones rurales, le gouvernement gabonais a donc fait réaliser un inventaire systématique des villages, avec étude de leurs conditions actuelles d'approvisionnement et détermination de leurs besoins futurs, compte tenu évidemment de l'évolution prévisible de la population.

1 - Objectifs

Le Gabon comporte 9 Provinces, elles mêmes découpées en Départements, Cantons et Villages au nombre de 770 environ.

Le programme envisage en première tranche, d'alimenter 330 villages dont la population est sensiblement égale à 200 ; selon leur importance (dispensaire, école etc...) 1 ou 2 forages y sont réalisés.

2 - Consistance du Programme

Le déroulement des travaux est le suivant :

- Inventaire des villages et choix par les Autorités
- Etudes Hydrogéologiques et implantations des forages
- Exécution des forages
- Installation des pompes
- Assainissement et action sanitaire
- Maintenance.

Les études d'inventaire entreprises dès 1977 ont permis d'établir pour chacun des 560 villages visités un dossier récapitulatif des données sociologiques (population, équipements socio-culturels..), économiques (cultures et élevages...), les conditions d'approvisionnement en eau actuelles et les besoins futurs (50 l/jour par habitant).

Les conditions géologiques variées imposent dans tous les cas une étude préliminaire d'implantation faisant appel à 2 techniques complémentaires :

- la photo-interprétation et la géophysique électrique. Les résultats de la prospection ainsi que les prévisions pour les forages sont ensuite précisés sur un plan de situation au 1/10000 pour chaque village.

Les caractéristiques des travaux de foration sont évidemment différentes selon la nature des formations rencontrées. Généralement le rendement est de 12 forages par mois pour 2 Ateliers en opération.

.../...

3 - Avancement des travaux

L'inventaire des villages a été réalisé en 1977 et 1978.

Les études d'implantation ont commencé en Février 1981, puis les forages.

302 forages ont été exécutés dont 228 productifs (débit minimum à 700 l/h)

150 pompes ont été installées dans 125 villages, 3 Provinces sont ainsi achevées.

Parmi les difficultés rencontrées, il faut signaler :

- le nombre de forages improductifs dû essentiellement à la présence sur 80 % du territoire du socle granito-gneissique compact
- les problèmes de transport par voie fluviale et lagunaire
- les prestations de la pompe choisie (pompe apte au désamorçage)
- la non potabilité chimique de certaines eaux.

4 - Maintenance

La pompe qui équipe les forages a été choisie pour sa facilité de mise en oeuvre et son faible coût de fonctionnement.

La maintenance, dans le cadre du présent programme a été confiée, pour une durée de 5 ans à l'entreprise locale chargée de la pose des pompes ; cette entreprise s'engageant à intervenir dans un délai de 10 jours suivant le signalement de la panne.

5 - Impact sur les populations

La campagne de sensibilisation est effectuée par le Département de l'Education Populaire en accord avec le Ministère de l'Energie et des Ressources Hydrauliques. L'animation comporte des causeries sur les avantages de l'eau potable ainsi que les explications sommaires sur le fonctionnement de la pompe. Des films sont projetés et de la documentation distribuée.

Dans les 2 Provinces où les pompes ont été installées, il n'a été observé aucune réticence des villageois pour l'utilisation de cette nouvelle ressource, en concurrence avec les points d'eau traditionnels.

C - HYDRAULIQUE AGRICOLE ET PASTORALE

L'utilisation de l'eau en grande quantité pour les besoins des cultures n'est pas encore très développée au GABON. En effet, il pleut abondamment et par ailleurs, il n'a pas encore été lancé une agriculture des grands espaces. Cependant il existe actuellement quelques complexes qui ont besoin d'irrigation et d'arrosage en saison sèche :

- les plantations de cannes à sucre et d'ananas de la Société Sucrière du HAUT-OGOOUE (SOSUHO)
- la bananeraie de NTOUM située à une cinquantaine de kilomètre de LIBREVILLE
- les maraîchers pour l'arrosage des légumes.

En ce qui concerne l'hydraulique pastorale, le cheptel du GABON n'est pas encore très important, si bien que les besoins en eau du bétail sont faibles. Mais dans un proche avenir ces besoins deviendront assez importants, le Gouvernement ayant décidé de mettre en place deux ranchs au Sud du GABON.

Les quantités d'eau utilisées pour l'irrigation et l'arrosage ne sont pas connues.

D - ASSAINISSEMENT

Comme dans tous les Etats membres le problème de l'assainissement se pose au GABON.

Actuellement il n'y a que PORT-GENTIL qui est dotée d'un réseau d'assainissement mis en place en 1982. Il se compose de canaux à ciel ouvert pour l'évacuation des eaux pluviales.

En ce qui concerne LIBREVILLE, le problème de son assainissement se pose avec une grande acuité. En effet, la ville de LIBREVILLE s'est développée très rapidement si bien que beaucoup d'exutoires naturels n'existent plus créant de nombreuses zones d'insa-

lubrité. Cette situation n'a pas échappé aux préoccupations des Autorités qui depuis 1972 ont lancé une étude, sur l'assainissement de LIBREVILLE. Cette étude, terminée en 1976, vient d'être réactualisée en 1983. Mais compte du coût très onéreux pour la réalisation de ce projet, il faut un certain temps avant de trouver un financement.

Il faut cependant signaler à LIBREVILLE un embryon d'assainissement dans deux lotissements initiés par le Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme. Pour les eaux pluviales il s'agit de canaux qui les déversent dans les cours d'eau se trouvant à proximité des lotissements. En ce qui concerne les eaux usées (eaux ménagères et eaux vannes), chaque habitation a un branchement qui conduit à un réseau principal dont les conduites sont en polychlorure de vinyle de 160 mm de diamètre. Ce réseau comporte des stations de traitement.

E - HYDROELECTRICITE

Le GABON a un réseau hydrographique très dense qui a des potentialités hydroélectriques très importantes.

Région de LIBREVILLE

L'utilisation de l'hydroélectricité a démarré en 1972 par la mise en service de l'Aménagement hydroélectrique de KINGUELE pour l'alimentation en électricité de LIBREVILLE. C'est sur la MBEI, affluent du KOMO, qu'est située l'usine. Au début celle-ci avait une puissance installée de 24 MVA sous 100 mètres de chute avec deux groupes. En 1978 ont été installés deux autres groupes totalisant 48 MVA de puissance et portant le débit de l'équipement de KINGUELE à 60 M³/s pour une réserve d'eau de 164 000 m³.

Les demandes en électricité de LIBREVILLE s'accroissant à un rythme rapide c'est l'Aménagement hydroélectrique de TCHIMBELE sur la MBEI en amont de KINGUELE qui a dû être réalisé. Mis en service en 1980, il est équipé de 3 groupes de 28 MVA avec une réserve d'eau de 203 millions de m³.

Région du HAUT-OGOOUE

Pour faire face aux besoins de la région, où sont implantées deux grandes sociétés minières, il a été décidé de réaliser l'Aménagement hydroélectrique de POUBARA sur l'OGOOUE. Inauguré en 1975, il a une puissance installée de 4 x 5,8 MVA pour un débit équipé de 54 m³/s.

Ce complexe sera renforcé par la réalisation d'une deuxième tranche ayant la même puissance installée et le même débit équipé.

Dans le Nord du GABON, à OYEM, un petit aménagement hydroélectrique, a fourni, pendant plusieurs années, l'énergie dont avait besoin la ville

Autres possibilités hydroélectriques

En dehors des aménagements cités plus haut le GABON possède encore d'autres potentialités sur l'OGOOUE et ses affluents l'IVINDO et la NGOUNIE (Chutes de l'Impératrice), sur la NYANGA et dans d'autres cours d'eau.

Un programme de réalisations de 6 microcentrales utilisant des chutes de cours d'eau moyens va prochainement démarrer.

III - PERSPECTIVES D'AVENIR

Hydraulique urbaine

Actuellement il y a 26 localités qui bénéficient de l'eau potable au GABON. Il resterait 20 centres à équiper d'une adduction d'eau. Deux projets qui ont déjà démarré vont permettre l'alimentation en eau de ces centres avant 1988.

Parallèlement aux travaux dans les centres non encore équipés, il y aura des extensions des réseaux et des recherches de moyens plus importants d'approvisionnement en eau, notamment à LIBREVILLE et à PORT-GENTIL qui ne cessent de s'accroître.

.../...

Hydraulique rurale

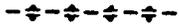
La première tranche des travaux du Programme d'Hydraulique Villageoise intéresse 330 villages et 550 forages environ. Le GABON ayant à peu près 600 villages il resterait environ 270 villages à équiper de pompes.

La première tranche de travaux doit se terminer en 1985. D'ores et déjà il faut penser à la deuxième tranche pour laquelle il serait à rechercher un financement, la première ayant été entièrement financée par l'Etat.

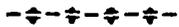
Hydraulique agricole et pastorale

Pour les projets à venir il faut inclure l'approvisionnement en eau. Actuellement pour les complexes existants c'est l'eau de surface qui est utilisée, mais il n'est pas exclu d'avoir recours aux eaux souterraines dans la mesure où on note une prolongation nette de la saison sèche depuis plusieurs années.

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL



DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE
ET DE L'EQUIPEMENT RURAL



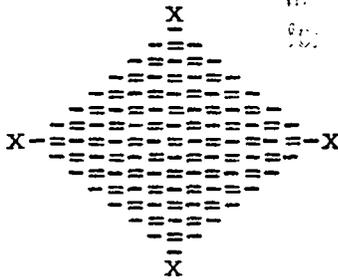
REPUBLIQUE DE HAUTE-VOLTA
Unité - Travail - Justice



LI-) APPORT A PRESENTER AU
12° CONSEIL DES MINISTRES DU
C.I.E.H. A YAOUNDE

(DU 20 AU 26 FEVRIER 1984)

4806
Ministère de l'Énergie et de l'Équipement Rural
pour l'Approvisionnement Rural en Eau et Énergie



O M M A I R E
-♦-♦-♦-00-♦-♦-♦-

I/- INTRODUCTION

- 1.1.- Présentation de la Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural.
- 1.2.- Présentation de l'Office National des Barrages et de l'Irrigation.
- 1.3.- Présentation de l'Autorité des Vallées des Voltas
- 1.4.- Présentation de l'Institut Voltaïque de la Recherche Scientifique et Zootechnique.
- 1.5.- Présentation de la Direction de la Météorologie Nationale.
- 1.6.- Présentation de la Direction Générale des Travaux Publics et de l'Urbanisme.
- 1.7.- Présentation des Services de la Santé.

II/- ANNEXES

- 2.1.- Activités de l'H.E.R.
- 2.2.- Activités de l'O.N.B.I.
- 2.3.- Activités de l'A.V.V.
- 2.4.- Activités de l'I.V.R.A.Z.
- 2.5.- Activités de la Santé
- 2.6.- Activités de la Météorologie.

-:-:-:-:-:-:-:-:-

I/- INTRODUCTION

1.1.- Présentation de la Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural (D.HER)

La Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural de par ses attributions est le Service étatique qui supervise tous les problèmes relatifs à l'eau en Haute-Volta. Elle est chargée particulièrement :

- des études hydrologiques, hydrométriques et hydrogéologiques nécessaires à la connaissance des ressources hydriques du Pays.
- des études nécessaires à la détermination d'une politique de développement des ressources hydriques et des équipements correspondants.
- de la préparation des Programmes Nationaux de mise en valeur des ressources hydriques tant pour les besoins domestiques, agro-pastoraux qu'énergétiques d'une part, et d'autre part d'équipement du milieu rural.
- de la conception, de la préparation, du contrôle, de l'évaluation et de l'exécution de programmes d'infrastructures dans le domaine de l'eau.
- de la coordination de toutes les activités en matière de ressources en eau.
- de l'élaboration des textes législatifs et réglementaires régissant l'utilisation des ressources en eau.

Elle participe également :

- à la recherche et à l'expérimentation directement ou indirectement dans le secteur de l'eau, du froid, du machinisme agricole et des énergies renouvelables (éolienne, solaire, biogaz).
- à la définition et à l'élaboration des programmes nationaux de recherche.
- à l'orientation, à l'élaboration et à la coordination des programmes d'enseignement.
- à la protection de l'économie rurale, notamment dans les domaines de l'utilisation des eaux et des équipements correspondants.

La Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural comprend les Services suivants :

- . Le Service des Eaux Souterraines
- . Le Service de l'Hydraulique Urbaine et Industrielle
- . Le Service de l'Hydraulique et du Machinisme Agricoles
- . Le Service de l'Hydrologie
- . Le Service des Constructions Rurales et des Energies
- . Le Service Administratif et Comptable.

(Voire les activités de quelques Services Techniques en Annexe 1).

1.2.- Présentation de l'Office National des Barrages et de l'Irrigation (O.N.B.I.)

La création de l'O.N.B.I. en 1976 a été motivée par la dramatique sécheresse des années 1973 et 1974. C'est donc un Etablissement Public à caractère industriel et commercial. Ce Service spécialisé de l'H.E.R. est un outil privilégié de mise en oeuvre de la Politique Gouvernementale en matière de barrage et de développement des aménagements hydro-agricoles. (Voire Annexe 2).

1.3.- Présentation de l'Autorité des Aménagements des Vallées des Voltas (A.V.V.)

L'A.V.V., créée en Septembre 1974 est chargée par le Gouvernement de mettre en valeur les zones libérées de l'Onchocose par une recolonisation des différentes vallées qui représentent en fait 1/10ème du Territoire National. Ce déplacement de la population implique une politique rigoureuse en matière d'hydraulique villageoise quant à la satisfaction en eau des besoins de la population. Pour ce faire, les normes actuelles de l'A.V.V. sur le nombre de points d'eau tient compte des normes nationales, des potentialités d'exhaure et de la nature des réalisations (Puits ou Forages) (Voire Annexe 3).

1.4.- Présentation de l'Institut Voltaïque de la Recherche Agronomique et Zootechnique (I.V.R.A.Z.)

Les conditions pédoclimatiques qui prévalent sur la quasi totalité du Territoire Voltaïque sont telles que l'alimentation hydrique des cultures sèches est et demeure l'un des facteurs limitant de leur production.

C'est pourquoi l'I.V.R.A.Z. prépare actuellement la mise en place d'un important programme de recherche sur l'économie de l'eau. Ce programme devra être exécuté en collaboration avec différents Instituts relevant de l'I.V.R.A.Z., dans les Stations de recherche du pays d'une part et dans les points d'appui et villages tests d'autre part.

Ce programme de recherche concerne deux niveaux :

- Les cultures sèches
- Les cultures irriguées.

(Voire Annexe 4).

1.5.- Présentation des Travaux Publics et de l'Urbanisme

Ce Service est particulièrement intéressé par les activités de l'hydraulique parce que de par sa vocation, il travaille avec les données hydrologiques soit dans les travaux de routes soit dans le cadre de l'assainissement des villes. Dans ce dernier cas, la Direction Générale de l'Urbanisme a entrepris l'élaboration des schémas directeurs d'aménagement et d'urbanisme des principales villes du pays. Ce travail devra s'étendre à tous les Chefs-lieux de Provinces d'ici l'An 1990.

1.6.- Présentation des Services de la Santé

De par l'intensification des activités hydrauliques dans le milieu rural il est certain que nous travaillerons à reprendre davantage les maladies Hydriques si des mesures d'accompagnement ne sont pas prise dans le domaine de la santé. Aussi nous avons décidé au niveau national d'associer désormais le Volet Santé à tous les Programme d'Hydraulique Villageoise (Voire Annexe 5).

1.7.- Présentation de la Direction de la Météorologie Service Agrométéorologique.

Pendant longtemps les activités de la Météorologie qui était confiée à l'ASECNA se sont limitées à la protection de la navigation aérienne. Ce n'est qu'en 1972 qu'il a été créé une Direction de la Météorologie Nationale qui est à même de fournir des données exploitables par les Services Techniques (Voire Annexe 6).

II/- ANNEXES

2.1.- Activités de l'H.E.R.

2.1.1.- Le Service des Eaux Souterraines

Les attributions du Service des Eaux Souterraines sont définies par l'Arrêté N° 56/DR/HER du 6 Octobre 1981 (Titre II - Article 7).

Ainsi il a été confié à ce Service les travaux de recherche hydrogéologique et l'exploitation des eaux souterraines.

Au niveau de la programmation, le Service des Eaux Souterraines a pour tâche d'élaborer les Projets d'Hydraulique Rurale et Pastorale après examen des besoins en eau dans les villages et les moyens disponibles pour la mise en oeuvre. En collaboration avec les Organismes Gouvernementaux ou Non-Gouvernementaux, il étudie les dossiers d'Appel d'Offres pour la réalisation des points d'eau. Ce Service assure également le contrôle et la coordination des activités des Services Départementaux de la Direction, les Entreprises Privées dans le domaine des eaux souterraines.

Dans tous les cas, la planification des travaux est guidée par des enquêtes et des études hydrogéologiques.

L'inventaire des points d'eau, au début des Projets d'Hydraulique Rurale ou Pastorale, fournit des renseignements sur les besoins en eau à satisfaire, les conditions hydrogéologiques des aquifères et ensuite la conception des forages à exécuter. Ces renseignements sont par la suite classés et conservés dans le fichier des points d'eau pour le besoin des études ultérieures. A l'heure actuelle, devant le nombre croissant des points d'eau inventoriés, l'utilisation d'un support informatique s'avère impérative pour une saine information et la recherche rapide des données.

Au cours de la campagne de forages, l'implantation des sites est basée sur la photo-interprétation et la prospection géophysique.

Sur le terrain, trois Ateliers de forages, gérés par le Service des Eaux Souterraines, participent aux Projets d'Hydraulique Villageoise avec deux Entreprises Privées.

Les statistiques relatives à l'exécution de tous les travaux de puits et de forages seront par la suite traitées, à l'aide de l'informatique, pour la synthèse finale et des études hydrogéologiques sur de grandes étendues.

Actuellement le Service des Eaux Souterraines entreprend l'étude du bilan d'eau en Haute-Volta. L'objectif primaire de ce projet sera d'acquérir des connaissances sur les conditions d'alimentations, l'étendue et l'importance de la fluctuation piézométrique de différents types d'aquifères. Un réseau piézométrique sera installé sur tout le Territoire National pour l'acquisition des données nécessaires sur l'état des nappes.

Cette étude du bilan d'eau devrait aboutir à l'établissement d'un plan directeur pour la mise en valeur et la gestion rationnelle des ressources en eau.

En matière de législation dont le Décret N° 83-0022/CSP/PM/DR portant sur le Code de l'Eau avait été approuvé le 1er Avril 1983, le Service des Eaux Souterraines est appelé à donner son avis technique et collaborer avec les différents Organismes pour l'élaboration des décrets d'application.

Dans le souci d'approvisionner la population en eau potable de bonne qualité, le Service des Eaux Souterraines contrôle l'évolution chimique et bactériologique des points d'eau par son Laboratoire de Chimie. Des normes de potabilité, propres à la Haute-Volta devraient être établies pour éliminer les points d'eau (de surface ou souterrains) présentant des risques pour la santé. Des zones vulnérables à la pollution (chimique ou organiques) seront délimitées pour éviter toutes utilisations éventuelles.

Au niveau des Etudes

- Utilisation des différentes méthodes géophysiques
- Problème de la qualité des eaux - Normes OMS

Au niveau des Projets

- Le problème des moyens d'exhaure
 - . Type de pompe
 - . Entretien des pompes
 - . Evaluation de l'impact des projets. Ex.: Programme CEAO dans le Département du Centre par le CIEH.

.../...

EVALUATION DU NOMBRE DE POINTS D'EAU EN COURS DE REALISATION

(150) : Nombre total prévu dans le Projet mais en partie exécuté

83 : Nombre restant à exécuter.

DEPARTEMENTS (Ancienne appellation)	Chef-lieux	Nature des Ouvrages		Source de Finance- ment	Nature de Finance- ment	Coût du Projet en Millions de F.CFA	Travaux exécutés	
		Puits	Forages				en Régio	à l'Entre- prise
CENTRE	Ouagadougou	-	320	C.E.A.O.- C.C.C.E.	Subvention	1.250	-	x
CENTRE-EST	Tenkodogo	-	30	UNICEF	Subven- tion	135	-	x
CENTRE-GUEST	Koudougou	400		F.D.R. R.P.C. CEAO/CCCE	Prêt Subv. Subv.	1.060	x x	x
HAUTS-BASSINS	Bobo- Dioulasso	(150) 83	(160) 82	US-AID	Subv.	1.500	x	-
NORD	Guahigouya	(150) 123	(230) 185	F.E.D.	Subv.	1.540,5	x	
SAHEL	Dori	-	153	F.A.C.	Subv.	685	-	x
SUD-GUEST	Gaoua	(150) 83	(160) 82	US-AID	Subv.	1.500	x	
VOLTA-NOIRE	Dédougou	(480) 267	170	Pays-Bas (367) BOAD (70)	Subv. Prêt	770	x	-
CCMCE	Banfara	(115) 116	(210) 190	F.E.D.				
T O T A U X	9	1.066	1.212	Soit un total général de = 2.278				

2.1.2.- Le Bureau des Energies Renouvelables

2.1.2.1.- Présentation du Secteur d'Activités

Le Service des Constructions Rurales et Energies (C.R.E.) par le canal de son bureau des Energies Renouvelables est chargé de l'application des Energies Renouvelables au développement du monde rural. Un aspect de ses activités est l'exploitation des ressources hydrauliques par voie d'énergies alternatives.

A cet effet, un certain nombre de stations de pompage solaires ont été installées sur l'étendue du Territoire. Ces stations sont de deux types : photovoltaïque et thermodynamique.

Les pompes thermodynamiques ont constitué la première génération. Des mesures d'accompagnement inadaptées qui ont entouré leur implantation d'une part et des charges de maintenance extrêmement élevées d'autre part ont milité en faveur d'un échec de cette filière. La presque totalité de la dizaine d'installations est tombée en panne très rapidement.

La deuxième génération de stations de pompage, par la filière photovoltaïque présente de façon générale une plus grande satisfaction au niveau de la fiabilité. Ces générateurs posent peu de problèmes.

2.1.2.2.- Difficultés rencontrées

2.1.2.2.1.- Insertion sociale

L'échec de l'expérience des stations de pompage thermodynamiques a fait naître une certaine suspicion à l'égard des équipements énergies renouvelables, du moins au niveau des pompes de la gamme de 1 kw. Mais ce problème sera résolu par l'association intime des populations locales aux différentes tâches des Projets.

2.1.2.2.2.- Coût du matériel

Le coût du matériel, tant en photovoltaïque qu'en thermodynamique est un facteur limitant quant au développement ultérieur de ces filières. Par exemple, une pompe solaire ALTA XF 1300/30 coûte plus de 12 millions de francs CFA non compris les frais d'emballage, de transport, de génie civil, de main-d'oeuvre etc...

C'est pourquoi les petites pompes à motricité humaine représentent à l'heure actuelle de concurrents très sérieux. Il faudra d'ailleurs reconnaître que ces dernières convainquent plus les organismes financiers que les premières. Ceci est d'autant plus prévisible que les équipements en milieu rural devraient être pris en charge par les populations bénéficiaires.

Cependant, avec le passage des produits du stade semi-développé au stade de fabrication industrielle, les prix devraient considérablement baisser.

En outre la mise sur pied d'unités régionales de fabrication dans les régions d'implantation devrait également contribuer à une baisse de prix et une plus grande maîtrise des circuits de fabrication.

2.1.2.2.3.- Problèmes de personnel et de logistique

L'insuffisance du personnel formé pour les tâches en énergies renouvelables se fait sentir sur le développement de ce secteur. En plus, le matériel de mesure et de contrôle manque souvent.

2.1.2.2.4.- Maturité technologique

Il a été dit plus haut que les pompes thermodynamiques SOFRETES ont été lancées sur le terrain sans être technologiquement mûres. Même les pompes photovoltaïques présentent le plus souvent les caractéristiques très en deçà des valeurs indiquées par le constructeur.

Il est donc nécessaire à chaque fois de tester ce matériel et de réajuster ces caractéristiques.

Des informations précises sur les éoliennes multipales et les aérogénérateurs ne sont pas disponibles car ces dispositifs sont installés çà et là de façon anarchique.

2.1.2.3.- Etudes en cours

Une démonstration sur ces possibilités d'utilisation de l'énergie solaire pour la satisfaction des tâches ordinaires en zone rurale est en cours à TANGAYE. Mise sur pied en début 1979, elle a présenté des résultats de fiabilité et d'efficacité évidents, malgré les difficultés récemment rencontrées. Une de ces tâches est justement l'exhaure de l'eau d'un puits par une pompe couplée à un moteur électrique alimenté par un générateur photovoltaïque de 3,6 kw. Cette démonstration est faite en collaboration avec la NASA/Le R.C. et l'US-AID.

Les possibilités d'irrigations de petits périmètres (8 ha) par voie d'énergie solaire seront examinées avec le projet d'installation d'une pompe de 5 kw à BOURZENGA. L'Institut Voltaïque de l'Energie est chargé du suivi scientifique du projet.

2.1.2.4.- Etudes en projet

- Recherches appliquées sur les équipements Energies Renouvelables en vue de développer les produits partiellement mûrs.

- Etablissement d'une base de données solide sur le gisement solaire (solaire proprement parlé, éolien, biomasse etc...).

2.1.3.- L'Hydrologie

Le Service de l'Hydrologie est chargé de l'inventaire et de l'étude des ressources en eau de surface du pays.

2.1.3.1.- Ses attributions sont :

- l'aménagement, la gestion et l'exploitation du réseau hydrométrique national y compris les campagnes d'observations hydrologiques dans les barrages, les bas-fonds, les plaines et les sources.

- exécuter ou de faire exécuter sous son contrôle, les études hydrologiques nécessaires pour l'élaboration des projets spécifiques faisant appel aux eaux de surface.

- de mener des études hydrométéorologiques en relation avec les Services de la Direction de la Météorologie Nationale.
- de mener en collaboration avec le Laboratoire d'Analyse des eaux de la Direction de l'HER, des mesures portant sur la qualité physico-chimique des eaux de surface.

Il dispose pour ce faire d'un Bureau d'Hydrométrie composé de 6 brigades hydrologiques et d'un bureau d'études.

Le Service contrôle et exploite un réseau hydrométrique de base constitué de 57 stations limnimétriques et limnigraphiques, et d'un certain nombre de stations - Projets à durée déterminée.

Les travaux menés en ce moment par le Service se résument en :

- travaux de terrain consistant à la mesure de niveau d'eau, aux jaugeages des cours d'eau et à des nivellements de calage et d'installation des appareils.
- travaux de bureau : dépouillements des données de mesures (limnigrammes, jaugeages) :
 - . révision des données en vue d'améliorer leur qualité
 - . analyse et interprétations sommaires des données sanctionnées par des rapports de synthèse ou d'études.

2.1.3.2.- Problèmes posés ou à venir

Avec le développement certain des programmes d'aménagement hydraulique, les demandes en matière d'informations hydrologiques se font de plus en plus précises.

Ainsi, il est demandé en particulier de développer des études hydrologiques au niveau de petits bassins. En complément des méthodes indirectes d'estimation de certains paramètres nécessaires à la réalisation de petits ouvrages hydrauliques (crues, apports...), il apparaît nécessaire que les observations hydrologiques puissent couvrir le territoire selon la division en zones hydrologiques (selon les facteurs : climat, relief, géologie et végétation) afin de permettre une amélioration progressive des différentes formules utilisées en ce moment en Haute-Volta (pour les régions où il n'existe pas de mesures).

Dans un proche avenir, le Service envisage aussi suivre certains barrages en terre et il sera nécessaire que les résultats de mesures puissent être exploités pour la mise en place d'une méthodologie de suivi ou d'estimation des paramètres essentiels dans ce domaine (Application Programme AGRHYMET).

En plus du rôle de collecte et de diffusion de l'information hydrologique, le Service de l'Hydrologie a de plus en plus des tâches d'évaluation de dossiers (études hydrologiques) à la demande des Services d'aménagement (VOLTELEC, ONE, HMA, ONBI). Le Service doit se donner les moyens pour conduire pleinement ces analyses.

2.1.3.3.- Etudes et activités en cours

- Exploitation du réseau hydrométrique de base (57 stations actuellement) avec l'appui OMM/AGRHYMET.

- Traitement des données hydrométriques : dépouillement informatique des jaugeages et calcul des débits moyens journaliers (AGRHYMET et CIEH).

- Publication et diffusion des données : Bulletin Hydrologique Mensuel, Rapport de synthèse annuelle de l'écoulement, Annuaire Hydrologique (AGRHYMET).

- Campagnes de mesures pour aménagement hydraulique de bassins (barrages hydro-agricole de LIPTOUGOU, barrage hydro-électrique de la KOMPIENGA, aménagement des plaines de NIENA-DIONKELE) : mesure des paramètres hydrométéorologiques (pluie, évaporation, écoulement). Collaboration avec VOLTELEC, ONBI, ORSTOM.

- Etude du ruissellement et de l'érosion sur parcelles expérimentales (1.500 m²) et sur petits bassins versants (5 - 20 km²) Sirgui, Imiga. Collaboration avec Service HMA/FDR.

- Installation d'équipements de télétransmission et de réception des données hydrologiques sur les affluents du NIGER (Projet HYDRONIGER/OMM).

- Expérience de pluie provoquée en Mai - Juillet 1983 : suivi au sol de la pluviométrie par un réseau dense de postes d'observation, analyse à temps après chaque averse pour guider les opérations d'ensemencement, rapport de synthèse : appui scientifique du CIEH.

- Analyse de données hydrologiques

. Sur la Volta Noire en liaison avec la sécheresse 1983 et les problèmes du Sourou.

. Pour l'inventaire des ressources pour l'alimentation en eau potable de Ouagadougou; les études portent sur la Volta Noire (Ténado - Koudougou), la Volta Blanche, les réservoirs de OUAGADOUGOU et LOUMBILA.

- Inventaire des sources existantes.

2.1.3.4.- Etudes en projet

2.1.3.4.1.- Hydrographie

- Préparation d'une carte précise du chevelu hydrographique de Haute-Volta.

- Délimitation des bassins et sous-bassins versants

- Préparation d'un répertoire officiel des superficies des bassins versants de Haute-Volta.

Le calcul des superficies des bassins versants devra se faire avec un équipement spécial à acquérir pour la saisie des contours des bassins versants sur support traitable par informatique.

2.1.3.4.2.- Hydrométrie

a)- Equipement

. Acquisition d'un équipement pour le dépouillement automatique des enregistrements - papier limnigraphiques.

. Recherche et essai d'appareils enregistreurs, codeurs et télétransmetteurs, en vue de la saisie automatique des hauteurs d'eau sur support traitable.

b)- Réseau

- Rationalisation du réseau hydrométrique
 - . de base
 - . des projets en concertation avec d'autres services techniques (Volta Noire, Vallée du Kou etc...).
- Complément du réseau pluviométrique national en relation avec le réseau hydrométrique pour améliorer la connaissance des hauteurs de précipitation par bassin.
- Extension du réseau sur petits bassins et barrage existants.

2.1.3.4.3.- Traitement des données primaires

Poursuite de mise au point de logiciels pour dépouillement des jaugeages, calcul des courbes d'étalonnage, traduction des hauteurs d'eau en débits, tabulation (traitement de l'annuaire) travaux déjà engagés avec CIEH. Création de fichier par station sur toute la série chronologique, tabulation des débits moyens mensuels et annuels.

2.1.3.4.4.- Analyse statique des données

- Mise au point (ou acquisition) de logiciels :
- pour traitement statistique des données : analyse de fréquences, corrélation, régression.
 - pour cartographe des paramètres hydrométéo (isolignes).

2.1.3.4.5.- Hydrologie analytique

Interprétation des données pluviométriques et hydrométriques :

- calcul des lames d'eau de pluie et d'écoulement par bassin (échelle annuelle).
- relation pluie - débit à l'échelle des crues : interprétation des données recueillies sur petits bassins versants.

2.1.4.- L'H.M.A.

Dans les attributions du service de l'Hydraulique et Machinisme Agricole (H.M.A.) définies par l'arrêté N° 056/DR/HER du 06 Octobre 1981 portant attribution et organisation de la Direction de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural (H.E.R.) il y a entre autres :

- la charge des études générales ou de leur suivi dans le domaine des aménagements hydro-agricoles
- la définition, en contribution, des programmes d'utilisation des eaux à des fins agricoles ;
- la définition des programmes de défense et de restauration des sols; l'étude ou le contrôle de l'étude et l'exécution de ces programmes ;
- la participation à la recherche, à l'expérimentation et à la vulgarisation concernant l'Hydraulique et le Machinisme Agricole en liaison avec les institutions existantes.

A ce titre, le service Hydraulique et Machinisme Agricole participe à la conception et à la supervision du programme des aménagements hydro-agricoles du Fonds de Développement Rural (FDR). Ces aménagements hydro-agricoles consistent en la réalisation de :

- Sites anti-érosifs (AE) : bourrelets de terre d'environ 50 cm de haut implantés sur des courbes de niveau ayant une dénivellée comprise entre 0,30 m et 0,70 m; ils ont pour but de freiner le ruissellement, de favoriser une infiltration maximum tout en évacuant les excédents d'eau, et de permettre ainsi de lutter contre l'érosion pluviale.

- Bas-fonds (BF) : même dispositif que ci-dessus avec cependant une dénivellée de 0,15 m et des ailes constituant des déversoirs. Le but de ces aménagements est de permettre la culture du riz pluvial sous les isohyètes inférieures à 1000 mm par la rétention d'eau pour les besoins du cycle du riz. Les rendements moyens sont de 1500 kg/ha ;

- Bas-fonds Améliorés (BFA) : ces aménagements consistent à réaliser à l'amont d'un B.F. classique une retenue d'eau qui permettra une irrigation d'appoint aux périodes de rupture de pluies supérieures à 10 jours. Les rendements escomptés sont alors supérieurs ou égaux à 3 T/ha.

Dans l'exécution de ces tâches l'HMA collabore avec la Direction du Fonds de Développement Rural (F.D.R.) qui s'occupe de la gestion des fonds du programme, du suivi et de l'évaluation des programmes et participe en outre à l'élaboration des programmes. Le deuxième partenaire de l'HMA dans la conduite du programme d'aménagements est l'Organisme Régional de Développement (O.R.D.). En effet, les programmes étant conduits dans les ORD, il leur revient l'exécution, le suivi et l'entretien des aménagements.

A ce jour, le programme F.D.R. a réalisé 30.177 ha d'A.F., 2298 ha de B.F classiques et 155 ha de B.F.A dont 36 ha estimés.

1)- Problèmes posés par les Aménagements Hydro-Agricole

a)- Anti-Erosifs

Au niveau de la lutte contre l'érosion pluviale, des études sur parcelles expérimentales faites par des Organismes tels que le Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.) ont permis de dégager des coefficients de ruissellement et des quantités de terre érodée pour la Haute-Volta; et s'il est aisé de se convaincre de l'action anti-érosive des sites AE, il n'en demeure pas moins que des chiffres ne viennent pas asseoir cette conviction. Aussi la question suivante nous vient à l'esprit : dans quelle proportion varient les quantités de terre érodée sur un bassin versant du type sahélien avant et après l'aménagement d'un site anti-érosif.

b)- Bas-Fonds

Les problèmes rencontrés lors de l'aménagement d'un B.F. sont nombreux. Depuis un certain nombre d'années la tendance dans l'aménagement des B.F est à la baisse. Indépendamment du fait que, dans certaines zones, la pluviométrie est insuffisante pour la culture du riz pluviale, il ressort des observations et des discussions que les agriculteurs sont quelquefois déroutés par l'aménagement des BF du fait des échecs enregistrés sur certains d'eux. Ces échecs sont en partie dûs à la mauvaise confection des bourrelets (manque de compactage, mauvaise taille des ailes évacuateurs des excédents d'eau) qui cèdent à la première crue importante, mais aussi

à la difficulté de bien définir la crue décennale qui permet le dimensionnement des ouvrages. En effet la méthode utilisée pour le calcul de la crue décennale est celle préconisée par la "Note sur le dimensionnement des ouvrages évacuateurs de crues en Afrique de l'Ouest sahélienne ou tropicale" de Grésillon, Herter et Lahaye.

Le constat est que les ouvrages mis en place sont emportés sur certains BF encaissés du Sud de la Haute-Volta cependant ceux des BF du plateau mossi dimensionnés dans le sens de la sécurité laissent échapper l'essentiel des petites crues. Aussi la question qui se pose, est-elle de trouver un dispositif régulateur d'aménagement qui tienne compte de la crue décennale et des petites crues plus fréquentes.

c)- Bas-Fonds Améliorés

La section BFA relève du service HMA, lui-même de l'HER. Elle dépend administrativement de l'H.E.R., mais est prise en charge financièrement par le Fonds de Développement Rural (F.D.R.), financement des projets par l'achat des engins de terrassement, véhicules de liaison, carburant, indemnités etc....

Cependant cette section rencontre une série de problèmes qui sont restés sans solution jusqu'à présent :

Sur le plan technique, beaucoup d'éléments manquent et nous avons d'énormes difficultés dans l'appréciation objective des éléments que nous utilisons dans nos calculs :

- Il y a le coefficient de ruissellement K_r permettant d'évaluer les apports pluviométriques annuels, et qui dépend de plusieurs facteurs : pente, couvert végétal, perméabilité etc...; à notre niveau, il est impossible d'avoir la valeur de ce coefficient à titre d'abague. Seul le Technicien projeteur l'apprécie en faisant valoir sa propre initiative par les observations qu'il fait sur le terrain. Or une erreur d'estimation du K_r peut entraîner également des erreurs dans le choix et le dimensionnement des ouvrages selon l'importance des apports.

- Choix des matériaux de remblais

Bien que les ouvrages au niveau des BFA soient de volume réduit, il est toujours nécessaire de connaître à juste titre, la pédologie du sol au lieu des ouvrages, la structure des matériaux à utiliser pour les remblais. Là aussi, nous sommes abandonnés à nous-mêmes pour le choix des matériaux; chose que nous faisons sur la base des observations faites sur le terrain, ce qui est loin d'avoir un caractère objectif.

- Sur le plan de la connaissance du coefficient de filtration.

Il avait été entamé des expériences sur un de nos bas-fonds en l'occurrence Imiga (S/P Zorgho) et qui avaient pour objectif essentiel de connaître l'importance des fluctuations du plan d'eau aussi bien à l'amont qu'à l'aval. Il avait été installé pour cela, des piézomètres de l'amont vers l'aval. Là aussi il était nécessaire de faire des relevés de niveau d'eau dans les piézomètres, d'une façon régulière, si toutefois on aspire à des résultats objectifs. Il fallait un encadreur sur place et qui soit expérimenté, le mettre dans de bonnes conditions qui nous manquent malheureusement. L'opération a été abandonnée car l'Ingénieur responsable est parti pour un stage en Europe.

- Pour le dimensionnement des ouvrages.

Nous utilisons les procédés des abaques de M. Grésillon. Nous avons pas mal de problèmes dans le choix de la pente et de la perméabilité. Le plus souvent, les courbes de niveau ne permettent pas d'avoir une idée sur la pente du bassin versant (B.V). On est alors obligé de prendre la pente du B.V. d'un barrage déjà dans les lieux; au cas échéant on prend la pente de la cuvette.

Les données des abaques varient (débit décennal et centenaire) selon qu'on choisit R2 P2 ou R2 P3 ou R3 P3 etc...; et une mauvaise appréciation de la pente, de la perméabilité; entraîne de fausses données sur les abaques et partant, d'un vauvais dimensionnement des ouvrages qui peuvent être sous-dimensionnés surdimensionnés.

Les problèmes évoqués ici sont purement techniques et nous estimons que le C.I.E.H. pourrait dans la mesure du possible nous apporter son concours technique également. Il y a bien d'autres problèmes que nous connaissons mais que nous évoquerons en temps opportun. Nous souhaitons que le C.I.E.H. prenne avec la grande considération, nos petits problèmes et qu'il nous apportera dans la mesure du possible son concours technique.

2)- Etudes en cours

Au regard des questions qui seront posées au fil des ans, l'H.M.A. a jugé utile, de concert avec la Direction du F.D.R., de mener des expérimentations dans le sens de la confirmation de l'action anti-érosive des bourrelets AE. Ainsi, après avoir conduit des études classiques sur parcelles expérimentales en collaboration avec le Service Hydrologie de la Direction de l'H.E.R. et le Professeur MIETTON de l'Université de Ouagadougou, respectivement à Kaya-Sirgui et Pô-Banon, les trois parties (H.M.A./Hydrologie/MIETTON) ont entrepris sur financement F.D.R., de mesurer le coefficient de ruissellement et l'érosion sur un petit bassin versant avant et après traitement complet par AE.

Le bassin versant intéressé qui se situe au Nord de Zorgho est d'environ 17 km² et l'opération qui est à sa 2ème année, doit durer 5 ans. Il est certain que trouver un B.V qui soit le prototype des BV en Haute-Volta n'est pas aisé, cependant l'opération sur le BV d'Imiga-Tiben constitue un pas vers la recherche de la rationalisation des autres aménagements AE sur le Plateau Mossi.

C'est à ce titre que la Direction de l'H.E.R. est partie prenante dans la recherche-développement et qu'elle tend la main à tous les Organismes qui peuvent l'aider à améliorer son action en direction du monde rural.

2.2.- Activités de l'O.N.B.I.

Bilan des activités de l'Office

L'ONBI a principalement développé jusqu'à ce jour deux types d'activités.

- * L'étude de dossiers techniques d'exécution, la construction et la réfection de petits barrages ruraux.
- * L'étude de dossiers d'exécution et la réalisation de petits périmètres d'irrigation, principalement à l'aval des barrages.

a)- Les barrages ruraux

La période des années 1965 a vu la réalisation d'environ 80 petits barrages en terre à vocation multiple en Haute-Volta (Programmes FAC et FED). Dans la décennie suivante, le rythme de construction de tels ouvrages s'est fortement réduit pour retrouver après 1975 un regain d'intérêt. En 1976 un programme de 40 barrages fut établi sur la base d'études d'inventaire de 1960 à 1962. Ce programme fut confié à l'ONBI, les financements provenant principalement de l'Aide Néerlandaise et du FAD.

. Description des barrages ruraux dans leurs configurations les plus courantes.

Nos barrages sont généralement constitués d'une digue en terre de hauteur variable (3 à 12 m), de 3,5 m de largeur en crête; de quelques centaines de mètres de longueur. La digue barre une rivière temporaire en un site permettant de créer une réserve d'eau. A l'amont, la digue est entièrement revêtue d'un perré (maçonné ou non), à l'aval la protection des talus est très variable : perré rangé, perré en vrac, enherbement, remblai de matériau latéritique ou parfois de concassés etc....

Le déversoir est quelquefois latéral, quelquefois central. Parfois il est mis en place un déversoir de sécurité ou une digue fusible.

L'ouvrage comporte une vanne de fond pour la vidange (pas dans tous les cas), une ou 2 prises d'eau (de préférence à contrôle amont) alimentant par des conduites sous le barrage le périmètre irrigué (ces ouvrages n'existent pas sur les barrages à finalité humaine ou pastorale). Un drain est mis en place au pied du talus aval pour collecter les eaux ruissellées hors du Lac. La capacité de la retenue est généralement de l'ordre de quelques centaines de milliers à quelques millions de m³.

Au total, pendant la période 1976 - 1983, l'ONBI a confectionné 72 dossiers techniques d'exécution de barrages (réfections y comprises) une quarantaine de dossiers de périmètres et a réalisé une cinquantaine de chantiers répartis comme suit :

- Ouvrages nouveaux : 22 dont 15 à l'entreprise
- Ouvrages réfectionnés : 26 dont 10 à l'entreprise
- Ouvrages entretenus : 50 barrages soit en moyenne 3 barrages nouveaux et 4 réfections chaque année.

Le coût de ces ouvrages reste élevé bien que très variable.

Pour les barrages réalisés à l'entreprise en 1980, le m³ d'eau stockée variait de 65 F à plus de 100 F.CFA.

b)- Les aménagements Hydro-Agricoles à l'aval des barrages

L'utilisation des petits barrages ruraux pour l'irrigation fut pendant longtemps négligée malgré le potentiel que ces réserves représentent pour la production agricole. Le potentiel irrigable à l'aval des quelques 300 barrages existants est encore mal connu. Les estimations varient de 4 à 12.000 ha et un inventaire des potentialités hydro-agricoles du territoire est en cours. A ce jour seuls 1.400 ha environ de plaines (l'équivalent d'une quarantaine d'aménagements) représentent les superficies équipées.

. Description sommaire des aménagements associés aux petits barrages ruraux.

Les aménagements projetés sont généralement constitués par un réseau principal et secondaire de canaux maçonnés équipés de vannettes et d'ouvrages auxiliaires et quelquefois d'un réseau de drainage. Le nivellement sommaire des parcelles est fait avec des moyens mécaniques. Des aménagements complémentaires, à la charge des bénéficiaires, sont réalisés au niveau des parcelles : canaux tertiaires en terre, diguettes de séparation, nivellement fin de parcelles.

L'ONBI a réalisé directement ou sous contrat à l'entreprise, l'aménagement de 25 sites, correspondant à peu près à 730 ha dont 60 % peuvent permettre une double culture (riz ou maraîchage). 10 aménagements ont été réalisés entre 1978 et 1982 en régie par l'ONBI totalisant 380 ha. Le FED, le FDR, le FAD, la FEME et le FAC ont financé la plupart des projets.

Les coûts des aménagements s'élevaient à 1.500.000 environ de F.CFA/ha en 1982.

Les aménagements une fois réalisés, étaient confiés aux ORD. Des séances d'évaluation des opérations entreprises par l'ONBI depuis son existence ont abouti à un recentrage des activités de l'Office dans le domaine de la réfection des barrages et de la mise en valeur des plaines aménagées.

c)- Maîtrise d'oeuvre occasionnelle

Il convient de signaler le rôle de Maître d'Oeuvre que l'ONBI a été amené à jouer pour des études de projets réalisés par certains Organismes Non-Gouvernementaux et des surveillances à pied d'oeuvre pour le compte de l'AVV (BAGRE), de la SOSUHV (TOUSSIANA) et de quelques particuliers.

Remarques :

Par rapport aux études et aux travaux qui ont été menées par l'ONBI si nous avons rencontré quelques difficultés il n'en demeure pas moins que des innovations ont été opérées.

Les difficultés rencontrées sont généralement d'ordre hydrologique (méconnaissance de quelques données de base tels que l'écoulement, le ruissellement, la crue de projet etc...).

Géotechnique : études très sommaires ne permettant pas une exploitation approfondie. En pluviométrie les quelques stations existantes sont soit récemment installées soit mal suivies ou encore suffisamment éloignées des sites considérés.

Du point de vue des travaux : le manque de main-d'oeuvre hautement qualifiée et le matériel d'exécution limité dont dispose l'Office constituent une entrave (talus 1/2, largeur de tranchée d'ancrage 3,50 m ect...). Toutes ces difficultés sont de nature à limiter l'optimisation des coûts de nos projets.

Par rapport à l'expérience de l'ONBI en matière de petits barrages en terre on peut dire qu'on a pu approfondir et améliorer des questions comme la protection des talus (tout venant latéritique, concassés), la mise en place de filtre et drain, la jonction entre le corps de digue et le déversoir. L'érosion régressive a été également un sujet de réflexion.

Il a été répandu l'utilisation des gabions, la mise en place systématique de murs de crête pour la protection des digues contre l'érosion etc...

L'Office a fait l'entretien des barrages et sensibilisé les paysans et les autorités à cette activité (c'est à cette étape que les problèmes de santé ont été évoqués).

Il a été recensé et établi des fiches de barrages existants avec le maximum d'informations sur ces ouvrages.

De nos jours un inventaire sur les potentialités hydro-agricoles de notre pays autour des ouvrages existants et ceux susceptibles d'être construits est en cours.

2.3.- Activités de l'A.V.V.

2.3.1.- Les conditions hydrogéologiques des zones AVV

Pour l'alimentation en eau de la population on exploite principalement les ressources en eau souterraine. Les conditions hydrogéologiques des vallées des voltas sont particulièrement défavorables par rapport aux plateaux voisins. Au sein même de l'AVV certaines conditions géomorphologiques et climatologiques des blocs sont plus défavorables que d'autres, surtout en volta blanche et rouge.

En Volta Noire par contre, les effets pluviométriques plus importants et la morphologie moins incisée permettant de résoudre plus facilement les problèmes d'hydraulique villageoise.

D'une façon générale, les données hydrogéologiques indiquent l'existence de trois types de nappes :

- les nappes alluviales; peu importantes (puissance 0,5 à 5m, de faible extension). Elles sont généralement détruites dès la fin de la saison des pluies par évaporation, Ces nappes sont généralement captées par puisards approfondis régulièrement.

- les nappes d'arènes, localisées dans la tranche altérée du substratum rocheux (épaisseur 10 à 25 m). Les horizons les plus favorables étant ceux contenant de nombreux filons de quartz et de pegmatites drainant la masse argileuse, les horizons où la roche saine a peu évolué (arènes grenues) et offrant une meilleure perméabilité.

- les nappes de fissures localisées à la base des altérites dans la tranche dure moins fracturée du substratum rocheux. La "perméabilité en grand" de cette zone permet une meilleure circulation de l'eau.

Les observations faites sur l'ensemble des points d'eau par la Subdivision forage montrent que :

- les nappes alluviales et les nappes d'arènes accessibles par fonçage traditionnel et par puits forés sont généralement détruites dès le mois de Décembre pour les premières et dès le mois d'Avril pour les secondes. Ces nappes sont sujettes à des fluctuations saisonnières dont l'amplitude peut atteindre 15 m, d'où une tendance à l'assèchement des puits de Mogtédo, Kaïbo, Bané. Ces fluctuations ont pu également affecter les forages peu profonds. La forte hétérogénéité de ces formations (ces horizons drainant étant les filons et les passées sableuses) entraîne une variation du débit en fonction du niveau statique.

- les nappes de fissures d'accès difficiles sont moins sensibles aux variations saisonnières.

Méthode d'intervention :

Mise en place des points d'eau

a)- Méthodologie

La méthodologie d'approche est basé sur les études hydrogéologiques comportant deux parties distinctes.

b)- Les études directes qui ont pour but de déterminer les sites favorables pour faire des sondages de reconnaissance.

c)- Les études générales qui ont pour but de déterminer les aspects quantitatifs et qualitatifs des ressources en eau.

Les études directes comportent :

- Reconnaissance hydrogéologique des blocs par :
 - . interprétation des images satellites au 1/200.000 et des photographies aériennes au 1/20.000
 - . reconnaissance hydrogéologique sur le terrain
 - . établissement d'une carte hydrogéologique et les données par bloc.
 - . détermination des plates formes à étudier (pédologie et hydrologie), suivi de programme des mesures géophysiques.
- Choix des sites favorables pour l'exécution des forages de reconnaissance par prospection géophysique. Les emplacements étant choisis selon les critères suivants :
 - . la topographie, l'hydrogéologie et la morphologie
 - . la présence de croisements de linéaments d'après les photographies aériennes
 - . la prospection géophysique (épaisseur des altérites, la présence et la direction des zones conductrices etc...).
- L'implantation des forages de reconnaissance par :
 - . l'établissement d'un programme d'implantation des ouvrages par blocs
 - . contrôle et exécution des ouvrages

Au cas où le sondage est positif, un programme d'essai de pompage est exécuté et ayant pour but :

- la détermination de débit d'exploitation des sondages
- la profondeur de la pompe à installer
- les caractéristiques hydrologiques des aquifères.
- Prise d'échantillon d'eau pour la détermination des caractéristiques hydrochimiques (y compris la teneur en arsénic).

Les études générales comportent entre autres des éléments suivants :

- amélioration des méthodes de prospection géophysique qui ont pour but d'indiquer les sites favorables pour exécuter des sondages de reconnaissance de façon plus précise et d'une manière moins coûteuse (méthode électromagnétique).
- contrôle de la qualité d'eau pendant les essais de pompage (potabilité de l'eau et la connaissance du cycle hydrologique).
- contrôle des quantités d'eau (analyse du régime des eaux souterraines à l'échelle régionale pour prévenir les risques de tarissement).

2.3.2.- Techniques de foration

L'A.V.V. dispose de trois ateliers de forages :

La Calweld - machine rotary à sec avec belly télescopique. Les forages sont réalisés en 52" (1500 mm) et équipés de buses en général, la réalisation de puits à grand diamètre a été abandonnée en 1975 à cause de la faible puissance des collu-alluvions, des altérites et la profondeur des aquifères, l'essentiel des ressources étant soutenu dans les discontinuités de la roche saine.

Le processus de réalisation est la suivante :

- sondage de reconnaissance en 36"
- si positif approvisionnement en buses
- forages en 52" et équipement.

Cependant, cette machine ne pouvant travailler que dans les terrains altérés, on a adopté depuis Août 1975 et pour la première fois en Haute-Volta, la technique de forages de petit diamètre "au marteau fond de trou". A cet effet, l'AVV dispose de deux ateliers Stenuick HS 66. Ce sont des machines pneumatiques équipées d'un marteau fond de trou et travaillant en rotoperçussion. Le fluide de forage étant l'eau ou l'air + eau. Elles permettent normalement le forage en 150 mm dans n'importe quel type de roche à une profondeur maximale de 70 m. Un des deux ateliers est équipé d'un tubage à l'avancement pour forer les mêmes altérées, avec une possibilité de forage de 210 - 230 mm.

Le processus de réalisation est le suivant :

- sondage sur 150 mm
- si positif, équipement en PVC 112,4 x 125 prémanchonné
- développement à l'air lift
- réalisation d'une margelle
- installation d'une pompe ABI
- aménagement des abords du points d'eau (anti-bourbier, rigole d'évacuation, abreuvoir, clôture par les paysans).

2.3.3.- Les points d'eau

Les normes actuelles de l'A.V.V. sur le nombre de points d'eau tient compte des normes nationales, des possibilités d'exhaure et de la nature des réalisations (puits ou forages).

2.3.3.1.- Nombre de points d'eau par village

Le nombre de points d'eau est fonction de l'importance de la population et du cheptel et des normes des disponibilité d'eau.

- Les normes nationales

Pour la population, le Gouvernement de la République de Haute-Volta a établi des normes de disponibilité d'eau vers lesquelles l'AVV doit tendre. Pour le bétail, les services vétérinaires ont également des normes impératives.

Ces normes sont pour une famille de l'A.V.V. dans la phase de croisière :

- par tête d'habitant	:	25	l/jour
- par famille de 8 personnes	:	200	l/jour
- par bovin	:	30	l/jour
- par famille de 4 bovins	:	120	l/jour
- petits animaux, par famille	:	120	l/jour
- par famille	:	440	l/jour

.../...

Pour un village de 50 familles, les besoins sont de 33.000 l/jour, 22.000 l/jour pour 75 familles et 44.000 l/jour pour 100 familles.

- Les normes A.V.V.

Comme ces normes sont à atteindre progressivement, l'AVV a adopté les normes suivantes pour la période d'installation :

- par tête d'habitant	:	10	l/jour
- par famille de 8 personnes	:	80	l/jour
- par bovin	:	30	l/jour
- par famille 2 bovins	:	60	l/jour
- par petit animal	:	7	l/jour
- par famille de 8 petits animaux	:	56	l/jour
Total par famille	:	196	l/jour

Pour un village de 50 familles, les besoins sont de 9.800 l/jour pour 75 familles - 14.700 l/jour et pour 100 familles 19.600 l/jour.

- La possibilité d'exhaure des points d'eau à l'A.V.V.

Dans les périmètres aménagés de l'A.V.V., l'énergie humaine est le facteur limitant pour le débit d'un ouvrage. Ce débit est 400 l (1)/heure, pour une journée de deux heures : 4.000 litres.

- Les normes de points d'eau par village

La combinaison des normes AVV et la possibilité d'exhaure des points d'eau en litre par jour donne le nombre de points d'eau nécessaire par village.

Village	Besoin/j période d'installation	Capacité par point	Nombre de points nécessaires
50 familles	9.800	4.000	3
75 familles	14.700	4.000	4
100 familles	19.600	4.000	5

2.3.3.2.- Le choix entre puits et forage :

Outre les données hydrogéologiques déterminant le choix technique de foration, les avantages qu'ont les puits sur les forages sont :

- possibilité d'exhaure manuelle en cas de panne de pompe
- réserve d'eau (avantage marginal car la réserve est petite comparée aux besoins)

Les inconvénients sont :

- profondeur de l'ouvrage faible; danger de tarissement en saison sèche (variation du niveau d'eau souterrain)
- débit de l'ouvrage faible
- pollution d'eau impossible à éviter.

.../...

1) La quantité de 10 l/j/habitant est considéré comme stricte minimum. En outre, les dernières campagnes de vulgarisation indiquent que 2 bovins par famille doivent être comptés au lieu de 1 bovin par famille.

C'est pourquoi au vu de différents problèmes rencontrés par la section centrale de dépannage du Service Forages, seule la prise en charge des installations par les paysans eux-mêmes s'est avérée la seule voie possible pour éviter les écueils suivants :

- blocage de l'exploitation du forage pendant plusieurs jours
- coût exorbitant de l'intervention du service central.
- indifférence, voire l'inconscience de la population vis-à-vis de l'ouvrage.

2.3.3.3.- L'utilisation, l'entretien et la réparation des pompes

Afin de minimiser les dégâts aux ouvrages, il est réalisé une campagne de sensibilisation et d'information villageoise sur l'utilisation des pompes.

Les utilisateurs doivent prendre conscience du rôle important qu'ils ont à remplir pour préserver les installations qui leur sont confiées. Eux seuls peuvent protéger la pompe et la forage tout comme leur habitation. Cette information est apportée à tous les niveaux : dans les écoles et chez les adultes, à l'aide de moyens audiovisuels ou autres. Un certain nombre de points doit être assimilé et compris par les villageois.

- L'entretien et la réparation des pompes à l'AVV

Cette assimilation passe obligatoirement par une formation appropriée. Dans cette optique, une formation est assurée au niveau de tous les blocs AVV pour une totale prise en charge des pompes.

- Organisation de la formation

. Formation des formateurs :

La formation du formateur a consisté en l'affectation d'un Agent de terrain au Service Forage afin de le familiariser avec les étapes de formation et les différentes pompes installées. L'Agent est ensuite envoyé dans certains services (H.E.R.) et chez les constructeur des pompes (ABI à Abidjan et VOLANTA à Saaba). En outre, tous les encadreurs reçoivent au cours de leur formation à Mogtéo, un aperçu sur les pompes installées dans leurs blocs respectifs.

. Formation des paysans

Le formateur est chargé de la formation des paysans. Chaque village envoie ses délégués (3 à 4 en fonction de l'importance du village).

Le bloc le plus important en délégation reçoit tous les délégués de l'A.V.V. C'est à ce même bloc que revient la prise en charge des différents délégués pendant leur séjour (hébergement et nourriture).

Le formateur dispense un certain nombre de points qui doivent être assimilés et compris par les paysans.

- comment utiliser correctement la pompe
- protéger les abords contre les animaux
- empêcher les enfants de jouer avec la pompe
- nettoyer la margelle tous les jours
- mettre du gravier pour éviter la boue
- faire et entretenir une clôture de protection
- aménager des abreuvoirs
- connaître la valeur de l'ouvrage
- connaître les dangers de la pollution.

Au cours de différentes séances, les délégués reçoivent des formations pratiques dans les domaines suivants :

- démontage et montage d'une pompe
- entretien de la margelle
- aménagement d'un anti-bourbier
- réalisation de rigole d'évacuation
- aménagement d'abreuvoir distant du point d'eau.

A l'issue de cette formation les paysans reçoivent du matériel didactique, notamment un manuel d'entretien et de réparation de pompe en moré intitulé : "A.V.V. bulsâ m b pômprâmbâ taleg sebre". En outre, chaque bloc reçoit une caisse à outil d'une valeur de 100.000 F.CFA de l'A.V.V. Le renouvellement et le complément d'outillage restant à la charge du bloc.

- Organisation de l'entretien des pompes au niveau des blocs.

A l'A.V.V. l'alphabétisation fonctionnelle atteint la majeure partie des migrants. A l'aide du manuel d'entretien et des mécaniciens pompes, chaque village assure lui-même les travaux d'entretien et de dépannage. A ce titre, et ce à l'issue de chaque campagne, les paysans constituent leur caisse d'entretien par des cotisations prélevées sur les ristournes des marchés autogérés (coton, céréales). Cette caisse dont le montant varie en fonction des blocs (300.000 à 500.000 F.CFA) sert à l'achat des pièces détachées.

2.3.4.- En conclusion, l'expérience menée par l'A.V.V. démontre que malgré les résultats positifs obtenus, des problèmes demeurent quant à la satisfaction totale en eau de la population installée. Des améliorations restent encore à apporter.

2.3.4.1.- Amélioration des études de prospection

L'analyse des statistiques dont dispose l'A.V.V. montre un accroissement des taux de forages positifs dès l'introduction des études géophysiques plus approfondies, depuis 1980 (introduction de l'électromagnétique).

Ainsi les pourcentages des forages positifs pour les travaux A.V.V. sont les suivants :

- Période de 1973 à 1979 = 54 %
(pour 341 for. AVV)
- Période de 1980 à 1983 = 75 %
(pour 81 for. AVV)

Soit un accroissement de 21% du taux de réussite.

Cependant, la rentabilité économique du surcoût des études géophysiques plus approfondies n'est pas à ce jour, démontrée mais la courte période observée (80/83) et la modestie des programmes de cette période ne permet pas une conclusion définitive.

En effet, si l'on tient compte des coûts des études géophysiques avant et après 1979 en francs CFA actuels et qui sont respectivement de 467.000 et 700.000 F.CFA par forage, on obtient le tableau suivant :

	Coût forage au prix constant 83	Coût Études Coût 83	Coût des négatifs	Coût revient
Période I	920.000	467.000	(46%) 423.200	1.810.200
Période II	920.000	700.000	(25%) 230.000	1.830.000

Période I - avec études sommaires (légères)

Période II - avec études électromagnétiques

Soit un coût sensiblement équivalent.

Par contre, il a été observé une bonne pérennité des ouvrages depuis 1980 (aucun tarissement signalé) alors que pour la période antérieure, 10% environ des forages se sont asséchés dans les premières années d'exploitation (réserves aquifères insuffisantes ou mal alimentées).

Ce facteur pourrait être déterminant pour le choix des études géophysiques plus élaborées dans la recherche d'une plus grande efficacité des ateliers de forages et donc d'une réduction des coûts moyens des points d'eau villageois.

2.3.4.2.- Amélioration de l'ouvrage

Le type de forage adopté à l'A.V.V. est le forage à petit diamètre. Les inconvénients de ce type de forage sont amoindris du fait de l'organisation communautaire des utilisateurs. Cependant des améliorations sont encore à apporter pour garantir la pérennité de l'ouvrage.

a)- Amélioration de l'exhaure

Le matériel dont dispose l'A.V.V. permet de forer jusqu'à "6 1/2" avec un tubage crépiné de 4 à 5", soit un espace annulaire de 1" entre les parois. Cet espace ne garantit pas toujours un filtrage correct des eaux, surtout que le matériaux filtrant n'est pas parfaitement adapté. En effet, le matériaux utilisé à l'A.V.V. est un concassé de granite de 3-8 à défaut de gravillon roulé (granulomètre difficile à trouver sur place).

Aussi, arrivait-il que du sable et des fines passent par les crépines, chargent l'eau et en même temps provoquant une usure prématurée des éléments de la pompe.

L'amélioration consisterait en :

- l'augmentation de l'espace annulaire par des forages en 8" avec tubage crépiné de 5". Ce qui assurera plus facilement le centrage dans le bas de la crépine tout en améliorant le filtrage ;
- l'utilisation des crépines à enrobage de gravier. Cette dernière solution améliorera considérablement le filtrage des eaux bien qu'elle entrainera un accroissement du coût de la crépine (100.000 F.CFA/m).

b)- Amélioration du Service Après-vente

Les pompes installées par l'A.V.V. sont en majorité des pompes ABI fabriquées en Côte-d'Ivoire. Ces pompes étaient munies de roulement à aiguilles qui, lorsqu'ils s'usaient tombaient souvent dans le corps de la pompe et provoquaient des pannes graves (blocage de piston, de clapets etc...). En plus, la réparation nécessitait le démontage obligatoire du bras de la pompe. A partir de 1980 les roulements à aiguilles ont été remplacés par des coussinets en matière plastique, constitués de deux coquilles. Bien que ces coussinets aient apporté une certaine amélioration, leur remplacement au bout d'un an resté impératif au risque de détériorer définitivement le support de la pompe lorsque les coussinets sont très usés.

Egalement sont utilisées à l'A.V.V. les pompes suivantes : INDIA. La partie mécanique de transmission de bras de pompe est très bien conçue (roulement à bille étanche; chaîne de transmission robuste).

La pompe étant scellée dans la margelle (pas d'embase), le démontage en cas de panne entraîne un travail considérable. En plus, la pompe est équipée de joints en cuir très fragiles à l'usure lorsque les eaux sont légèrement chargées.

En conclusion, toutes les pompes utilisées à l'AVV présentent à peu près les mêmes avantages et inconvénients. Le problème crucial demeure dans la représentation des pompes pour assurer efficacement le service "Après-vente".

Compte tenu de l'acuité du problème hydraulique en Haute-Volta, il serait souhaitable que l'Etat étudie toutes possibilités permettant de ravitailler correctement la population en pièces détachées.

L'A.V.V. met au point avec le concours du Lycée Technique un matériel de fabrication en cuir. Ce qui permettra d'assurer sur place le renouvellement de ces pièces. En outre, elle suit également avec attention la pompe "VOLANTA" fabriquée à SAABA.

c)- La conscientisation accrue du paysan

Comme déjà souligné, l'entretien et la réparation des pompes à l'A.V.V. sont assurés par les paysans eux-mêmes. Le seul handicap est le manque des pièces détachées. Le Service forages n'intervient plus dans ce domaine.

2.4.- Note sur l'étude des relations Eau - Sol
Plante, Economie de l'eau réalisée par l'I.V.R.A.Z.

2.4.1.- Présentation du Programme

Les conditions pédoclimatiques qui prévalent sur la quasi-totalité du territoire voltaïque sont telles que l'alimentation hydrique des cultures sèches est et demeure l'un des facteurs limitant de leur production.

C'est pourquoi l'Institut Voltaïque de la Recherche Agronomique et Zootechnique (IVRAZ) prépare actuellement la mise en place d'un important programme de recherche sur l'économie de l'eau. Ce programme devra être exécuté en collaboration avec différents Instituts relevant de l'IVRAZ, dans les stations de recherche du pays, d'une part et dans les points d'appui et villages tests, d'autre part.

Ce programme de recherche concerne deux niveaux :

- les cultures sèches
- les cultures irriguées.

A/- Les Cultures sèches

a)- Etude sur les techniques d'économie de l'eau

L'IVRAZ mène actuellement des études assez sommaires au niveau de plusieurs sites, visant à proposer à très court terme, des techniques culturales permettant de retenir le maximum d'eau de pluie au profit des céréales cultivées.

Les techniques culturales testées sont :

- le labour à plat à la traction bovine
- le labour en billons-cloisonnement des sillons
- le labour à plat suivi d'un buttage un mois après le semis et du cloisonnement des buttes
- le scarifiage à sec avec un instrument à dent.

Ces techniques sont toujours comparées au niveau de chaque site la façon traditionnelle de préparation du sol, telle que réalisée par le paysan.

Les cultures cibles étudiées pour le moment, sont le sorgho, et le maïs. Les mesures et observations qui sont faites au champ visent à déterminer l'action réelle de ces différentes techniques sur :

- le bilan hydrique au niveau de la parcelle
- l'alimentation hydrique de la culture
- la dynamique de l'enracinement
- le développement végétatif et le rendement des cultures
- l'évolution physique des sols.

Les différents sites d'investigation sont :

- les stations de Kamboinsé et Gampèla pour la zone centrale du pays
- la station de Saria pour le Centre Ouest
- les stations de Farako-Bâ et Niangoloko pour la zone Ouest du pays.

Plusieurs autres points d'appui et villages laboratoires ont été choisis en collaboration avec les ORD, afin de couvrir à peu près, toutes les zones pédoclimatiques du pays.

Les différents partenaires avec lesquels travaille l'IVRAZ dans ce domaine sont certains Organismes de Recherche qui lui sont rattachés à savoir :

- l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT)
- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)
- les différents projets du SAFGRAD (Semi-Arid Food Grains Research and Développement).

Moyens disponibles

Chacun de ces Instituts ayant ses propres sources de financement, il nous est difficile de quantifier les moyens mis actuellement pour l'exécution du programme de recherche en matière d'économie de l'eau. Pour le moment, une Commission travaille à cet effet.

b)- Etude sur l'Evaluation des Besoins en Eau des Cultures

Un programme pluriannuel de recherche sur les besoins en eau des principales cultures pratiquées dans le pays a été mis en place à compter de la présente campagne agricole. Cette étude exécutée en collaboration avec le CIEH a pour sites, les stations de Saria et Farako-Bâ.

Au niveau de ces sites des cuves lysimétriques ont été implantées. Les cultures pratiquées sont respectivement :

- le sorgho variété E 35-1 pour Saria
- le maïs variété Jaune Flint pour Farako-Bâ

L'objet de l'étude est de déterminer, à chaque phase du cycle de la culture, les quantités d'eau qui lui sont nécessaires pour croître sans restriction. De ces données on pourra évaluer les coefficients culturaux, entrant dans le calcul du bilan hydrique de chaque culture.

c)- Etude sur le Ruissellement et l'Erosion

Cette opération de recherche se propose d'étudier, pour les principales cultures vivrières, l'influence sur le ruissellement, l'érosion et le bilan hydrique d'un certain nombre de techniques d'économie de l'eau. Elle est conduite à Saria en collaboration avec le CIEH.

Le dispositif, mis en place en 1977, comprend 5 parcelles d'érosion de même surface $16 \times 6 = 96 \text{ m}^2$ sur lesquelles ont été appliquées 5 traitements différents :

- Parcelle de Wischmeyer(W) maintenue nue sans culture
- Parcelle T : pas de travail du sol
- Parcelle LB : labour à plat en culture attelée bovine dans le sens perpendiculaire à la pente

- Parcelle B : labour en billons dans le sens perpendiculaire à la pente, semis sur le billon
- Parcelle BC : labour à plat en culture attelée bovine semis à plat. Buttage perpendiculaire à la pente 3 à 4 semaines après le semis, cloisonnement des billons à la main un mois après.

Le ruissellement mesuré est en moyenne de :

- 40% sur le sol nu
- 35% sur le témoin
- 30% sur le labour à plat
- 10% sur les parcelles billonnées.

Les quantités de terres érodées qui sont faibles voire nulles sur les parcelles comportant des billons; ne dépassent pas 0,6 T/ha. Ce fait se justifie par la pente qui est faible 0,70% environ.

B/- Les Cultures Irriguées

La culture irriguée, même si elle ne peut couvrir qu'une partie restreinte (135.000 ha) des terres arables présente pour notre pays une importance particulière dans l'objectif d'atteindre son autosuffisance et sa sécurité alimentaire.

C'est pourquoi l'IVRAZ s'est fixé pour objectif principal, la détermination des systèmes de production pour les périmètres irrigués en fonction des contraintes physiques, économiques et sociales.

Au niveau de ce volet de recherche l'IVRAZ a pour partenaire le CERCI (Centre d'Expérimentation du riz et des Cultures Irriguées).

Les expérimentations sont faites depuis 1973 (date d'implantation du CERCI), au niveau de six (6) antennes situées en différentes régions du pays Farako-Bâ, Vallée du Kou, Banfora, Niéna-Dionkélé, Vallée du Sourou et Kamboinsé.

Les activités d'expérimentation sont regroupées dans trois programmes.

a)- Programme d'Amélioration de la Riziculture

Ce programme a pour objectif de créer et vulgariser les variétés de riz les plus adaptées aux conditions du pays.

b)- Programme de Cultures Irriguées (autres que le riz)

Ce programme vise deux volets : le transfert de certaines cultures cultivées traditionnellement en conditions pluviales en contre-saison sous irrigation ou en saison pluviale avec irrigation d'appoint telles que le maïs, le sorgho, l'arachide, le coton et le sésame.

- l'introduction de nouvelles cultures telles que le blé, l'orge, le sésame, le tournesol et le carthame.

c)- Programme de Cultures Fourragères

Les travaux d'expérimentation sur les plantes fourragères ont pour objectif la production fourragère sur les périmètres irrigués ou en cultures sèches en vue d'assurer une meilleure source d'alimentation pour le bétail et une amélioration de la fertilité du sol. C'est pourquoi il comporte des essais d'introduction et d'évaluation des différentes espèces légumineuses et graminées, des essais variétaux, des essais de mode d'exploitation (foin, ensilage, pâturage, fourrage vert ou engrais vert) et des essais de techniques culturales (date, mode et densité de semis, fréquence de coupe).

Les moyens mis en oeuvre pour ce volet, cultures irriguées entrent essentiellement dans le cadre du budget du CERCI.

2.4.2.- Les Problèmes rencontrés

La réalisation de ces différents programmes et activités de recherche, rencontre pour l'instant de nombreux problèmes que l'on peut résumer de la façon suivante :

- le manque de l'équipement adéquat

En effet à l'heure actuelle, les mesures d'humidité du sol par exemple, sont faites sur des échantillons prélevés à la tarière. La couverture agrométéorologique du pays reste insuffisante (presque aucune donnée concernant l'Est du pays). A l'IVRAZ nous ne disposons d'aucun matériel informatique pour le traitement de nos données.

- les difficultés de fonctionnement

L'IVRAZ ne dispose actuellement d'aucune source de financement en matière de recherche sur les relations eau-sol-plante, économie de l'eau. Les activités sont menées dans le cadre du fonctionnement de chacun des Instituts qui lui sont rattachés. Cela rend difficile le contrôle et l'orientation effective de chaque programme suivant les besoins réels exprimés au niveau du pays.

C'est pourquoi, l'IVRAZ a décidé de mettre sur pied une Commission de Coordination des activités de recherche en matière d'économie de l'eau.

- l'insuffisance de personnel qualifié

L'accent est, pour le moment, mis sur le recrutement et la formation d'Ingénieurs, et de Techniciens afin de constituer une équipe de recherche en hydrauliques agricoles.

2.4.3.- Conclusion

L'évolution future de notre programme de recherche devra suivre le déroulement suivant :

- détermination des zones agro-pédo-climatiques homogènes au niveau du pays
- poursuite de la détermination de la démarche évaporative et des besoins en eau des principales cultures
- détermination de la relation rendement-pluviométrie.

Dans une deuxième phase

L'accent sera mis sur l'amélioration du statut hydrique des cultures en condition pluviale.

Il s'agira d'affiner nos mesures et observations par l'utilisation de méthodes de précision (sondes à neutron, approche qualitative de la dynamique de l'enracinement des cultures etc...).

En même temps l'accent sera mis sur l'amélioration de nos connaissances sur l'évaluation de la résistance à la sécheresse. On devra développer les efforts sur la sélection et l'amélioration d'espèces plus résistantes à la sécheresse.

Dans une troisième phase

Cette dernière phase devra être consacrée à l'application des résultats obtenus aux problèmes réels du développement.

Elle devra être concrétisée au niveau national par la création d'un réseau d'avertissements agricoles qui sera un outil d'aide à la décision pour le déclenchement des opérations de techniques culturales (labour, semis, etc...).

Elle devra permettre aussi une meilleure prévision des récoltes en fonction des événements climatiques et principalement pluviométriques.

Enfin pour la réalisation de ce programme, l'IVRAZ compte travailler en étroite collaboration avec le Service Agrométéorologie, le Service National de Sols et toute autre Structure pouvant l'intéresser. Au niveau régional l'IVRAZ souscrit à l'idée de la création d'une structure d'action coordonnée de recherches inter-états en zone sahélienne, lancée au niveau du CIEH, de l'IRAT et du CILSS avec les structures nationales de recherche de certains pays membres : Sénégal, Niger, Haute-Volta, Mali et Mauritanie.

Un document provisoire rédigé à cet effet par J.C. LEGOUPIL de l'IRAT/MONTPELLIER, est en étude par nos services techniques.

2.5.- Rôle des Services de Santé dans les Projets d'Hydraulique

2.5.1.- Introduction

L'eau est indispensable à toutes activités humaines qu'elles soient biologiques, agricoles, pastorales, industrielles ou récréatives. Elle peut véhiculer un grand nombre de maladies transmissibles, si l'on ne prend pas de mesures pour prévenir les risques sanitaires liés aux projets d'hydraulique. Souvent les ingénieurs et les techniciens de l'hydraulique oublient ou font semblant d'ignorer les aspects sanitaires de tels projets ou bien n'en mesurent pas la nécessité.

L'expérience a cependant montré que l'introduction d'une composante santé et environnement dans les projets d'hydraulique permettait de contrôler ou de réduire de façon significative les maladies d'origine hydrique.

C'est pour prévenir ces risques que les autorités ont décidé que tout programme d'hydraulique doit désormais comporter un volet santé, c'est-à-dire un programme de soins de santé, d'élimination des excréta, des eaux usées et autres déchets, solidement appuyé par l'éducation et l'information pour la santé et la surveillance épidémiologique.

Pour pouvoir assurer la mise en oeuvre de cette politique en ce qui concerne ses composantes éducation pour la santé et environnement, le Gouvernement a érigé le Centre National d'Education pour la Santé, créé en 1966 par une convention avec l'US-AID en Direction de l'Education pour la Santé, Assainissement et Hygiène de l'Environnement (DESAH) au mois d'Avril 1982.

En plus de ses activités traditionnelles d'éducation, d'information, de motivation et de sensibilisation du public et de soutien aux programmes de santé sont venues désormais s'ajouter des tâches dans le domaine de l'amélioration de l'environnement des collectivités. Ceci prouve le souci du Gouvernement non seulement de modifier les attitudes et les comportements face aux problèmes de santé, mais encore de créer des conditions favorables à l'établissement d'un meilleur état de santé pour les populations.

Obtenir un changement de comportement positif au plan individuel et collectif, amener les collectivités à prendre en charge leurs problèmes de santé et d'environnement, promouvoir et améliorer la salubrité de l'environnement tels sont les objectifs auxquels la DESAH doit essayer de répondre.

2.5.2.- Rôle dans le Projet US-AID d'Hydraulique Villageoise.

La convention de financement de ce projet a été signée entre le Gouvernement Voltaïque et l'US-AID (Agence Internationale pour le Développement des Etats-Unis d'Amérique), le 31 Juillet 1979. Cet accord prévoit l'octroi d'une subvention pour :

- La construction de 620 systèmes d'alimentation en eau pour 550 villages situés dans la région Sud-Ouest du pays (300 puits nouveaux ou améliorés et 320 puits nouvellement creusés) ;
- La maintenance des pompes ;

- L'élaboration d'un programme d'éducation sanitaire destinée à sensibiliser, animer, mobiliser et préparer les habitants des 550 villages à recevoir les systèmes d'alimentation en eau grâce à la création des Comités de villages et au recrutement des Agents de Santé villageois (A.S.V.) ;
- L'élaboration d'un programme de surveillance épidémiologique et de contrôle chimique et bactériologique de la qualité de l'eau dans le but de surveiller et d'évaluer l'impact du projet sur l'élimination ou la réduction des maladies transmises par l'eau, ainsi que la non-introduction de nouvelles maladies parasitaires ayant un rapport avec la qualité de l'eau ;
- L'assainissement qui comprend la construction de 550 latrines de démonstration dans la totalité des villages.

Ce projet géré conjointement par la Direction de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural (Ministère du Développement Rural) et la Direction de l'Éducation pour la Santé, Assainissement et Hygiène de l'Environnement (Ministère de la Santé Publique) a l'avantage d'intégrer au Programme d'Hydraulique, une composante santé basée sur les soins de santé primaires, l'éducation pour la santé et l'amélioration de la salubrité de l'environnement. Malgré certaines contraintes et quelques imperfections dans le déroulement du Projet, dûes surtout à une absence de coordination parfaite entre les deux directions chargées de la gestion du Projet, 420 puits équipés de pompes, 103 latrines ont été construits, 242 ASV formés pour 181 villages ainsi que 22 Agents Itinérants chargés de superviser ces derniers, 138 pharmacies de villages créées, 352 séances d'éducation sanitaire tenues etc....

Ce projet est appelé, si on y apporte les ajustements nécessaires, à servir de projet pilote et de modèle pour une extension future dans le reste du pays, en ce qui concerne l'intégration du programme de la décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement dans la stratégie nationale d'instauration de la "Santé pour tous d'ici l'an 2000" par la médiation des soins de santé primaires.

2.5.3.- Contribution à la Mission sur les "Aspects Sanitaires du Projet de 40 petits barrages en Haute-Volta.

Le rôle joué par les grands projets d'hydraulique, notamment la construction de barrages, la création de lacs artificiels de systèmes d'irrigation et de drainage, est bien connu dans le développement et la transmission de l'Onchocercose, de la Bilharziose et du Paludisme.

L'enquête menée du 13 au 31 Mars 1983 par le Docteur Oomen, Consultant de la Firme Euroconsult, sur l'initiative de l'ONBI (Office National des Barrages et de l'Irrigation) à laquelle a été en partie associée la DESAH, a clairement mis en évidence l'importance d'une approche intégrée et la nécessité d'introduire une composante santé et environnement dans la planification et la mise en place des barrages.

L'intérêt de cette étude, hormis le fait qu'elle recommande de nombreuses mesures sanitaires propres à prévenir ou à réduire les maladies liées à l'existence des barrages, permet d'envisager à l'avenir une concertation et une meilleure coordination entre le Département de la santé et les différents services ayant des responsabilités dans le secteur de l'hydraulique, et ce dans le contexte d'une commission nationale inter-disciplinaire dont le rôle serait d'étudier toutes les questions techniques, sanitaires et autres relatives à l'implantation des barrages.

2.5.4.- Rôle dans la préparation du Code de l'Eau

La Haute-Volta possède depuis le 1er Avril 1983 une nouvelle législation en matière d'exploitation et de protection des ressources en eau : le code de l'eau.

Cette réglementation définit des normes pour la protection quantitative et qualitative de l'eau et prévoit des sanctions en cas d'infraction. Des arrêtés conjoints des Ministres chargés de l'Hydraulique, de la santé et de l'environnement fixent les conditions pour les diverses utilisations de l'eau et les normes de qualité qui doivent être maintenues dans les eaux.

Il s'agit là encore une fois d'un nouvel exemple de coopération entre les Départements de l'hydraulique et de la santé, la finalité étant d'assurer la conservation et la protection des ressources en eau et de préserver l'environnement et la santé des utilisateurs.

2.5.5.- Actions envisagées

L'éradication des maladies liées à l'eau ne sont possibles que si les projets d'hydraulique notamment ceux d'alimentation en eau sont étroitement associés à un ensemble de mesures sanitaires, parmi lesquelles figurent le contrôle de la qualité de l'eau et la surveillance épidémiologique des points d'eau en vue d'évaluer l'impact desdits projets sur l'état de santé des populations riveraines.

Dans ce cadre deux actions essentielles sont envisagées.

2.5.5.1.- Programme de Contrôle de la potabilité de l'eau

Ce projet débutera au cours de l'année 1984 avec le concours du Laboratoire Central de Parasitologie et de Consultation des Maladies Tropicales et Parasitaires de Paris.

Cette étude doit permettre de faire le point sur la qualité de l'eau émise par les pompes hydrauliques en zone rurale et de prendre si nécessaire des mesures pour éliminer les souillures éventuelles.

Des analyses, physiques chimiques, essentiellement le fluor, le fer et l'iode seront effectuées, pour permettre une comparaison avec la pathologie existante dans la région. C'est par exemple le cas de la région de Mogtedo où le problème de l'asernie s'est posé.

De même, des analyses bactériologiques seront faites, afin d'avoir une idée sur l'étanchéité des pompes, la qualité de l'eau consommée, dans le cadre de l'éradication des maladies d'origine hydrique sur l'ensemble du territoire.

2.5.5.2.- Création d'un Laboratoire National d'Analyses des Eaux

Il existe deux Laboratoires à l'O.N.E. (Office National des Eaux) et à la Direction de l'H.E.R. (Hydraulique et Equipement Rural) qui contrôlent de temps en temps les caractéristiques chimiques de l'eau de boisson. Quelques analyses bactériologiques sont également pratiquées sur demande par l'Hôpital Yalgado sur l'eau du réseau de Ouagadougou. Ce contrôle, il faut le reconnaître est insuffisant pour s'assurer de la qualité et de l'innocuité de l'eau d'alimentation fournie aux populations.

Le Code de l'Eau adopté en Conseil des Ministres le 1er Avril 1983, fait désormais obligation à l'Administration, spécialement à celle de la Santé Publique, de surveiller la qualité des eaux naturelles, de contrôler les eaux d'alimentation mises à la disposition du public ainsi que les rejets polluants et leur influence sur le milieu récepteur.

Pour faire face à cette responsabilité, la DESAH envisage la création d'un Laboratoire National des Eaux, intégré autant que possible au Laboratoire National de Santé Publique également en projet. La mise en place d'une telle institution se fera, si tout va bien, en 1984.

2.5.6.- Conclusion

Il y a quelques décennies, on pouvait affirmer que les responsables du développement hydraulique, ignoraient de bonne foi les conséquences sanitaires de leur action.

Il est désormais universellement reconnu que l'aménagement et l'exploitation des ressources en eau entraînent bien souvent des modifications du milieu et de l'écosystème susceptibles de bouleverser les schémas pathologiques, en créant de nouvelles zones de prévalence, de nouveaux foyers de maladies graves comme l'Onchocercose ou la Schistosomiase et parfois de graves épidémies telles que le Choléra, la Fièvre Typhoïde, la Fièvre Jaune etc....

L'ironie du sort veut que l'eau qui est à la base de toute activité de développement soit aussi, dans certaines conditions, génératrice de mauvaise santé. Il faut donc faire en sorte que le développement économique ne soit pas pathogène, en intégrant dès le départ des mesures sanitaires (soins de santé, élimination des excréta, des eaux usées et autres déchets, éducation pour la santé, surveillance épidémiologique) dans l'économie de tout projet d'hydraulique, afin d'en contrecarrer les effets nocifs.

2.6.- Activités de la Direction de la Météorologie Nationale Service Agrométéorologie.

Situation institutionnelle du Service

Le Service Météorologique de Haute-Volta dont les premiers relevés datent de 1902 a été confié à l'ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne) en 1959 à la veille des Indépendances. Il ne s'est intéressé pendant longtemps qu'aux activités liées à la protection de la navigation aérienne.

La sécheresse exceptionnelle qui a sévi dans notre Pays a fait prendre conscience de l'insuffisance de nos connaissances dans le domaine de la Météorologie et par Décret N°72-278/PM/MTP/T/URB en date du 20 Décembre 1972 une Direction de la Météorologie Nationale a été créée pour s'occuper de toutes les activités Météorologiques dans tous les secteurs de développement.

Organisation du Service

La Direction Nationale de la Météorologie comporte :

- Des Services Centraux (Division Aéronautique, Climatologique, Agrométéorologique, Programmation et Etudes) qui sont basés à Ouagadougou.
- 9 Stations Synoptiques (Ouagadougou - Bobo-Dioulasso - Boromo - Dédougou - Dori - Fada-N'Gourma - Gaoua - Ouahigouya et Pô).
- 9 Stations Agrométéorologiques
- 11 Postes Climatologiques Secondaires
- 110 Postes Pluviométriques Officiels.

Les Activités du Service

Nous nous bornerons ici à ne parler que des activités de l'Agrométéorologie. Ces activités Météorologiques se résument en :

- Collecte, analyse et diffusion des informations météorologiques.
- Elaboration de certaines études telles que détermination des périodes favorables aux sémis, de l'arrêt des pluies, indispensables à la planification des activités agricoles.
- Participation aux travaux des structures de la recherche agronomique.
- Coopération très étroite avec la D.S.A. dans le cadre du suivi des cultures pendant la saison des pluies.

Dans le cadre général du développement de la Haute-Volta le développement des services structurés et efficaces en Météorologie appliquée constitue une priorité car les activités de ces services, visant à connaître le milieu environnement, contribuent au progrès dans les secteurs clés que sont l'agriculture, l'élevage, la gestion des forêts, l'approvisionnement en eau etc....

Tous les projets de développement qui s'inscrivent dans l'un ou l'autre des secteurs énumérés ci-dessus ont besoin lors de leur mise en place ou en cours d'exécution, d'informations météorologiques.

Les activités de la Division agrométéorologique font partie de celles d'un programme régional appelé programme Agrhymet qui est un projet C.I.L.S.S. dont le centre régional est à Niamey.

Les objectifs fondamentaux de ce programme sont :

- Fournir en temps utile les données météorologiques et hydrologiques nécessaires pour la mise en valeur du potentiel hydro-agricole, le suivi des cultures, l'amélioration des rendements agricoles, la conception de tous les projets d'aménagement du territoire.

- Améliorer les connaissances en matière de climats soudano-sahéliens et de rechercher les voies et moyens permettant de surmonter les difficultés inhérentes à ces climats pour permettre un développement de l'agriculture et de l'élevage, pour combattre la désertification et faciliter la maîtrise et les usages de l'eau.

Ainsi, dans le cadre du programme Agrhymet, la Division agrométéorologique collecte, analyse et diffuse les informations météorologiques régulièrement dans les bulletins agrométéorologiques décennaires. Ces bulletins peuvent assurer des appuis importants au développement de l'agriculture tels que :

- Etablissement de normes culturales adaptées aux conditions climatiques, définition des zones propices pour les diverses espèces et variétés.

- Détermination des besoins en eau des plantes

En dehors du programme Agrhymet, la Division agrométéo-
est sollicitée pour l'exécution des volets agrométéorologiques de certains projets à venir ou en cours d'exécution dans le pays.

Le problème essentiel de la division est celui de la transmission en temps quasi réel des données et la diffusion des informations météo en milieu rural.

MINISTÈRE DE L'HYDRAULIQUE
ET DE L'ÉNERGIE

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE

ÉTUDES ET RECHERCHES EN HYDRAULIQUE
EN MAURITANIE

UNIVERSITÉ

4806
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES
ET TECHNOLOGIQUES

FÉVRIER 1984

1 - LES SERVICES MAURITANIENS S'OCCUPANT D'HYDRAULIQUE

Le nouveau Décret 84/11 du 14 Janvier 1984, fixant les attributions du Ministre de l'Hydraulique et l'Organisation de l'Administration Centrale de son Département précise dans ses articles 1 et 9 que la Direction de l'Hydraulique est chargée de la recherche, de l'identification et de la gestion des ressources en eau et notamment.

- des études géophysiques, hydrogéologiques et hydrauliques
- de la planification de l'exploitation des ressources en eau
- de l'hydraulique villageoise et pastorale ainsi que de l'entretien des ouvrages correspondant.

- de l'étude et de l'exécution des ouvrages de production, de transport de distribution d'eau potable et d'assainissement dans les centres ruraux et urbains en concertation avec la SONELEC et en harmonie avec ses programmes d'études et de réalisation.

- du contrôle technique de tous les travaux se rapportant à l'eau (forage, puits, captage de sources, station de pompage, réseau de transport et de distribution, stations d'épuration et réseaux d'assainissements).

- de l'élaboration des projets de textes législatifs et réglementaires ainsi que du contrôle de l'application des lois et règlements en vigueur dans le domaine de l'eau.

La Direction de l'Agriculture au sein du Ministère du Développement Rural se voit confiée la responsabilité des réseaux hydrologiques et agrométéorologiques.

La Direction du Génie Rural est chargée de la politique d'aménagement de l'espace rural et de l'étude, de l'exécution et du contrôle des projets et programmes d'aménagement rural qui concernent notamment :

- les barrages et les digues
- les aménagements hydro agricoles et les infrastructures hydrauliques nécessaires au fonctionnement des périmètres irrigués
- l'utilisation des eaux dans les exploitations agricoles, en liaison avec la protection de la nature.

A ces 3 Directions Nationales viennent s'ajouter les actions que peuvent entreprendre les 3 Sociétés Nationales : SONADER (Société nationale pour le développement rural), SONELEC (Société nationale d'eau et d'électricité) et SNIM (Société nationale industrielle et minière - Société d'économie mixte).

De manière tout à fait exceptionnelle, dans le cadre des projets routiers, le Ministère de l'équipement peut également avoir des programmes comportant un volet hydraulique (alimentation en eau des chantiers routiers).

Nous avons aussi depuis peu de temps 3 bureaux d'étude Mauritaniens privés ayant dans leurs intentions des interventions dans le domaine hydraulique (EL ARAF CONSULT; SOTECO et SOCOTEC)

2 - LES ETUDES EN COURS OU EN PROJET

2 - 1 A l'Agriculture

Un grand programme financé par le FADES et la FAO pour la régénération des palmeraies et des gommeraies de Mauritanie prévoit un volet hydrogéologique important puisqu'il doit permettre la sélection des palmeraies à retenir dans le programme en fonction des ressources en eau disponibles (70 palmeraie à étudier).

2 - 2 Au Ministère de l'Equipement et des Transports

Une étude hydrogéologique importante a été réalisée dans le cadre général de l'étude de la route entre Nouakchott et Nouadhibou. Cette étude a permis de délimiter par géophysique (les sondages mécaniques auront lieu plus tard) les limites du biseau sec et du front salé dans les zones où jusqu'à présent il n'y avait pas eu de prospection.

Avec cette étude, ces deux limites importantes de l'Hydrogéologie du bassin Sud-Ouest Mauritanien sont donc connus sur pratiquement toute la bordure. La Direction de l'Hydraulique a mené l'étude du biseau sec par géophysique pour le Sud-de bassin entre Lekseiba et le fleuve Sénégal au sud de Maghama.

Il est prévu également au Ministère de l'Equipement dans le cadre du programme routier Aloun - Nioko du Sahel au Mali une étude hydrogéologique du tracé qui passe sur les grès d'Aloun et sur les pélites du Hodh.

2.3. LA SNIM :

La SNIM intervient pour son propre compte dans la recherche de l'eau nécessaire à l'exploitation minière et à l'alimentation en eau potable de son personnel.

Les recherches sont effectuées dans les formations du sédimentaire Infracambrien et dans les formations fracturés du socle de la dorsale Reguéibat.

Venant en aval de la prospection, la SNIM s'est orientée vers l'utilisation des eaux saumâtres, étant donné la faiblesse des eaux douces rencontrées dans son secteur géographique; une usine de traitement des eaux saumâtres par osmose inverse vient d'être installée. C'est un des points important qui mérite d'être souligné.

2.4. A LA SONADER :

La SONADER intervient sur le fleuve Sénégal avec ses programmes de périmètres irrigués (PPI, MPI, GPI) et dans l'aménagement de la zone du barrage de Foun El Gleyta (programme de 3600 ha).

Elle va aussi s'occuper de l'aménagement de la plaine de R'KIZ.

Elle intervient aussi très localement à N'Beika et dans la plaine Achram Diouk.

Son action d'étude dans le domaine hydraulique consiste en l'amélioration des techniques d'irrigation et de l'efficacité des réseaux d'irrigation.

A titre tout à fait expérimental, elle intervient au niveau de la petite hydraulique " domestique " pour l'alimentation en eau de ses bases avec :

- installation de petites pompes manuelles sur *poate* filtrante
- installation de 1 ou 2 éoliennes prévues en 1984 sur des pompes manuelles
- essai de pompe solaire en fin 84 ou 85.

2.5. INITIATIVES PRIVÉES :

Une initiative privée mérite d'être signalée étant donné le domaine dans lequel elle s'inscrit : il s'agit de l'installation d'une pompe solaire sur un forage d'exploitation situé dans la région du THARZA où la HMT est de 60 m.

La technologie est celle des panneaux photovoltaïque, la production journalière de l'ordre de 20 mètres cubes sera utilisée pour l'alimentation de la petite collectivité et de son bétail ainsi que pour le jardinage domestique.

2.6. AU GENIE RURAL :

Un programme d'amélioration d'utilisation des eaux à l'amont et à l'aval des petits barrages est en projet, il a pour but de permettre le développement de toutes les cultures possibles autour de ce type d'aménagement hydro-agricole. Le projet devrait débiter par la région du BRAKNA.

2.7. A LA SONELEC :

La SONELEC mène actuellement une étude sur le renforcement des réseaux d'alimentation en eau de la ville Nouadhibou (étude pour l'extension du champ de captage de Boulanour, étude la 2^e conduite en Ø 600 entre Boulanour et Nouadhibou, étude sur le renforcement du système de distribution l'étude financée par le FAC aboutit aux dossiers d'Appels d'Offres.

Pour Nouakchott, le même schéma d'action est prévu mais le dossier d'étude n'a pas été financé.

La SONELIC entend aussi porter son action sur le renforcement de ses réseaux dans les centres secondaires où elle intervient déjà.

2.6. A LA DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE :

Notre action est la plus structurée, nous intervenons à tous les niveaux : recherche, ouvrages, exhaure, maintenance, distribution. Depuis que la Direction est équipée en matériel de forage, nous avons développé la recherche d'eau en milieu fracturé en utilisant la technique du marteau fond de trou. En deux ans nous avons réalisé 13.000 mètres de sondages représentant 210 reconnaissances.

Cette reconnaissance des milieux fracturés a porté principalement sur les formations suivantes :

- les pérites fracturées et les dolérites du Hodh
- les formations fracturées gréseuses et calcaire de l'infra-cambrien de l'ADRAR
- les formations fracturées gréseuses du Cambro Ordovicien du TAGANT

Dans un proche avenir au travers des programmes d'Hydraulique Villageoise et Pastorale (CSAO, Arabie Saoudite) cette reconnaissance va se poursuivre. A ces formations que je viens de citer viennent s'ajouter :

- les formations de socle fracturées de l'Arc des Mauritanides dans la zone de l'Aftout et du Guidimaka.

Dans le domaine de l'exhaure, au travers des programmes d'hydraulique villageoise et pastorale, nous allons être confrontés avec les problèmes des pompes manuelles qui sont les suivant :

- maintenance
- faiblesse des débits
- sensibilisation et animation villageoise pour permettre de bien accueillir dans les collectivités ces technologies.

Au travers des reconnaissances en zone fracturées situées dans des régions où la pluviométrie est très faible (inférieure à 100 mm) la Direction de l'Hydraulique constate une certaine prédominance des eaux saumâtres par rapport aux eaux douces. Là où le choix n'est plus possible, la déminéralisation s'impose, nos actions prévoient en conséquence l'affinement de nos connaissances dans la technologie de la déminéralisation.

Notre inquiétude se porte aussi dans le domaine de la réalisation en particulier en zone fracturée .

L'exhaure solaire constitue un de nos espoirs. Après les " expérimentations " en date de 1978 (N'TAKAT et GAVAK), les concours de financement n'ont pas été très sensibles à la tendance visant la réalisation en système (il est vrai que l'approche de ce type d'usine à partir des populations rurales n'est pas toujours très simple) , mais nous devons agir comme le nôtre fortement ensoleillé et non producteur de pétrole. La solution "Solaire" reste séduisante. On annonçait en 1980 la baisse de 20% du coût des panneaux photovoltaïques , 4 à 5 ans plus tard nous sommes revenus en de concertant l'évolution du marché. La direction de l'Hydraulique poursuit l'amélioration de ses connaissances dans ce domaine , de plus nous avons programmé l'équipement de certains de nos forages avec un matériel utilisant l'énergie renouvelable .

1.4 - INTERVENTIONS DU CIEH SOUHAITEES

Face à nos différents projets , nous souhaitons que le CIEH envisage l'inscription des actions suivantes dans son programme 1984 - 1986 :

- 1.1 - Programme de datation et d'étude sur la recharge des nappes fracturées, couvrant l'ensemble des pays membres et les différents types de formations fracturées ainsi que les différentes conditions pluviométriques rencontrées.
- 1.2 - Etude des unités de déminéralisation : il s'agira de faire le point précis sur les différents aspects de la déminéralisation des eaux saumâtres (2 à 5 g/litre) pouvant produire jusqu'à 1000 m³ / jour.

L'étude devra envisager l'aspect technico économique, mais également la fiabilité des différents systèmes actuellement sur le marché, les problèmes de leur maintenance, et les possibilités de transfert technologiques. Nous ne pouvons que nous réjouir d'être confrontés avec le problème du choix de travaux d'un aspect d'Offres International, hors jusqu'à présent dans la littérature les éléments de comparaison sont peu fréquents.

2.3 - Etude de l'état des pompes manuelles à faibles débits sur l'Inde : Le problème des débits est un handicap pour les villages obligés de constituer de longues files d'attente afin de venir d'eau peut on envisager de contourner ce problème (sauf à modifier des ouvrages, contre puits ou autre). Un recensement des villages équipés de pompes manuelles effectués au cours de l'année dernière associé à l'expérience des villages de l'opération "P.V." en cours permettra d'envisager les réponses de nos collègues généralistes de la Décennie sous un angle technique qualitatif.

2.4 - Le solaire en Mexique méridional en 1984 : Une étude à la fois technique et commerciale des différents systèmes existants (avec thermodynamique ou vote photovoltaïque - courant alternatif ou courant continu), et des différentes fabrications actuellement sur le marché nous semble s'imposer. En effet nous avons connu par suite de visites de missions d'experts de "Mésarie", ceux-ci nous posent généralement muets face à nos questions relatives (coût - fiabilité - maintenance - transfert technologique - accueil des pompes en milieu villageois - etc.). Les brochures vantent hautement les systèmes proposés. La littérature sérieuse se contente de généralités. Alors quel est l'exactement de l'exhaure solaire en 1984 ? Dans quelques temps nous allons avoir comme actuellement pour les pompes manuelles des dizaines d'entreprises spécialistes qui vont nous raconter "qu'elles font du solaire depuis 20 ans dans le monde entier, et que depuis toujours leur technologie a donné entière satisfaction... etc etc..." A la place de ces futurs rapports commerciaux il serait préférable d'envisager une étude comparative.

3.5 - Etude sur la programmation de la petite hydraulique urbaine des centres administratifs secondaires : celle-ci est appelée à connaître un développement lié à certaines infrastructures (collège - dispensaire - préfecture - centre de distribution de vivres etc...) qui amènent des concentrations de population . Quel choix technico économique doit on faire pour ces centres face à une certaine précarité des ressources en eau et à un minimum vital à assurer aux populations résidentes ? Une étude dans ce domaine nous semble souhaitable .

3.6 - Introduction de l'informatique dans nos services nationaux de l'hydraulique : Le CIEH s'est informatisé , n'est il pas possible à l'heure où l'informatique envahit le quotidien domestique à l'étranger , que les services techniques comme ceux de l'hydraulique soient dotés de ces équipements ? Cette " mode " nécessaire est assez difficile à mettre en œuvre au niveau des financements, sur les budgets nationaux c'est exclu , les sources de financements sont réticentes , par quel biais nos directions peuvent-elles s'informatiser si ce n'est celui du CIEH. IL nous semble urgent de prévoir au sein du comité une action concertée pour que nous soyons tous dotés de systèmes équivalents et que nos programmes de traitements soient homogénéisés . Une étude des besoins ressentis par chacun aboutissant à un choix d'équipement standardisé devrait être mis en œuvre dès maintenant et une requête auprès des bailleurs de fond sensibles à cet aspect devrait leur être soumise rapidement .

ANNÉE DE LA

JOURNÉES TECHNIQUES

DU

C.I.R.H.

LA POLITIQUE HYDRAULIQUE DU NIGER

VOLUME : POLITIQUE, RECHERCHE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

LIBRARY

4806

Library of Reference Centre
to the National Water Supply

1981

I - INTRODUCTION

L'eau dans tous les pays du monde et particulièrement au Niger a toujours été à la pointe du développement.

Dans le plan quinquenal 1979/1983, le Niger a posé comme champ d'action, celui déterminé par les trois axes fondamentaux suivants :

- 1) La recherche de l'autosuffisance alimentaire
- 2) La recherche d'une indépendance économique
- 3) L'instauration d'une Société de Développement.

En matière d'hydraulique, la politique nationale a été fixée comme suit :

II - GRANDES ORIENTATIONS GÉNÉRALES ET A LONG TERME

Pays du Sahel où les réserves en eau, pour l'alimentation des populations et du cheptel, pour agriculture et pour les industries, sont loin d'être abondantes à cause de la rareté ou de la difficile accessibilité aux différentes ressources, le Niger a opté cependant pour une politique de l'eau basée sur le droit à l'eau pour tous.

En continuant cette politique il s'agit à long terme et dans une optique globale :

- de réaliser des installations et des aménagements hydrauliques susceptibles de prévenir, d'atténuer ou d'empêcher toute calamité liée à l'eau ;
- d'instaurer une politique de l'eau assurant une utilisation rationnelle et économique des ressources ;
- de fournir en quantité suffisante et qualité acceptable de l'eau à toute agglomération humaine (Ville, Village, Hameau) ou site pastorale aménagé ;
- de fournir de l'eau aux industries ;
- de maîtriser les ressources en eau afin d'assurer le développement de l'agriculture par voie d'irrigation ;
- d'aménager le Fleuve Niger aux fins de l'irrigation, de la production d'énergie hydro-électrique et de la navigation.

La maîtrise de l'eau jusqu'à sa mise à la disposition des utilisateurs demeure toujours un problème crucial qui mérite une mobilisation importante des ressources pour arriver à un niveau acceptable répondant aux besoins légitimes.

.../...

III - PROGRAMME A COURT ET MOYEN TERME

Poursuivant les objectifs fixés dans les grandes orientations générales en matière d'hydraulique il s'est avéré nécessaire de disposer d'une structure servant de support à toutes les formes d'utilisation possibles des eaux au Niger.

La Direction des Ressources a été créée dans ce but et a pour vocation, à court et moyen terme et en matière des ressources en eau de :

- Centraliser toutes les informations disponibles en matière des ressources en eau ;
- Procéder à leur analyse quantitative et qualitative ;
- Porter à la connaissance des différents usagers l'ensemble des informations qui leur sont utiles ;
- Poursuivre les observations en vue d'une réactualisation périodique des informations et données ;
- Poursuivre la coordination des activités nationales relatives à l'intervention des organismes régionaux et internationaux spécialisés en matière de ressources en eau ;
- Poursuivre l'action de recherche d'un outil de planification d'utilisation et de développement des ressources en eau du Niger ;
- Poursuivre la recherche d'un cadre juridique de l'exploitation et la gestion des ressources en eau du Niger, qu'elles soient entièrement nationales ou partagées avec d'autres Etats.

IV - OBJECTIFS DES ETUDES, RECHERCHES APPLIQUEES DANS LE DOMAINE DES RESSOURCES EN EAU POUR UNE MEILLEURE GESTION

Les secteurs de développement consommateurs et utilisateurs de l'eau et les informations qui y sont liées sont très nombreux en général et au Niger nous pouvons citer :

l'Agriculture

l'Elevage

la Pêche

l'Approvisionnement en eau des populations

.../...

L'Assainissement Urbain et Rural

Le Transport Aérien

L'Aménagement Touristique

La Production d'Énergie

L'Industrie

Les Forêts, etc.

Pour maintenir l'équilibre de tous ces secteurs de développement, la Recherche en Eau a devant elle un tableau très vaste comme objectif à atteindre. Il s'agit de procéder à :

1) La détermination des potentialités en eau de surface :

- 1) La détermination des potentialités en eau de surface
- 2) La répartition de ces eaux dans le temps et dans l'espace
- 3) La construction de cartes de points d'eau permanents, ou non, notant en ce qui concerne les eaux naturelles et les retenues artificielles

4) La détermination des disponibilités des eaux de surface (réseau d'observation adéquat)

5) La détermination des caractéristiques des écoulements sur petite et sans versants (protection des zones sensibles et périmètres de cultures)

6) La détermination des écoulements des eaux pluviales dans les centres urbains (plan directeur d'aménagement)

7) La détermination des superficies du pays menacées par l'érosion pluviale

8) La détermination des sites propices à une retenue d'eau de surface, et détermination des caractéristiques hydrauliques des ouvrages

9) La détermination des zones préférentielles de recharge des nappes souterraines importantes et plan de protection de ces zones

10) La recherche sur le captage direct des eaux de pluie et leur stockage pour la consommation humaine, animale et végétale (impluvium).

4-2 Dans le domaine des eaux souterraines

- 1) La détermination exacte de toutes les nappes hydrogéologiques
- 2) La répartition géographique, leur limite exacte et leurs potentialités hydrauliques
- 3) L'inventaire complet de tous les ouvrages captant les eaux souterraines dans l'ensemble du Territoire national, leurs états et leurs caractéristiques
- 4) La définition du type d'ouvrage hydraulique adaptable à chaque village en République du Niger et les potentialités existantes au droit du village
- 5) La définition de toutes les zones où l'eau souterraine peut donner des débits supérieurs à la consommation humaine, et analyse du problème en vue d'autres usages ultérieurs (agriculture)
- 6) La définition de toutes les zones où l'eau souterraine est jaillissante
- 7) La délimitation exacte des zones où l'eau souterraine est impropre à la consommation humaine
- 8) La définition des zones où l'eau souterraine présente de fortes anomalies thermiques
- 9) Le bilan annuel des nappes en regard à l'exploitation et à la recharge annuelle (réseau piézométrique)
- 10) L'assèchement de la recharge des nappes déficitaires et sollicitées par les méthodes artificielles.

4-3 Dans le domaine de gestion des eaux

En plus de ces programmes, la Direction des Ressources en Eau vise un certain nombre d'action devant apporter une amélioration et des garanties dans le système de gestion des ressources en eau du pays.

- 1) La mise sur pied d'un Laboratoire national d'analyse d'eau.
- 2) L'élaboration et l'application d'un plan directeur de développement et d'utilisation des ressources en eau. Cet outil permettra d'orienter chaque usager de l'eau et permettra de prendre en considération les conséquences de chaque action sur l'environnement d'une part et d'autre par sur l'opportunité d'implanter d'autres actions dans un secteur donné.
- 3) L'élaboration et l'adoption d'un code national de l'eau, dans lequel les modalités de prélèvement et d'évacuation ainsi que les normes de qualité des eaux doivent être clairement définies dans les textes législatifs.
- 4) L'élaboration et la signature des accords juridiques sur l'utilisation et l'exploitation des eaux de surface partagées entre le Niger et

(1) - PROJETS DEMARRANT EN 1983

T R A V A U X	PREVISION PRIX ACTUELS en CFA	FINANCEMENT	SOURCE	OBSERVATIONS
<u>NIAMEY</u>				
1) - Evacuation des Eaux Pluviales Travaux d'Urgence 2ème Phase				
- Collecteur voie principale BOUKOKI)			E.A.D.	Déarrage des
- Collecteur voie n°11 DANKELEB)			E.N.I.	travaux cours
- Collecteur centre ville)			E.N.	2ème Semestre
- Ouverture de caniveaux : 3 200 ml	4 000 000 000	Acquis		1983
2) - Mesures Anti-Typiques				
- Aménagement de la piscine de BIZIYI	275 000 000	à rechercher en partie	K.F.W.	20 000 000 F/CF sont disponible sur Fonds K.F.W N° 8155 557
3) - Assainissement et mesures d'hygiène Niamey	1 500 000 000	Acquis	EPN (P.C) E.N / Agadez	Projet en cours d'exécution
<u>AGADEZ</u>				
- Protection de la ville d'Agadez	600 000 000	Acquis	EPN/CEZ	Déarrage des travaux 1er Sem tre 1983
<u>YAKO</u>				
- Utilisation des reliquats phase II (achat de pièces de rechange, matériel, construction d'un bloc sanitaire, traitement des ordures)	210 000 000	Acquis	K.F.W.	2è Semestre 82

(1) - TRAVAUX PROGRAMMES EN 1983 ET SE POURSUIVANT EN 1984 - 1985

T R A V A U X	PREVISION PRIX ACTUELS EN CFA	FINANCEMENT	SOURCE	OBSERVATIONS	
<u>NIAMEY</u>					
) - Evacuation des Eaux Pluviales Travaux d'urgence 2 ème phase	NIAMEY	4,000,000,000	Acquis	B.A.O. F.N.I. B.N.	Démarrage des travaux courant 2 ère Semestre 1983
- Collecteur voie principale BOUKOUMI) - Collecteur voie n° II GANKALLE) - Collecteur centre ville) - Couverture de caniveaux : 3,200 ml	8,100 ml				
) - Mesures Anti-Erosives					
- Aménagement de la ravine de DEZIRAGON - Travaux divers	273,000,000	à l'arrachon en partie	K.F.W.	20,000,000 F/CFA s. disponibles sur For K.F.W. AL 3155 557	
) - Assainissement et réseaux d'hygiène					
	1,500,000,000	Acquis	A.P. (F.N.I.) B.N. (B.N.)	Bijou et cours d'assainissement	
<u>AGADEZ</u>					
- Protection de la ville d'Agadez	590,000,000	Acquis	B.F.A./O.T.Z.	Démarrage des tra 1 ère Semestre 198	
<u>MARADI</u>					
- Utilisation des reliquats pressés II (pièces de pièces de rechange, matériel, construction d'un bloc sanitaire)	150,750,000	Acquis	K.F.W.	2 è SEMESTRE 83	

<u>VILLE DE MARADI</u>			
- Assainissement Maradi Phase II,.....	900.000.000	R.F.A. / K.F.W.	
- Etude d'un Pont de Stabilisation du Goulbi,.....	113.000.000	Budget National	80 - 81
	146.000.000	R.F.A. / K.F.W.	80 - 81
<u>VILLE DE ZINDER</u>			
- Assainissement et Mesures d'Hygiène,.....	300.000.000	R.F.A. / G.T.Z.	81 - 82
<u>VILLE DE TARGOYA</u>			
- Assainissement et Mesures d'Hygiène,.....	150.000.000	R.F.A. / G.T.Z.	81 - 82
	40.000.000	F.N.I.	82
<u>VILLE DE DOSSO</u>			
	N E A N T	-	-
<u>VILLE D'ARADEZ</u>			
- Protection d'Agades (travaux provisoires),.....	95.000.000	R.F.A. / G.T.Z.	81
<u>TOTAL - ANNÉE 79/82</u> ,.....	<u>6.195.500.000</u>	-	-

NOTA : Ce montant n'inclut pas les investissements réalisés par les collectivités aux Fonds propres.

i - V) - BILAN CHIFFRE DE L'EXECUTION DU PLAN QUINQUENNAL 79/83

DANS LE DOMAINE DE L'ASSAINISSEMENT

Période 79/82 (4 ans)

TRAVAUX EXECUTES	MONTANT EN F./C./F.A.	SOURCE	PERIODE D'EXECUTION
<u>VILLE DE NIAMEY</u>			
Schéma Directeur d'Assainissement.....	81,500,000	R.F.A. / R.F.	80 - 81
Travaux d'urgence 1 ère tranche.....	2,000,000,000	F.M.D. 81/82	80 - 81
Aménagement de l'embouchure du Gouny Yéa.....	3,130,000,000	Région de Niamey et autres sources	81 - 82
Assainissement quartier Garde Républicaine.....	100,000,000	F.M.D. 79	79 - 80
Assainissement quartier Présidence.....	150,000,000	F.M.D. 80/81	80 - 81
V.R.D. Cité Fayçal.....	200,000,000	F.M.D. 79	79 - 81
V.R.D. Cité C.O. I.....	100,000,000	Présidence	81 - 82
Assainissement du quartier de l'Hôtel des Postes.....	45,000,000	F.M.D. 80/81	80 - 81
Assainissement zone Industrielle.....	500,000,000	Etat (Finland)	80 - 81
Blocs sanitaires publics Mairie.....	200,000,000	Budget National	82
Stations d'épuration CNAREX, FC-21, G. EKO, et Ecole des des Sciences de la Santé.....	F. M.	-	80 - 81

1964

Le présent rapport est le fruit d'un travail de maintenance des infra-

structures financé par le Service National des Eaux.

DOC/CIEH/JT/EM/SENEGAL

JOURNEES TECHNIQUES
12e CONSEIL DES MINISTRES
DU C.I.E.H.
20-21/2/84.
YAOUNDE

Les études dans le secteur Hydraulique Agricole
au Sénégal

—0—

par

DIRECTION DE L'EQUIPEMENT RURAL
MINISTRE DE L'HYDRAULIQUE
REPUBLIQUE DU SENEGAL

LIBRARY 4806
International Reference Centre
for Community Water Supply

I - INTRODUCTION.

L'autosuffisance alimentaire constitue l'une des priorités de la République du Sénégal en matière de développement agricole. Pour atteindre cet objectif, le Sénégal s'est engagé dans un vaste programme d'aménagement hydroagricole pour la culture céréalière et notamment rizicole.

En effet, le riz occupe de loin la première place parmi les aliments importés avec plus de 400.000 tonnes en 1982. Même les régions qui possèdent des potentialités agricoles importantes (Fleuve, Casamance) n'arrivent pas actuellement à s'autosuffire.

Les paysans n'ont pratiquement que leur force physique pour lutter contre les contraintes défavorables du milieu. En effet, les grands aménagements fluviaux ne sont pas encore fonctionnels ; l'irrigation et la mécanisation sont le plus souvent hors de portée des moyens techniques et financiers des ruraux. De vastes superficies sont inexploitées ou sous-exploitées faute de moyens techniques appropriés.

Le Sénégal est une nation jeune sur le plan de l'irrigation. En effet, à part le projet sur le Fleuve Sénégal, tous les autres en matière d'aménagements hydroagricoles sont de conception récente, datant d'après l'Indépendance (1960) et ce n'est que dans les quinze dernières années, avec la sécheresse persistante au Sahel que ces projets ont connu un réel développement.

Il s'agit des barrages anti-sel qui représentent une expérience intéressante. Il existe pour l'instant peu de réalisations (Guidel, Bignona très prochainement) mais beaucoup de projets qui sont maintenant bien fondés sur une masse importante d'études et de recherches (Bafla, Kamobeul, Soungrougrou).

II - SITUATION ACTUELLE.

II-A./ AGRICULTURE ET POPULATION RURALE.

Le Sénégal avec ses 196.722 km² a une population estimée à environ 6.000.000 d'habitants en 1982.

L'agriculture n'occupe que 13 % de la superficie totale du Sénégal soit 2,7 millions d'hectares mais emploie 70 % de la population pendant la saison des pluies, soit 4 à 5 mois par an. Cette agriculture se caractérise par une forte dépendance des conditions climatiques, la domination du système arachide/mil (80 % des surfaces cultivées) et un important déficit vivrier.

II-B./ DONNEES PHYSIQUES.

Le Sénégal est un pays plat : l'altitude du socle (appelé "Continental Terminal") ne dépasse pas en général quelques dizaines de mètres jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de distance de la côte. Les pentes longitudinales des vallées sont de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} .

Le climat de type sahélien au Nord ou Soudano-Sahélien au Sud comporte une saison sèche marquée, suivie d'une saison des pluies totalisant de 350 à 1.500 mm de pluviométrie en moyenne étalés sur 3 à 5 mois, selon que l'on considère le Nord ou le Sud du pays.

Ces valeurs sont sujettes à de fortes fluctuations selon les années, et on observe d'ailleurs depuis les quinze dernières années un cycle de sécheresse particulièrement net et persistant.

Dans ces conditions, seuls les fleuves provenant des régions éloignées plus arrosées sont à écoulement permanent (Fleuve Sénégal - débit moyen annuel 750 m³/s, débit moyen d'étiage 10 m³/s ; Fleuve Gambie - débit moyen annuel 280 m³/s, débit moyen d'étiage 2,5 m³/s.

Les autres vallées (affluents des fleuves Sénégal et Gambie, Sine - Saloum, Casamance et ses affluents) ne sont le siège d'un écoulement d'eau douce que pendant une partie de l'année.

II-C/ LES MECANISMES DES REMONTEES SALINES.

Le lit mineur de ces fleuves est souvent situé plus bas que l'océan ; dès que le débit descend au-dessous d'un certain seuil (50 à 100 m³/s), les volumes d'eau salée qui remontent de l'aval vers l'amont à l'occasion de chaque marée haute ne sont plus négligeables devant les apports d'eau douce.

Il s'y ajoute une propagation du sel par simple diffusion, et enfin de saison sèche, les eaux salées ont pénétré de 150 à 250 km dans les vallées.

De plus, dans certains estuaires particulièrement plats (Sine Saloum, Casamance), des centaines de milliers d'hectares de terres sont soumis chaque jour au recouvrement puis au découvrément dus aux marées.

Ces terres sont donc recouvertes quotidiennement par des eaux dont la teneur en sels augmente progressivement au cours de la saison sèche.

.../...

II-d/ LES SOLS ET LEURS POTENTIALITES.

Les sols situés aux abords de ces fleuves et à proximité des embouchures sont en général inondés d'eau douce à chaque hivernage et par conséquent dessalés superficiellement. Cependant il faut distinguer ensuite :

- les sols du delta du fleuve Sénégal dont la nappe sous-jacente est salée mais qui ne sont pas recouverts d'eau salée en saison sèche ; un endiguement permet de plus de contrôler les venues d'eau ;

- les sols du Bas-Saloum, de certaines cuvettes le long de la Gambie et de Basse Casamance, qui sont inondés d'eau salée à chaque marée haute.

Ce dernier cas produit un faciès géomorphologique bien connu comportant le "Schorre" et le "Slikke".

	a) niveau des marées exceptionnelles
	b) niveau des marées de vive eau
Schorre	c) niveau des marées de morte eau
Slikke	d) niveau de marée basse

Dans les conditions climatiques du pays, le Slikke est composé de vasières peu évoluées ou sulfatées acides, tandis que le Schorre comprend des sols argileux sulfatés acides et sursalés.

A titre d'exemple, on peut donner le tableau suivant établi à partir d'une étude détaillée en Casamance.

Principaux résultats d'analyse						
Principaux types de sols rencontrés.	% argile	Humidité à saturation	C/N	Capacité d'échange me/100g	p H	Conductivité au 1/10 en mmho
Sols hydromorphes humifères à gley (non salés)	30 à 60	20	5 à 20	15 à 20	5 à 7	4

!	!	!	!	!	!	!	!
!Sols salins acidifiés à !	!	!	!	!	!	!	!
!encroûtement salin (Schor !	!	!	!	!	!	!	!
!re) (1) !	!	!	!	!	!	!	!
!	!	!	!	!	!	!	!
!Sols hydromorphes humi- !	!	!	!	!	!	!	!
!fères à gley, salés ou !65 à 75 !90 et plus 18à25 ! 15 à 25 !5 à 6 ! 8 à 15 !	!	!	!	!	!	!	!
!salés acidifiés (Slikke) !	!	!	!	!	!	!	!
!(2) !	!	!	!	!	!	!	!
!	!	!	!	!	!	!	!

N.B. : Il s'agit de chiffres moyens et non des extrêmes.

(1) Appelés aussi sols sulfatés acides (2) aussi sols parasulfatés acides.

Les pratiques agricoles :

Malgré ces conditions écologiques difficiles, les agriculteurs pratiquent la riziculture de diverses manières :

- dans le delta du fleuve Sénégal sur les terres protégées des inondations par des endiguements, irriguées par pompage dans le fleuve et munies d'un système de pompage pour l'exhaure des eaux salées de drainage.

Cependant, la remontée des sels dans le fleuve dès le mois de février empêche l'irrigation de saison sèche, et donc la double culture sur les périmètres aménagés ;

- le long du fleuve Gambie où les fluctuations de niveau dues aux marées se font sentir, bien qu'au tout début de la saison sèche l'eau soit encore suffisamment douce. On peut alors irriguer les rizières en utilisant les remontées bi-quotidiennes du plan d'eau ("riz de marée") ;

- en Basse Casamance, pendant la saison des pluies sur les vasières inondées par le ruissellement d'eau douce et protégées des marées de petites digues (Polders). Cette pratique est en forte régression actuellement car depuis la sécheresse, on ne peut plus dessaler suffisamment longtemps les eaux et les sols.

Les calendriers cultureux peuvent être schématisés approximativement comme suit :

.../...

Mois	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.
Pluies	...	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Crues	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Delta du Sénégal (Irrigation)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Récolte	-----	-----
Bords de la Gambie (riz de marée)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Récolte
Casamance (pluvial)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Récolte

N.B. : Il s'agit du calendrier suivi par la majorité des agriculteurs bien que certains soient considérablement décalés par rapport à ce tableau.

III/ LES AMENAGEMENTS PREVUS :

III/A. - P O T E N T I A L I T E S :

Les pays envisage de grands développements des aménagements hydroagricoles puisqu'il est prévu d'aménager dans la vallée du fleuve Sénégal 240.000 hectares sur la rive sénégalaise, 50.000 hectares en Casamance Maritime (terres salées), 15.000 ha dans le bassin de l'Anarbé et 24.000 hectares dans le bassin versant de la Gambie.

Le potentiel du pays en terres aménageables est donc de l'ordre de 350.000 hectares, compte tenu des ressources en eau disponibles.

III/B - LES AMENAGEMENTS PREVUS POUR LUTTER CONTRE LE SEL :

III/B.1 - Typologie des Aménagements :

Les aménagements hydroagricoles seront de types différents selon les facteurs essentiels suivants :

- a) la situation topographique des terres,
- b) la nature des sols,
- c) le bilan hydrique au site du barrage anti-sel.

a) En saison des pluies, le niveau du fleuve fluctue mais se trouve toujours par moments supérieur au niveau des terres. Il faut alors déclarer la culture vers une période moins favorable et nécessitant l'irrigation, soit protéger les terres par des endiguements, soit contrôler très finement le niveau des inondations pour maintenir un plan d'eau compatible avec la croissance des plants.

En saison sèche, lorsqu'il y a encore de l'eau douce, l'irrigation est possible par pompage.

b) Les sols salins de type hydromorphe sont dessalés par lessivage grâce à un réseau de fossés à ciel ouvert.

L'aménagement est alors classique et schématisé ci-après : (type Delta du Sénégal).

Par contre, les vasières parasulfatées acides ne peuvent être dessalées ainsi. En effet, le sol, une fois asséché, s'acidifie très rapidement par suite de toute une série de réactions chimiques complexes et le sol devient stérile. On dessale donc ce cas par diffusion dans une lame d'eau douce des sels contenus dans les premiers centimètres du sol. Le réseau de drainage reste indispensable pour l'évacuation des crues provenant de l'amont, mais le niveau d'eau dans les fossés doit être contrôlé en permanence. L'aménagement de ce type est schématisé ci-après : - (type Casamance).

A titre d'exemple, les quantités d'eau douce nécessaire pour ramener la salinité du sol à 5 mmho sur les dix premiers centimètres du sol sont les suivants, en mm :

Salinité initiale de l'extrait au 1/10 en mmho	Humidité à saturation totale en %				
	20	35	62	80	125
20			550	500	450
10	600	500	450	400	350
5	500	450	350	350	300

c) Une fois le barrage anti-sel construit, et selon les caractéristiques du bassin versant, on disposera d'eau douce en amont toute l'année, ou pendant une partie de l'année seulement.

L'eau douce doit être en quantité suffisante pour d'une part dessaler les terres et d'autre part compenser l'évapotranspiration des cultures. Selon les cas, on utilisera la pluie, le ruissellement et/ou l'irrigation, pour une double culture ou pour une simple culture.

III/B.2 Exemples de barrages anti-sel :

Concrètement, cela conduit aux cas suivants au Sénégal et en Gambie.

- 1) Le barrage de Diama sur le fleuve Sénégal (en cours de construction):
En amont du barrage, des endiguements seront construits, rehaussés quand ils existent déjà, de façon à maintenir dans le lit mineur du fleuve un plan d'eau à niveau constant (sauf en fin de saison sèche). Les sols hydromorphes seront cultivés en double culture avec irrigation par pompage et drainage vers des dépressions naturelles non cultivables.
- 2) Sur le Salouni, et la Casanance, les apports d'eau douce sont insuffisants pour envisager des ouvrages techniquement fiables.
- 3) Sur les affluents de la Casanance, les apports sont suffisants pour dessaler les terres et effectuer une culture d'hivernage. Les fluctuations des niveaux d'eau à l'aval du barrage permettent un drainage par gravité en un contrôle précis du niveau d'eau à l'amont. Par contre en saison sèche, l'évaporation dépasse largement les apports et le niveau des nappes baisserait dangereusement (risque d'acidification) si le barrage restait fermé. On est donc contraint chaque

.../...

année en saison sèche de faire pénétrer l'eau salée à l'occasion des marées hautes. Cette manoeuvre obligera à dessaler les terres chaque année en début de saison des pluies, mais évitera une acidification irréversible des vasières.

Le schéma suivant donne le principe de fonctionnement d'un tel barrage.

Un barrage de ce type existe à Guidel, un second est en voie de construction à Bignona et d'autres sont projetés à Diango, Nyassia, Baïla etc...

4) Sur le fleuve Gambie, le barrage de Balingho (en cours d'étude) permettra à l'amont de pratiquer :

- sur les terres basses : une riziculture de marée identique à celle des affluents de la Casamance, mais en saison sèche,
- sur les terres hautes, une double culture de riz en maîtrise totale de l'eau identique à celle du Delta du Sénégal.

Les sites de ces barrages sont portés sur la carte en annexe.

IV/ RECHERCHE SUR L'IRRIGATION ET LE DRAINAGE :

Ceux-ci concernent essentiellement les zones salées en Casamance.

Des expérimentations ont déjà eu lieu sur les casiers pilotes de Médina et Diéba desquels les considérations suivantes ont été tirées :

- Pour le système de drainage du casier à pompage de Médina.

La comparaison de l'évolution de la salinité selon les divers systèmes de drainage aménagés dans le casier à pompage de Médina permet de conclure que :

- Un drainage au moyen de fossés donne un dessalement sensiblement meilleur que celui obtenu en moyen de tuyaux de plastique.
- Il est sans intérêt de donner aux fossés de drainage plus de 1.0 m de profondeur.
- Un réseau dense de fossés peu profonds (équidistance de 20 m et profondeur de 1,0 m) donne le meilleur résultat au point de vue du dessalement et favorise notamment le plus le dessalement saisonnier de la couche de labour.

- L'acidification du sol comme conséquence de l'assèchement :

Bien que de très basses valeurs du p H aient pu incidemment être trouvées, on peut admettre en prenant pour base les observations faites dans le casier pilote de Médina qu'un danger d'acidification excessive sur de fortes superficies ne se présente pas lors du drainage des sols d'argile marine non mûrs des vallées de la Basse Casamance, à condition que les sols soient maintenus constamment humides, même par l'introduction d'eau salée en saison sèche si nécessaire.

- L'Aménagement du type Diéba :

L'hypothèse que l'aménagement d'un simple réseau de fossés de drainage peu profonds rendrait possible d'utiliser pour la riziculture traditionnelle de grandes étendues de terrains qui ne sont pas cultivées actuellement a été confirmée par les résultats obtenus dans le casier pilote de Diéba, en année de pluviométrie normale.

Les meilleurs rendements moyens en paddy ont été obtenus en aménageant un réseau de fossés de 1 m de profondeur et ayant une équidistance de 100 m, reliés entre eux par des rigoles de 0,40 m de profondeur avec une équidistance de 20 m.

Il s'est avéré que même les tannes stériles (schorres) sont des rizières potentielles.

L'aménagement du type Diéba montre donc que l'extension des surfaces rizicoles est possible au moyen d'intervention assez simples. Les résultats restent toutefois sous la dépendance de conditions sur lesquelles aucune action ne peut s'exercer, à savoir : la durée de la période pendant laquelle l'eau du marigot qui pénètre dans le réseau de fossés est suffisamment dessalée (ce qui dépend de la pluviométrie et de la surface du bassin-versant) et la quantité ainsi que la répartition des précipitations totales qu'exige la culture du riz.

En ce qui concerne l'évolution de la salinité, les mesures dans les parcelles du casier pilote de Médina qui sont en communication directe avec le marigot confirment également qu'un réseau de fossés peu profonds favorise le plus le dessalement saisonnier de la couche arable.

Cette recherche a été menée à petite échelle et doit se poursuivre en vraie grandeur avec :

- 1°) les projets d'exécution des périmètres pilotes d'Etoné et d'Ediougou (50 ha) dans le bassin du Kamobeul,
- 2°) le projet de réalisation du casier pilote de Diango (300 ha) dans la vallée du Soungrougrou,
- 3°) Le polder expérimental de Baïla (78 ha),
- 4°) L'aménagement de la vallée de Guidel (860 ha).

Ces périmètres pilotes, qui se seront peut-être pas tous réalisés simultanément, permettront de confirmer à grande échelle les hypothèses retenues dans les études sur le dessalement des terres et les risques d'acidification, la participation des paysans à l'aménagement, les techniques cultures et les rendements, les risques exacts pour la santé de la population et pour l'environnement (pêche et production forestière).

V/ PROBLEMES RELATIFS A L'IRRIGATION ET AU DRAINAGE :

Ces problèmes sont principalement :

1) La salinité de l'eau et des sols : dans les régions du Fleuve et de la Casamance, la remontée de la langue saline se fait sentir très à l'intérieur (des terres) rendant ainsi la ressource en eau inapte à l'irrigation.

D'autre part, les sols sont souvent salés et nécessitent beaucoup de précautions. En Casamance, il faudra éviter un important drainage des sols de mangrove dont la conséquence serait l'acidification des terres et l'impossibilité de toute culture. La sécheresse récente a obligé à revoir la conception de certains périmètres où l'on pensait autrefois qu'un simple drainage serait suffisant, alors qu'il faut maintenant y prévoir un complément d'irrigation.

C'est le cas de la Casamance Maritime où les terres rizicultivables ont considérablement regressé ces dernières années.

2) Le Remembrement des terres qui permette la rationalisation du parcellaire.

3) Le rythme lent du Développement des Aménagements causé par toutes sortes de facteurs : capacité d'endottement limitée, relative inexpérience du paysanat et de l'encadrement en la matière, mauvaise coordination entre Ministère de l'Hydraulique et du Développement Rural et sociétés d'Aménagements etc...

VI/ LES PRINCIPAUX PROBLEMES DANS LA CONCEPTION D'UN BARRAGE ANTI-SEL

6.1. Le Choix du Site :

Outre des conditions topographiques et géologiques favorables, c'est-à-dire permettant de protéger une superficie importante avec un volume minimal de remblai, il faut accorder une attention très poussée au bilan hydrique et aux types de sols.

Ceci nécessite des études de factibilité longues et coûteuses.

En général on ne dispose pas au départ de mesures hydrologiques sur une longue période pour les rivières à écoulement non permanent et les estimations sont très délicates à établir. On procède en général par formule pour définir les ruissellements et l'évaporation. Pour les sols des études topographiques (prises de vues aériennes, profils en long des marigots et profils en large des bas-fonds) sont nécessaires ainsi que des études pédologiques (échelle du 1/20.000e au moins).

Les critères agro-sociologiques jouent un rôle très important car ils permettent de définir les superficies cultivables en fonction de la population résidente.

6.2. Les Terrassements :

Les barrages anti-sel sont de faible hauteur. Le principal problème est celui des fondations de portance très faible, avec une épaisseur de vases pouvant dépasser une dizaine de mètres.

A titre d'exemple, on donne ci-après un tableau de synthèse des caractéristiques géotechniques définies dans l'étude du barrage anti-sel de Nyassia en Casamance.

	Vases fluides	Vases consolidées ou argiles molles
Epaisseur moyenne	1 à 5 m	1 à 6,5 m
Epaisseur moyenne	2,30	4,20
Résistance de pointe	1 à 2 bars	2 à 5 bars
Cu	0,80 t/m ²	1,2 à 1,5 t/m ²
φ u	0	-
Co	1,2	-
e	4	-
oo		
d	0,60	1

Les techniques utilisées pour résoudre ce problème sont classiques et consistent à :

- excaver les vases de qualité insuffisante et remblayer par des terres meilleure qualité. Cette solution n'est en général pas retenue car trop coûteuse ;
- construire le remblai en deux phases, la première couche conduisant à une consolidation suffisante des fondations ;
- adjoindre à la digue des banquettes latérales pour améliorer le coefficient de sécurité ;
- mettre en place des puits de décompression et une couche drainante (géotextile de préférence) sous les remblais.

Des appareils de mesure des pressions interstitielles et des tassements doivent être mis en place dès le début des travaux.

La coupure définitive du marigot ou du fleuve ne peut pas en général se faire aisément car les débits ne sont jamais négligeables pendant plus de quelques heures à cause des ondes dues aux marées. On emploie souvent la technique des sacs de sable d'un poids minimal pour résister au courant et qui forment le noyau du barrage de coupure du lit mineur.

6.3. L'ouvrage vanné :

En raison de la mauvaise qualité des fondations, cet ouvrage est toujours situé sur une colline ou en bordure du bas-fond, là où les vases ne sont pas trop épaisses. L'ouvrage doit donc être raccordé au lit mineur par un chenal de dérivation

L'ouvrage est fondé soit sur un substratum suffisamment porteur soit sur un radier solidaire d'un rideau de palplanches ou de pieux battus jusqu'au rocher sous-jacent.

L'ouvrage est subdivisé en un certain nombre de passes vannées reliées par des joints, ou forment un dalot-cadre à plusieurs travées solidaires (cas de Diama par exemple).

Le matériel hydromécanique comprend des vannes secteurs mais aussi, pour les affluents de Casamance, des portes-battantes ou des clapets. Il peut y avoir adjonction de siphons permettant de vidanger plus rapidement le casier amont des eaux chargées en sel à l'issue du dessalement initial.

On peut parfois prévoir un automatisme qui permet de régler le plan d'eau en amont sans surveillance permanente.

6.4. Le Dessalement et l'Evolution des Sols :

Dans le cas des vasières de Casamance qui doivent être dessalées à chaque saison des pluies, il est difficile de prévoir exactement la vitesse de dessalement par diffusion et par drainage. On a élaboré des modèles mathématiques implifiés spécialement pour l'étude de cette question, qui ont montré que le dessalement des sols nécessitera des quantités d'eau douce beaucoup plus importantes que prévu initialement, soit 4 à 5.000 m³ par hectare de vasière.

Il est difficile aussi de prévoir l'évolution de la salinité, de l'acidité potentielle et de la portance de ces sols en fonction du temps. En effet, de micro-aménagements situés très en amont des bassins-versants ont déjà permis de dessaler définitivement certaines rizières sans que l'on ait observé d'acidification irréversible. Les phénomènes chimiques très complexes qui se produisent dans ces sols ne sont pas encore tous expliqués et les résultats en parcelles expérimentales ne sont pas tous extrapolables aux grands périmètres de l'ordre du millier d'hectares.

Pour ces raisons, il est prévu en Casamance de réaliser tout d'abord des petits périmètres pilotes de 50 à 300 ha dans des conditions écologiques diverses, et de suivre pendant 5 à 10 ans leur évolution avant de démarrer un grand programme d'aménagement de terres salées.

Pour le delta du fleuve Sénégal par contre, les terres sont déjà dessalées ou le seront très rapidement. Cependant, il conviendra de suivre de très près les niveaux de la nappe salée dans tout le delta car cette nappe pourrait remonter par l'irrigation et la mise en charge due au règlement des eaux en amont de Diana.

Il faut suivre également l'évolution des sols à la suite de plusieurs campagnes d'irrigation car en riziculture même si l'eau est de très bonne qualité, les quantités de sels dissous apportées sont loin d'être négligeables si un bon drainage n'est pas assuré.

6.5. Les conséquences sur l'Environnement :

Le barrage anti-sel perturbe fortement le milieu. Toutefois, ses impacts ne sont pas forcément négatifs.

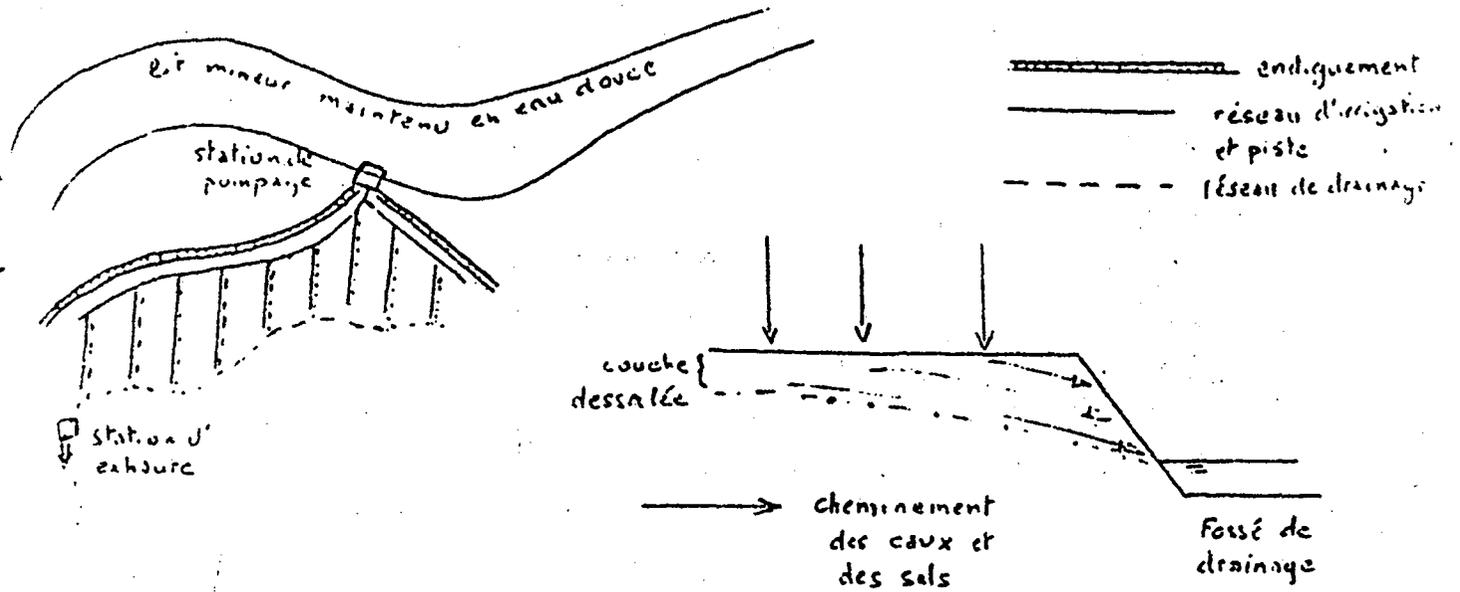
Dans le cas des grands fleuves, les barrages font disparaître les espèces dont le cycle biologique nécessite des eaux de salinité variable. Il en résulte une diminution importante de la production piscicole. Dans le cas des barrages de Casamance, qui sont situés assez en amont, l'impact est beaucoup plus faible et pourrait être facilement compensé par des mesures visant à améliorer les conditions traditionnelles de production et de commercialisation des poissons et des crevettes.

.../...

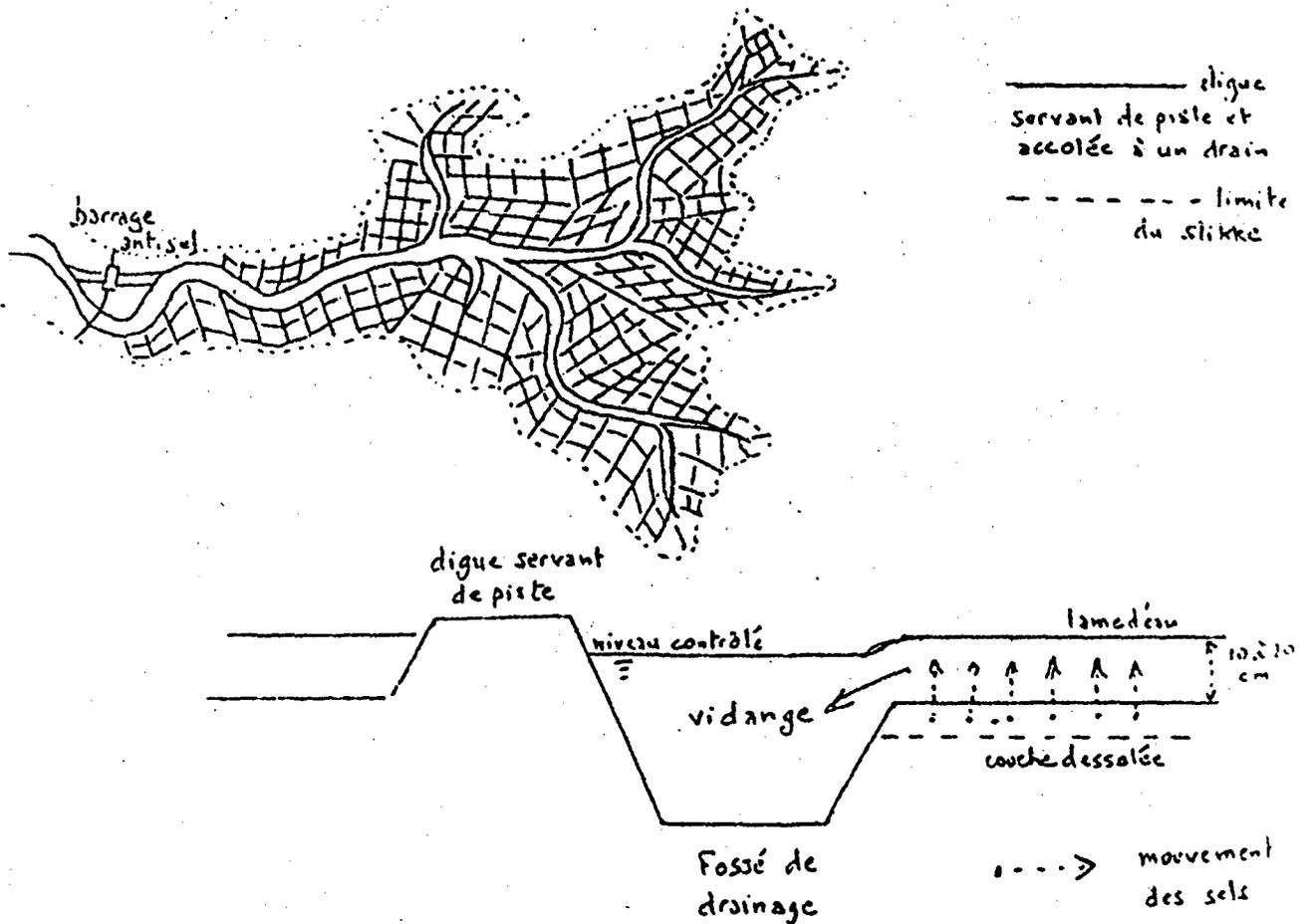
En ce qui concerne la végétation, la régularisation des écoulements d'eau douce devrait apporter une amélioration des productions pour la flore aquatique. Pour les productions forestières certaines zones noyées disparaîtront (mangroves du fleuve Gambie par exemple), par contre en Casamance on s'attend à une légère augmentation de la production des forêts de mangroves. Dans tous les cas, des mesures peu coûteuses pourront compenser les pertes (reboisement ou amélioration de productivité).

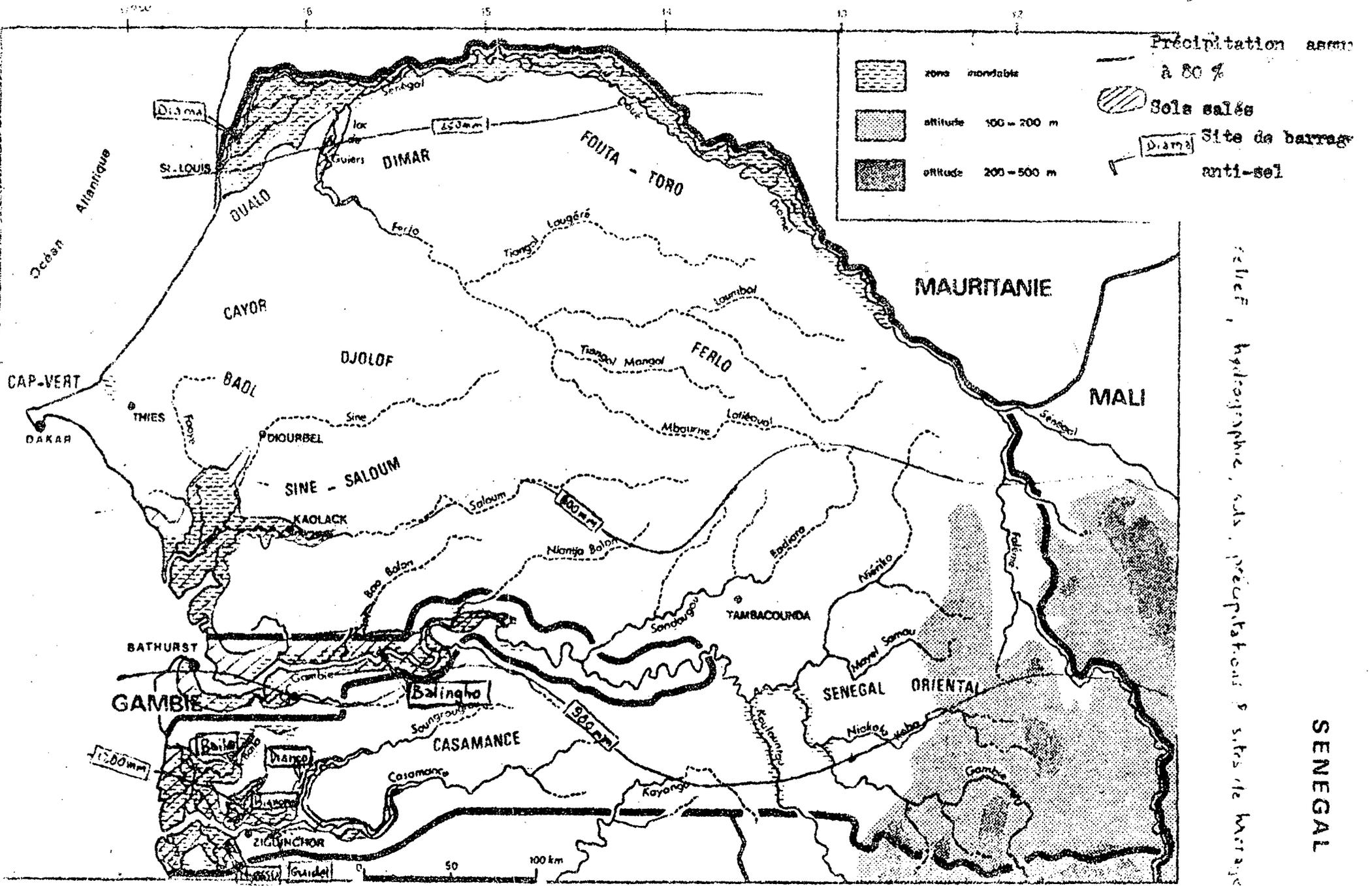
Concernant la santé, on s'attend à une augmentation légère des arboviroses et schistosomiasés à la faveur du développement des zones d'eau douce. Mais l'amélioration des revenus paysans devrait permettre une meilleure alimentation des populations. Ceci, associé à des mesures peu coûteuses d'éducation sanitaire devrait compenser largement les effets négatifs précités.

AMÉNAGEMENT CLASSIQUE SUR SOL HYDROMORPHE (TYPE DELTA DU SENEGAL)



AMÉNAGEMENT SUR SOL SULFATE ACIDE (TYPE CASAMANCE)





Précipitation annuelle à 80 %

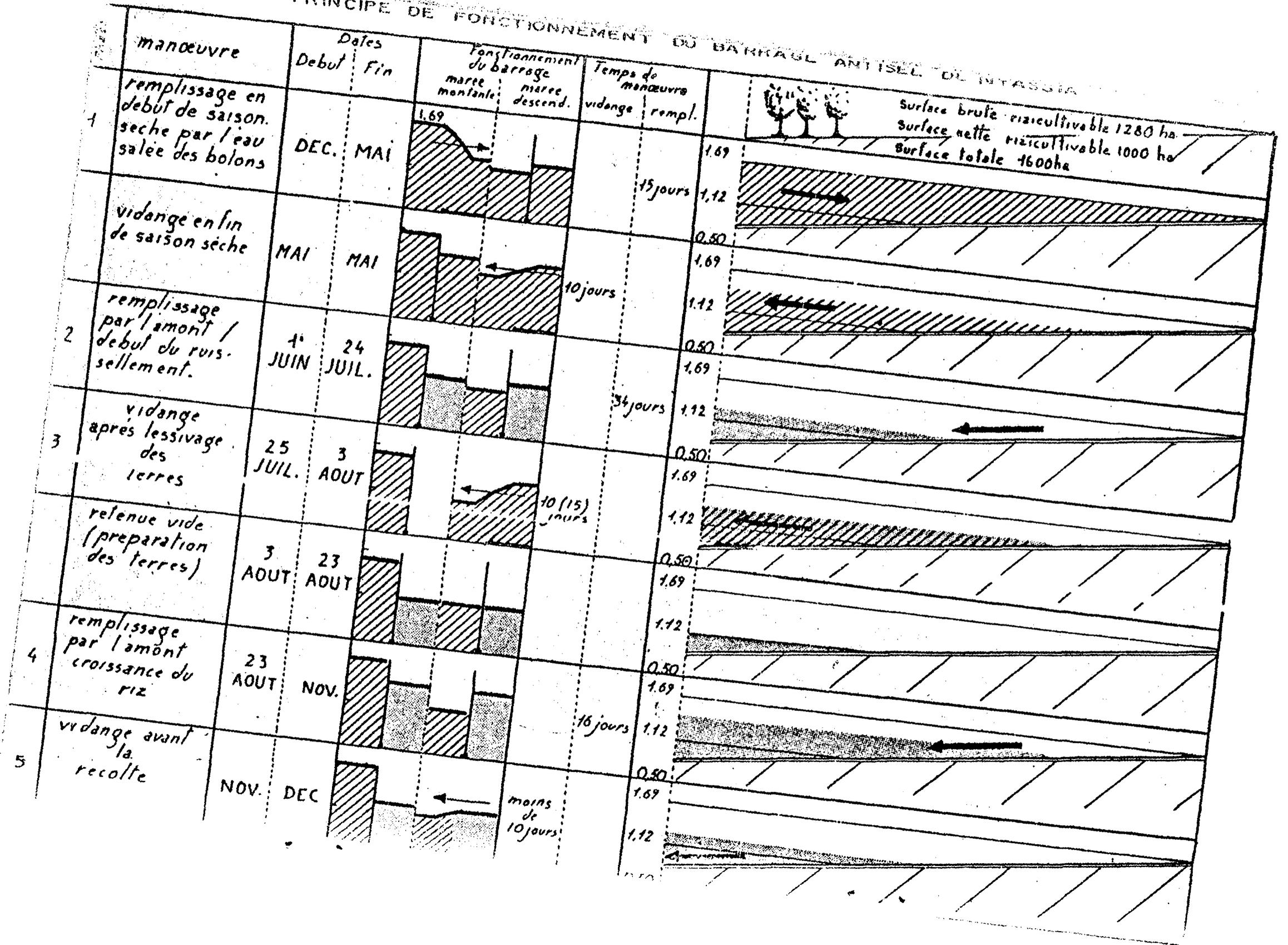
Diama Site de barrage anti-sel

- zone inondable
- altitude 100 - 200 m
- altitude 200 - 500 m
- Sols salés

relief, hydrographie, sols, précipitations & sites de barrages

SENEGAL

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU BARRAGE ANTISEL DE INTASSIA



Senegal

APPAREIL DE SYNTHESE NATIONAL

COMITE INTER-AMINISTRELS

DEVELOPPEMENT RURAL (CIEH)

Le programme national de développement rural est une politique d'ensemble qui vise à améliorer le niveau de vie des populations rurales; des sociétés d'habitat rural et des entreprises privées exercent leurs activités dans ce domaine.

Le programme national de développement rural est actuellement en cours de mise en œuvre.

Le programme national de développement rural est une politique d'ensemble qui vise à améliorer le niveau de vie des populations rurales; des sociétés d'habitat rural et des entreprises privées exercent leurs activités dans ce domaine.

Le programme national de développement rural est une politique d'ensemble qui vise à améliorer le niveau de vie des populations rurales; des sociétés d'habitat rural et des entreprises privées exercent leurs activités dans ce domaine.

Le programme national de développement rural est une politique d'ensemble qui vise à améliorer le niveau de vie des populations rurales; des sociétés d'habitat rural et des entreprises privées exercent leurs activités dans ce domaine.

Le programme national de développement rural est une politique d'ensemble qui vise à améliorer le niveau de vie des populations rurales; des sociétés d'habitat rural et des entreprises privées exercent leurs activités dans ce domaine.

4806



En outre, elle sera chargée des études d'exécution, du contrôle et des problèmes liés à la réalisation des travaux en milieu rural.

- La direction de l'Entretien et de la Maintenance qui se substituera à l'actuelle Subdivision Outillage Mécanique Hydraulique (SOMH) de Louga.

La première tâche de cette direction sera de mettre en place une structure plus adaptée aux nécessités actuelles de l'entretien et de la maintenance des ouvrages et équipements hydrauliques.

La SOMH, il faut le rappeler, a été créée en 1949 pour assurer l'entretien et le fonctionnement de quelques forages dans la zone de Louga-Linguère.

En 1976, les forages gérés étaient déjà au nombre de 86 et vont se multiplier d'ici l'an 2000.

Le programme spécial d'urgence en accroîtra le nombre de 260, le programme CEAO de 125. Au terme de ces deux projets la SOMH aura en charge plus de 570 ouvrages, sans compter ceux qui seront réalisés dans le cadre d'autres programmes.

Cette évolution justifie d'ores et déjà la mise en place d'une structure uniquement chargée de fonctionnement, de l'entretien et de la maintenance d'un patrimoine si important.

- L'Assainissement et l'Hydraulique urbaine seront réunis au sein d'une nouvelle direction : la direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement.

./.

- Direction des Etudes hydrauliques (DEH)

Elle est chargée de :

- la prospection, l'inventaire, l'étude de toutes les ressources en eau superficielle ou souterraine et de la détermination de toutes les données de base devant être prises en considération dans l'étude d'un projet d'hydraulique ou d'équipement rural.
- la mise en application de la législation des eaux ;
- la protection des eaux contre les phénomènes susceptibles de leur occasionner des effets nuisibles ;
- la programmation générale et la documentation technique,
- le contrôle technique de tous les bureaux d'étude et sociétés d'intervention relevant de sa compétence.

Les études en cours

- Stockage des eaux de ruissellement

Le projet a pour objet la réalisation des études des possibilités de stockage des eaux de ruissellement du Sénégal sous l'isohyète 600 mm.

L'étude est nécessaire pour l'alimentation en eau des humains des animaux, pour l'irrigation et éventuellement la recharge des nappes.

Le projet a deux phases :

1ère phase : Source de financement :

- Banque Africaine de Développement = 250.000.000 F.CFA
- Budget National d'Equipement = 80.000.000 "

Consultants = Louis Berger International
= Coyne et Belier.

Durée du marché : 14 mois - démarrage 1er Juillet 1983 .

./.

./.

2ème phase : Source de financement = Subvention italienne
environ 300 millions

Consultant : Nuovo Castoro

Cette phase n'a pas encore démarré.

- Projet "Gestion et protection des ressources en eau"

Il s'agit de :

- définir les principales ressources en eau souterraine ;
- mettre en place une cellule de réflexion et d'étude pour une gestion rationnelle des ressources en eau ;
- élaborer un programme de protection et de renforcement des ressources en eau souterraine, en faisant appel aux techniques de recharge artificielle des nappes souterraines.

Le projet a démarré en Janvier 1982.

Coût global = 2,2 millions de dollars US

Financement = programme des Nations-Unies pour le Développement (PNUD)
500 000 dollars US

- Banque islamique de Développement = 1,6 millions de dinars islamiques.

Réalisations = suivi de la station hydrologique de Pout
mesure périodique du niveau des piézomètres de la nappe des sables quaternaires du littoral Nord et des nappes du paléocène et du maestrichtien de la région du Cap-Vert - Inventaire des ouvrages hydrauliques dans la région de Diourbel.

Pour les travaux sous-traités (correspondant au financement de la Banque islamique de Développement) l'appel d'offres est lancé en fin décembre 1983.

Le démarrage des travaux est prévu pour Mai-Juin 1984 et leur durée est de deux (2) ans. ./.

- Projet de renforcement des services météorologiques
et hydrologiques des pays du Sahel

L'objectif à long terme est d'assurer la plus grande contribution possible des services techniques météorologiques et hydrologiques à l'expansion économique du pays.

Dans l'immédiat, amélioration et renforcement des réseaux d'observation météorologiques et hydrologiques. Et pour cela, environ soixante dix (70) stations hydrologiques ont été installés.

Rassemblement des données, leurs traitements et leur diffusion sous forme immédiatement utilisable.

Sources de financement : FAC 122 millions)
Sénégal 34 millions
PRUD/OMM 258 050 \$ US 2ème phase
PRUD/OMM 915 000 \$ US 3ème phase.

Programme hydraulique villageoise Nord Sénégal

Il porte sur la réalisation de 23 forages, 6 puits neufs, et le recreusement de 35 puits au moyen d'un atelier mécanisé expérimental (TEKNEFOR).

Financement = FAC - CCCF
Montant =

Etude en projet- Etude hydrogéologique de la bordure méridionale du Ferlo
entre Kaffrine et Tambacounda

Les intérêts principaux de l'étude sont :

* évaluation des potentialités en eau d'un secteur du Sénégal privilégié par sa situation géographique (le long d'une des principaux axes de communication du pays), Nord de la Gambie de part et d'autre de l'axe routier et ferroviaire Kaolack - Tambacounda, en vue de son développement à venir.

* Amélioration de la connaissance hydrogéologique du Sénégal et acquisition de nombreuses données nouvelles précieuses sur les acquisitions de nombreuses données nouvelles précieuses sur les aquifères superposés de la région, qui seront intégrées dans les synthèses hydrauliques futures, notamment des modélisations numériques (modèle mathématique du Massif Fouta).

* L'équipement ultérieur des petits forages avec des pompes manuelles et des abreuvoirs ou avec des contre-puits, permettra d'alimenter en eau les villages au centre desquels les ouvrages auront été implantés.

* Possibilité offerte à un service technique de l'Administration d'intervenir directement sur le terrain dans le cadre d'une étude.

Source de financement = AID (Banque Mondiale) 400 millions CFA

La surveillance des travaux et étude hydrogéologique seront réalisés en régie administrative par la DRI.

Etude hydrogéologique de la nappe profonde du Sénégal

Les ressources en eau superficielle du pays (fleuve Sénégal et Gambie) sont beaucoup plus importantes que les ressources en eau

souterraine mais elles sont à l'encontre des seconds, difficilement mobilisables et éloignés des principales zones d'utilisation potentielle.

Les ressources en eau souterraine sont relativement bien réparties mais limitées et déjà entamées par la sécheresse persistante et l'exploitation massive au niveau des pôles de développement. La nappe profonde est sans doute la fraction la plus importante par sa capacité et son extension sous plus des 4/5 du territoire. Elle est évidemment la seule susceptible de fournir des débits ponctuels importants.

Cette nappe donne cependant des signes d'essoufflement dans les zones où elle est la plus sollicitée par les pompages (Cap-Vert et environs).

En outre au centre du pays une large bande nord-sud de cette nappe présente une qualité chimique médiocre, voir mauvaise pour l'irrigation et la consommation humaine. Les zones d'alimentation de l'aquifère par les infiltrations étant soit, très réduite (Horst de Médan) soit très éloignées et périphériques, cette ressource constitue très probablement une réserve en grande partie non renouvelable. Enfin des pompages permettront seulement d'écrêter cette réserve, en la décompressant sur quelques dizaines de mètres. La plus grande fraction de ces masses d'eau restera toujours hors de portée des moyens d'exhaure. La présence d'eau salée à la base de l'aquifère dans sa partie occidentale représente un danger de pollution lequel ne peut être négligé. Il ne s'agit donc pas d'une ressource "immense" et encore moins "illimitée" contrairement à ce qu'annonçaient les estimations très grossières des années 50 et 60.

Or la nappe profonde sera de toute évidence de plus en plus sollicitée dans les décennies à venir. La gestion rationnelle de cette

./.

de cette ressource s'impose donc. Elle constituera un des éléments décisifs pour le développement équilibré du pays.

- Informatisations du fichier du Bureau Inventaire des
Installations Hydrauliques (BIRH)

Le cabinet d'ingénieurs tenu par le Bureau Organisation et Méthode est terminé.

Donc il s'agit de créer une cellule de gestion pour s'informer des activités de terrain à effectuer et proposer quelques orientations pour des équipements adaptés.

- Planification de l'hydraulique rurale (PHUR)

La Direction de l'hydraulique rurale (DHR) est chargée de l'étude, de la planification, de la construction des réseaux et ouvrages de surface destinés à la distribution d'eau potable en milieu rural et urbain.

Dans le cadre de l'amélioration de la qualité de ses services et de la rentabilité de ses investissements, le DHR a mené ou est en voie d'entreprendre des études et études de synthèse des données disponibles sur le développement de l'approvisionnement en eau du SENEGAL d'une part et d'autre part à l'échelle des caractéristiques et contraintes de secteur.

Les études s'articulent autour des points suivants :

- * entretien et protection des points d'eau de hydraulique rurale
- * étude de la tarification de l'eau au Sénégal par l'hydraulique urbaine.

-/.

D'autres études sont envisagées au sein de cette direction en vue d'évaluer les performances des systèmes d'exhaure en milieu rural.

- Surpâturage → Entretien des puits et environs (Louga-Thiès
- + financement KFW
- + consultant = Beller Consult
- + Année d'étude = 1981
- diagnostic des infrastructures hydrauliques rurales
- étude de l'entretien, de la maintenance et de la gestion des équipements d'hydraulique rurale
- proposition de mise en oeuvre d'un plan directeur pour la satisfaction des besoins en eau en hydraulique rurale.
- évaluation des systèmes d'exhaure, en milieu rural (possibilités, rendement, fiabilité etc.).

- Direction de l'Assainissement (D.A.S.S.)

A cause du retard important accusé par l'assainissement sur le volet approvisionnement en eau, la direction de l'Assainissement dernière née des structures du secteur hydraulique, s'est jusqu'à présent presque exclusivement consacrée à l'équipement des centres urbains et secondaires en infrastructures d'assainissement propres à préserver un niveau acceptable de salubrité de l'environnement. Ainsi, les études qu'elle a entreprises jusqu'à cette date sont essentiellement des travaux conceptuels d'ouvrages prévus dans le cadre d'un programme national d'équipement.

./.

Contrairement aux études d'exécution, les études générales et/ou à caractère scientifique, occupent encore une faible part dans les activités du secteur assainissement. Le programme national d'équipement en infrastructures de base semble bien amorcé pour ne pas dire très avancé, il s'avère nécessaire de mener des campagnes d'évaluation des installations existantes et d'étudier les mesures d'accompagnement indispensables au bon fonctionnement et à l'optimisation des ouvrages.

Un certain nombre de sujets très actuels ont été identifiés et dégrossis par la direction de l'Assainissement.

- Etude de réutilisation des eaux usées traitées :

La réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation permettrait de combler une bonne part du déficit d'eau de consommation régulièrement enregistrés dans certains centres urbains entre les mois d'avril et juin. A cela il faut ajouter que la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation permet d'améliorer la productivité des sols par le biais des matières organiques et éléments nutritifs qu'elle contient.

DAKAR sera dotée en 1985 d'un complexe de trois (3) stations d'épuration localisées dans la zone des Niayes pouvant traiter les rejets de 150 000 équivalent-habitants soit 15 000 m³/jour.

Cette capacité d'épuration sera progressivement augmentée à 1 million.

Il est donc inadmissible dans la situation actuelle des choses, de rejeter de telles quantités d'eau épurée à la mer sans étudier les possibilités de leur réutilisation.

./.

Les études de réutilisation des eaux usées comporteront deux volets complémentaires qui sont :

- d'une part : une réglementation sanitaire précise en la matière pour prévenir les risques que cette pratique peut comporter sur la santé ;

- d'autre part les études de factibilité sur les aménagements à réaliser.

- Etude d'évaluation du fonctionnement et des performances du lagunage naturel

Le Sénégal a, il y a sept (7) ans, initié un vaste programme national d'équipement de ces centres de l'intérieur en stations d'épuration du type lagunage naturel. Trois installations ont déjà été mises en place à Louga, Kaolack et Thiès.

Une étude sur le fonctionnement et les performances de ces lagunages constitue une étape d'évaluation indispensable à l'extension de l'usage du procédé à d'autres agglomérations. Elle permettra d'une part, de définir des artères de dimensionnement plus réalistes et mieux adaptés aux conditions géoclimatiques locales, et d'autre part d'évaluer les possibilités de réutilisation des effluents traités.

- Etude de normalisation des rejets d'eaux usées

La normalisation des rejets industriels s'inscrit dans le cadre des mesures réglementaires d'application du code de l'Assainissement en instance d'approbation. Une telle réglementation constitue un moyen de contrôle efficace de la pollution à la source et procurera une meilleure exploitation des ouvrages de collecte et d'épuration des eaux résiduaires.

./.

- Evaluation d'un projet test d'assainissement en milieu rural

Un projet test d'assainissement = latrinisation et éducation en matière de salubrité, a été mené dans la zone test de Khombole sous l'égide de l'Ecole des Agents d'Assainissement de Khombole.

L'évaluation du projet permettra de mesurer l'impact de cette entreprise et de statuer sur son application dans d'autres zones rurales

Les enseignements acquis seront mis à profit pour améliorer la planification des projets futurs et décider des mesures propres à accroître leur impact.

- Direction de l'Equipement rural

Elle est chargée :

- des études d'exécution, de la réalisation, de la gestion et du contrôle des aménagements hydroagricoles et des infrastructures ;
- de l'extension des projets d'irrigation et de drainage ;
- de l'élaboration des aménagements non pris en compte par les sociétés d'intervention ;
- du contrôle de tous les travaux d'infrastructures rurales ;
- du contrôle technique de toutes les sociétés d'intervention relevant de sa compétence.

Etude en projet

- Programme de mise en valeur intégrée de la basse vallée du Ferlo

Cette étude aura à défaire les surfaces exploitables dans le bas ferlo et aux bords du lac de Guiers dès que le barrage de Diama sera opérationnel. Elle établira un schéma directeur d'aménagement et donnera des propositions de mise en valeur intégrée de l'élevage, la pêche, la sylviculture à l'agriculture de la zone.

./.

- Maîtrise de l'eau dans les régions du Centre du Sénégal

Le projet vise l'exploitation maximale du potentiel hydrique sénégalais couvrant plus de 55 000 km² (soit près de 30 % de la superficie du pays).

L'étude tiendra compte des travaux en cours et des possibilités d'extension.

Dans une première étape, il se limitera à compléter les apports en eau des forages, par captage des eaux de ruissellement dans des bassins des vallées mortes au moyen de petits ouvrages hydrauliques (digues, canaux, déblais...).

En seconde étape, il faudra canaliser les eaux des grands fleuves (Sénégal, Gambie, Casamance) vers les régions hydriques déficitaires.

Etude en cours

- Aménagement de la vallée de Bignona

Après la réalisation imminente du barrage de Bignona, les études pour la mise en valeur de la vallée porteront sur 12 000 ha de bas fonds.

Le but visé est l'accroissement de la culture rizicole de la zone.

- Aménagements hydroagricoles à l'aval des forages existants

Le but du projet est d'exploiter à des fins agricoles le volume d'eau excédentaires de l'alimentation des populations et du bétail. Dans les zones de faible pluviométrie (moins de 800 mm) ce surplus d'eau pourra servir à développer des activités horticoles, d'aviculture... Cette opération sera testée sur 11 communautés avant d'être généralisée en cas de succès.

./.

- L'irrigation dans le cadre des plaines de Saloum et de la Casamance

L'objectif est l'étude détaillée de deux marigots de 700 ha chacun en rive droite de la Casamance. L'étude d'avant-projet sommaire permettra de définir les ouvrages à réaliser et le mode d'exploitation agricole approprié.

Problèmes posés

Les structures agronomiques de gestion des périmètres aménagés ne forment pas une limite homogène avec la zone du projet. Généralement, des facteurs extra-techniques, le souci excessif de rentabilisation et l'inadaptation des solutions dites modernes au mode d'exploitation traditionnelle faussent l'esprit de développement des projets. Il faudrait voir clair sur les structures de gestion avant l'achèvement des grands travaux de régulation des fleuves Sénégal et Gambie quand les populations vont se retrouver avec de vastes surfaces irrigables.

La mécanisation quand à elle est inaccessible aux paysans tant au point de vue moyens que facilités d'utilisation, les cultures intensives étant peu connues. Dans les zones dites à vocation pastorale, il se pose un éternel problème d'adaptation de l'élevage à l'agriculture, les tentatives d'aménagements hydroagricoles y sont timides.

Hydrologiques

La base de la majorité de ces problèmes est le déficit hydrique croissant dû à l'installation de la sécheresse. Il s'en suit :

- une salinité et une acidification de plus en plus accentuées des terres des deltas,
- une rareté accrue des eaux de surface, un abaissement grave de la nappe phréatique et le déboisement de la région.

- Sociétés sous tutelle

- Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal (SONEES)

La société est chargée de produire et de distribuer l'eau dans la région du Cap-Vert et dans 37 villes de l'intérieur à partir de forages et du lac de Guiers.

Cette société est en cours de transformation. Les statuts et son capital social seront régularisés. Ses compétences techniques administratives et financières seront accrues par un transfert progressif des activités de Ministère de l'Hydraulique.

La SONEES renforcera donc son capital opérationnel et dégagera l'Etat des charges qui se feront de plus en plus lourdes. Ce dernier restera cependant maître des grandes options de développement.

Toute l'hydraulique urbaine sera prise en charge par la SONEES

- Société Nationale des Forages (SONAFOR)

La SONAFOR est chargée de la construction de forages mais elle est en concurrence avec les sociétés privées INTRAFOR-COFOR et SASIF.

Le Sénégal possède 65 % des actions. Il a décidé de les céder à un groupe mixte sénégalais-ivoirien, constitué en une société anonyme d'exploitation de la SONAFOR (SES).

Un code de l'eau est en vigueur depuis la promulgation de la loi n° 81.13 du 4 Mars 1981. Un code de l'Assainissement est en cours d'élaboration qui complètera des dispositions du code de l'eau.

 MINISTRE D'ETAT A L'AGRICULTURE
 ET AU DEVELOPPEMENT RURAL

 SECRETARIAT D'ETAT

 DIRECTION GENERALE

 DIRECTION DU GENIE RURAL
 ET DES RESSOURCES EN EAU

LIBRARY 4806
 International Reference Group
 1000 17th St NW
 Washington, DC 20036

JOURNEES TECHNIQUES DU CONSEIL DES MINISTRES DU C.I.E.H.

PRESENTATION DU RAPPORT NATIONAL DU TCHAD

I N T R O D U C T I O N :

Le Douzième Conseil des Ministres du C.I.E.H. (Comité Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques) se tiendra du 20 au 26 Février 1984 à YAOUNDE (République du Cameroun). Lors du déroulement de ce Conseil des Ministres, le CIEH organisera des Journées Techniques sur le thème " Etudes et Recherche en Hydraulique dans les pays membres du CIEH ".

La présente note représente la contribution de la République du Tchad.

Cette note sera divisée en trois parties :

- Présentation du secteur de l'eau et de son organisation administrative en République du Tchad.
- Présentation des activités des différents services intervenant dans le secteur hydraulique.
- Synthèse des opérations qui peuvent faire l'objet d'une intervention du CIEH.

I - PRESENTATION DU SECTEUR EAU ET DE SON ORGANISATION ADMINISTRATIVE

1 - Généralités sur la situation hydraulique du Tchad

Le Tchad est un immense territoire qui couvre une superficie de 1.284.000 km², s'étendant du Nord au Sud sur une distance de 1.700 km et d'Est en Ouest sur 1.000 km. Il est traversé par trois zones sur le plan climatique : désertique au Nord, sahélienne au centre et soudanienne au Sud.

Comme l'ensemble des pays du sahel, le Tchad a été durement éprouvé par la grande sécheresse des années 70 et le phénomène semble s'accroître ces dernières années. La mauvaise répartition des précipitations dans l'espace et dans le temps a eu de nombreuses conséquences, notamment :

- sur le plan agricole, le déficit de la production vivrière se traduit par un état de famine permanent,

.../...

- sur le plan de l'élevage, le manque d'eau et de pâturage décime les animaux et chasse les éleveurs vers les zones plus humides (zone soudanienne), se qui pose le problème de cohabitation de l'agriculture et de l'élevage.

En plus de la sècheresse qui menace le sahel (60 % environ du territoire tchadien sont situés dans la zone sahélienne), l'exploitation des eaux souterraines (zones où il n'existe pas de nappes généralisées (zones à substratum cristallin) :

- au Sud : zones des Koros et des plateaux élevés (Tandjilé et Logone) et Mayo-Kebbi,
- à l'Est : le Ouaddaï Géographique.

Exception faite de l'hydraulique pastorale qui exploite les eaux de surface dans les régions abondamment arrosées, les nappes souterraines constituent la presque totalité de la source d'approvisionnement en eau de la population urbaine et rurale. La vocation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable est liée à la rareté des eaux de surface (zones sahéliennes et désertiques) et à leur qualité impropre à la consommation.

Dans les zones à substratum cristallin, la recherche des aquifères nécessite au préalable des études hydrogéologiques et des sondages de reconnaissance.

2 - L'Organisation administrative

Un certain nombre de ministères ont en leur sein un ou plusieurs services (publics ou parapublics) qui interviennent dans le domaine d'hydraulique. Les services les plus concernés sont repartis de la façon suivante :

2 - 1 Ministère d'Etat à l'Agriculture et au Développement Rural :

- * Direction du Génie Rural et des Ressources en Eau
- * Société de Développement du Lac (SODELAC)
- * Office de Mise en Valeur de Satégui-Déressia (OMVSD)

2 - 2 Ministère de l'Elevage et de l'Hydraulique Pastorale:

- * Office National d'Hydraulique Pastorale et Villageoise (ONHPV)

2 - 3 Ministère des Travaux Publics :

- * Société Tchadienne d'Energie Electrique (STEE)

2 - 4 Ministère de la Santé Publique :

- * Direction du Génie Sanitaire et de l'Environnement (DGSE)

II - PRESENTATION DES ACTIVITES DES DIFFERENTS SERVICES INTERVENANT DANS LE DOMAINE D'HYDRAULIQUE

Cette présentation consiste en un passage en revue pour chaque service du domaine d'activité, des problèmes rencontrés et les études en cours.

.../..

1 - Les activités de la Direction du Génie Rural et des Ressources en Eau

La Direction du Génie Rural et des Ressources en Eau est une direction technique composée d'un certain nombre de services dont quatre (4) interviennent dans le domaine d'hydraulique :

- Le Service d'Hydraulique Agricole et des Aménagements Fonciers (HAAF)
- Le Service d'Hydrologie
- Le Service d'Hydrogéologie (Bureau de l'Eau)
- Le Service d'Agrométéorologie.

1-1 Domaine d'activité

1-1-1 Le Service d'Hydraulique Agricole et des Aménagements Fonciers

L'Hydraulique Agricole et des Aménagements Fonciers est un service qui a pour attributions principales :

- l'irrigation
- les barrages en terre
- les digues de protection contre les crues
- les hafirs.

a) L'irrigation :

- Etudes, conception et réalisation des ouvrages : canaux d'irrigation, ouvrages de prise, ouvrages de franchissement, collatures;
- Aménagement des parcelles
- Contrôle et gestion des ouvrages d'irrigation.

b) Les barrages en terre :

- Identification des sites
- Etudes, conception et réalisation des projets
- Entretien des ouvrages existants.

c) Les digues de protection contre les crues :

La zone d'inondation naturelle du bassin du Logone, endiguée depuis 1958 de BONGOR à KATOA dans le cadre de la protection du Casier A exploité par le SEMAB (Secteur d'Expérimentation et de Modernisation Agricoles de Bongor) a fait l'objet de plusieurs interventions du Génie Rural, en particulier au niveau de KOUMI. Cette intervention consiste en :

- l'identification des tronçons menaçants (tronçons de la digue qui peuvent céder sous la pression d'eau de crue),
- l'étude, la réalisation et l'entretien.

d) Les hafirs

Un hafir est un mare artificielle aménagée à l'endroit d'une mare existante ou sur un site présentant une topographie favorable à l'implantation d'une telle mare.

Ce procédé permet de prolonger le temps de stockage d'eau su-
.../..

perficielle et est utilisé dans des zones où les mares tarissent vite et où l'exploitation des eaux souterraines n'est pas aisée (Ouaddaï Géographique).

1-1-2 Le Service d'Hydrologie

L'Hydrologie est un service qui, jusqu'au 12 Février 1979, était un département de l'ORSTOM (Office de Recherches Scientifiques et Techniques d'Outre Mer). Depuis cette date, le service hydrologique est national avec, en ce moment, 54 stations d'observations hydrologiques dont 30 sont opérationnelles.

Les tâches essentielles d'hydrologie sont :

- l'installation des appareils de mesure des cours d'eau (fleuves et rivières) et des lacs,
- le contrôle permanent de ces appareils,
- les mesures des débits (liquides et solides),
- le dépouillement des données, leur traitement et publication,
- la formation et le recyclage du personnel d'observation des postes auxiliaires.

1-1-3 Le Service d'Hydrogéologie

Essentiellement connu sous le nom de Bureau de l'Eau, le service d'Hydrogéologie s'occupe principalement :

- de l'inventaire des points d'eau
- du contrôle d'exécution des travaux d'hydraulique et de leur réception (l'exécution des ouvrages d'hydraulique étant confiée à l'Office National d'hydraulique Pastorale et Villageoise, c.f. II.- 5)
- du choix de l'emplacement des points d'eau en effectuant des sondages de reconnaissance,
- du suivi de la fluctuation du niveau de la nappe phréatique en installant des piézomètres.

L'Hydrogéologie est le service qui détient la documentation pouvant donner des renseignements sur les eaux souterraines au Tchad.

1-1-4 Le Service d'Agrométéorologie

L'Agrométéorologie est un service qui vient d'être créé en 1983. Il a pour objectif fondamental l'application des données météorologiques à l'agriculture en vue d'améliorer la production agricole.

Actuellement, le service supervise 5 stations agrométéorologiques : DOUGUI, BOL-MATAFO, GUELENDENG, MANDE (Laï) et BANDA. Les travaux du service agrométéorologique doivent déboucher sur :

- La publication des bulletins agrométéorologiques (mensuel, décadaires).
- L'information et l'éducation de la masse paysane.
- L'adaptation des cultures aux zones climatiques.
- La détermination de la date effective du sémis de culture.
- La constitution d'une banque des données agrométéorologiques.

1 - 2 Les problèmes

Les problèmes que rencontre la Direction du Génie Rural et des Ressources en Eau sont de trois ordres :

- problème de structure
- problèmes matériels
- problèmes du personnel.

1-2-1 Problèmes de structure

Depuis plus de dix ans, la sécheresse sévit au sahel. Beaucoup de pays ont vite perçu la nécessité d'organiser leurs services nationaux d'hydraulique de manière à faire face aux conséquences de cette calamité naturelle.

Au Tchad, rien n'a été fait dans le sens de redynamiser la Direction du Génie Rural et des Ressources en Eau dont l'activité essentielle devrait être la recherche constante de l'amélioration des conditions de vie du monde rural.

D'autre part, non seulement le Génie Rural est passé d'un ministère à un autre depuis l'indépendance (Travaux Publics, Aménagement du Territoire et de l'Habitat, Calamité Naturelles, Agriculture, Développement Rural, etc...), l'organigramme de service a connu une modification constante. Cela denote que les attributions réelles du Génie Rural ne sont pas bien comprises même à un niveau suffisamment élevé.

Comme le souligne un rapport d'une mission FAO (Mission de programmation et de formulation de projets pour le secteur rural - 1982), " le rôle de la Direction du Génie Rural et des Ressources en Eau doit être redéfini. Son domaine d'intervention se trouve singulièrement limité par le fait qu'au Tchad, toute opération de quelque importance donne lieu à la création d'un office autonome ".

1-2-2 Problèmes matériels

Les événements que le Tchad a vécus ont eu pour conséquence sur le plan équipement de la Direction du Génie Rural et des Ressources en Eau une destruction quasi-totale de son matériel de travail. Les différents services du Génie Rural sont actuellement caractérisés par :

- la perte quasi-totale des archives
- une insuffisance des locaux devant servir de bureau
- une insuffisance de moyens logistiques pour le contrôle des d'observation et pour relancer ses activités dans les zones rurales
- une absence des moyens de communication
- une insuffisance des matériels techniques pour remettre en marche la totalité du réseau d'observation
- un manque d'équipement de bureau.

1-2-3 Problèmes du Personnel

L'une des caractéristiques des services du Génie Rural et des Ressources en Eau est le fait que le nombre de personnes qui composent chaque service. Cette situation aura une incidence défavorable sur la capacité de chaque service de réaliser sa tâche.

que du Génie Rural à tous les niveaux : ingénieurs de conception, ingénieurs de travaux, adjoints techniques, agents techniques, etc...

1-3 Les Etudes

Dans le passé, le Génie Rural a eu à réaliser un certain nombre de projets dans le domaine d'hydraulique (hydraulique villageoise ^{et pastorale} (1), aménagements-hydro-agricole, etc...). Depuis le 12 Février 1979, aucun projet du Génie Rural n'est en cours d'exécution : Tout est à l'état de projet.

1-3-1 Projets de l'Hydraulique Agricole

Pendant cette phase de relance des activités nationales, le service d'hydraulique a présenté un certain nombre de dossiers de financement.

- a) Projets d'aménagement de périmètres irrigués villageois :
 - périmètre de BARDE
 - périmètre de GUELENDENG
 - barrage de MANI.
- b) Projet de réhabilitation du Casier A de Bongor :
 - projet d'aide d'urgence pour la refction de la digue.
- c) Programme d'hydraulique dans le Ouaddaï géographique :
 - 4 hafirs dans la Sous-Préfecture Rurale d'Abéché: Dougouri, Satouma, Marmari, Roïbo .
 - réactualisation du projet de barrage de Facha.

Aucune des requêtes introduites auprès des bailleurs de fonds pour le financement de ces projets n'a jusqu'à présent reçu un engagement ferme.

1-3-2 Les projets du service d'hydrologie

Le service hydrologique a démarré ses activités avec les moyens de bord mis à sa disposition. Il ne sera pleinement opérationnel que quand il aura résolu les problèmes cités en II-1-2.

A l'heure actuelle, le service oeuvre activement pour la publication de l'annuaire hydrologique de 1978 à 1982.

L'hydrologie est représentée dans le Comité pluri-disciplinaire Agrhymet par son chef de service qui est chargé d'exécuter le projet Agrhymet.

1-3-3 Les projets du service hydrogéologique

Depuis la reprise des activités, le Bureau de l'Eau (Hydrogéologie) n'a exécuté aucun projet.

Son rôle est réduit à fournir des renseignements à mettre à jour aux différents utilisateurs.

(1) Ces deux activités sont désormais réalisées par l'Office National d'Hydraulique Pastorale et Villageoise.

1-3-4 Les service agrométéorologique

Le service agrométéorologique qui supervise déjà 5 stations (c.F. II-1-1-4), envisage pour l'année 1984 de transformer la station climatologique de DELHI en une station agrométéorologique et de créer une autre station en zone sahélienne.

Le service exécute actuellement le projet Agrhymet tel que recommandé par les pays membres du CILSS et du CIEH.

Il est membre du Comité pluridisciplinaire Agrhymet et constitue également le noyau de la " Cellule Agrhymet " qui est l'instrument de travail du Comité.

2 - Les activités de l'Office National d'Hydraulique Pastorale et Villageoise.

2 - 1 Domaine d'activités de l'ONHPV

L'Office National d'Hydraulique Pastorale et Villageoise (ONHPV) est un établissement public à caractère commercial et industriel, créé par ordonnance n° 02/PR/MEHP/83 du 23 Mars 1983.

Dépendant du Ministère de l'Elevage, l'ONHPV remplace le SERARHY (Service des Aménagements Ruraux d'Hydraulique), ancien service du Génie Rural qui avait pour activité principale l'hydraulique pastorale et l'adduction d'eau rurale sur l'ensemble du territoire.

L'ONHPV a donc pour attributions principales l'entretien, le fonctionnement et le renouvellement des ouvrages d'hydraulique, rurale d'intérêt public, la construction et l'aménagement des nouveaux ouvrages. En conséquence, l'ONHPV devra notamment :

- Assurer les visites périodiques de toutes les installations d'hydraulique rurale et établir un programme annuel d'entretien.
- Assurer ou faire assurer l'entretien et l'exploitation de ces installations.
- Etablir un rapport général de fin de campagne sur l'état des aménagements ruraux d'hydraulique.
- Participer à l'élaboration des programmes d'investissement des puits et forages ruraux.
- Assurer ou faire assurer la construction des nouveaux ouvrages d'hydraulique rurale.
- Gérer les crédits d'entretien, d'exploitation et d'investissement mis à sa disposition.

: : L'ONHPV est représenté sur l'ensemble du territoire par 7 subdivisions (anciennes subdivisions du SERARHY) qui sont:

- Le Chari Baguirmi
- Le Kanem
- Le Batha
- Le Ouaddaï Géographique
- Le Moyen Chari
- Le Guerra
- Le Logone

2 - 2 Les problèmes

Les problèmes que rencontre l'ONHPV sont de deux ordres:

- Difficulté de trouver de financement pour atteindre ses objectifs.
- Problèmes du personnel.

2 - 2 -1 Le SERARHY a repris depuis 1982, avec le concours de l'Unicef, des travaux de réfection de puits et forages dans le Chari Baguirmi et depuis lors, d'autres organismes se sont intéressés à l'hydraulique rurale dans son ensemble.

En 1978, la situation de l'hydraulique Pastorale et villageoise était la suivante:

- Puits cimentés : 2000
- Puits instantanés (1):150
- Forages pastoraux : 200

Exception faite de la situation de blocage qu'on connait le Tchad qui ne facilite guère la réparation et entretien, ces points d'eau sont jugés très insuffisants pour la satisfaction des besoins humains et du bétail. L'ONHPV espère porter le chiffre de 2150 points d'eau à 6.000 d'ici 1990. Pour atteindre cet objectif, il faut trouver les moyens financiers pour rendre opérationnelles toutes les subdivisions existantes et les 7 autres à créer.

(1) Il s'agit de petits forages (2" à 4"), de profondeur maximale 20m, construits par les volontaires du cours de la paix.

2 - 2 -2. Manque du personnel

L'ONHPV dispose de très peu de cadres nationaux et cette carence s'accroît avec le projet de création de 7 autres subdivisions pour couvrir les besoins humains et bétail sur l'ensemble du pays.

Une politique de formation des cadres de conception et d'exécution de plusieurs spécialités (hydrologues, Hydrogéologues, Foreurs, laborantins, etc...) doit être envisagée.

2 - 3 Les Projets de l'ONHPV

Vu le problème d'eau posé en zone rurale en cette période de double crise (sècheresse et guerre civile), il fallait redémarrer sans tarder les activités de l'hydraulique villageoise et pastorale, et c'est ainsi que le Génie Rural, par l'intermédiaire du SERARHY, a entrepris dès 1982 la réfection des puits dans le Chari-Baguirmi.

A l'heure actuelle, ONHPV exécute un certain nombre de travaux répartis dans l'espace de la façon suivante :

a) Chari-Baguirmi et Kanem

- Source de financement : UNICEF et AFRICARE
- Etat d'avancement du projet : en exécution.

b) Le Guéra

- Source de financement: UNICEF et AICF
- Etat d'avancement du projet: démarré en Novembre 83

c) Le Batha

- Source de financement : SUISSE
- Etat d'avancement du projet : démarré en Janvier 84

d) Le Ouaddaï géographique (1)

- Source de financement : Fonds de Solidarité Islamique (projet exécuté par la GTZ)
- Etat d'avancement du projet : démarrage probable en 1984.

3 - Les activités de la STEE

3 - 1 Domaine d'activités de la STEE

La Société Tchadienne d'Energie Electrique (STEE) est une société dont la vocation première est la production et la distribution d'électricité dans le centre urbain de Fort Lamy (actuel N'Djaména). Par la suite, elle a été chargée de la gérance des régies d'eau et d'électricité dans les villes du Tchad.

3-1-1 Production d'eau

La production d'eau est assurée par pompage à partir des forages dans la plupart des cas, sauf à Abéché où ce sont les puits qui alimentent la ville. Les puits et forages en service sur le territoire national sont répartis de la façon suivante : 8 à N'Djaména, 1 dans chacune des autres villes (SARH, MOUNDOU, ABECHÉ, MAO, MOUSSORO, BONGOR, FIANGA, KELO et DOBA). L'énergie motrice de pompage est le courant électrique.

La production est passée de 6.920.000 m³ en 1975 à 7.947.000 m³ en 1978 et a atteint 8.215.000 m³ en 1983. Avec environ 6.000 abonnés la production d'eau est répartie selon les centres urbains dans les proportions suivantes:

- N'Djaména :	75 %
- Sarh :	8,6 %
- Moundou :	6,7 %
- Abéché :	1,7 %
- Les autres villes:	8 %

Total :	100 %

3 - 1 - 2 Traitement et distribution d'eau

L'eau qui est pompée doit être traitée avant d'être livrée aux consommateurs. Le traitement consiste à désinfecter l'eau par le chlore à partir de l'hypochlorite de calcium.

La longueur totale des réseaux de distribution des 10 centres urbains où existe une adduction d'eau potable est de 199,75 km dont 106,19 km à N'Djaména, 17,83 km à Sarh, 12,20 à Moundou et 11,42 à Abéché.

N'Djaména, avec plus de 53 % du réseau de distribution du pays, est le seul centre où la distribution d'eau est relativement développée.

3 - 2 Les Problèmes

Les problèmes que rencontre la STEE sont relatifs aux moyens et conditions nécessaires pour assurer un service de qualité satisfaisante pour les consommateurs.

En production, les problèmes qui se posent sont ceux des moyens à mettre en oeuvre pour réaliser les forages et réservoirs (à Abéché par exemple, on est obligé de rationner l'eau en période sèche).

(1) Le Chari-Baguirmi est également intéressé par le financement.

Depuis 1979, le manque de moyens de contrôle et de produits de traitement fait qu'on ne peut pas garantir la qualité de l'eau distribuée, exception faite de N'Djaména où le Laboratoire de l'Elevage (Farcha) effectue un contrôle bactériologique de façon régulière. D'autre part, les forages de Sarh et Fianga présentent une forte teneur en fer (plus de 3 mg/l). Une telle proportion nécessite une déferrisation de l'eau distribuée.

Enfin, la distribution d'eau est caractérisée par une insuffisance notoire des réseaux. Si, à N'Djaména, des travaux d'expansion ont été réalisés grâce à des financements FED, rien d'appréciable n'a été fait dans les autres centres importants tels que Sarh, Moundou, Abéché, où des quartiers entiers ne sont pas alimentés en eau potable.

3 - 3 - Les Études

Pour répondre aux besoins en eau potable des villes du pays, un certain nombre d'études ont été menées:

a) Extension des moyens de production et de distribution à Moundou et Sarh:

- Exécution de forages de reconnaissance et d'exploitation.
- Construction d'un château de 1500m³.
- Extension des réseaux de distribution (17km).
- Construction de 2 stations de déferrisation.

Ce projet est financé par la caisse centrale de Coopération Economique.

b) Alimentation en eau des villes de Pala et Baïbokoum : projet dont le financement est acquis (financé par la République Fédérale d'Allemagne). Les études sont terminées et il ne reste que la réalisation retardée par les événements:

c) Alimentation en eau potable des villes d'Ati, Mongo, Bokoro, Am-Timan, Biltine et Moïssala: ce sont des études qui sont à l'état de projet et qui n'ont eu encore aucun financement.

4 - Les activités de la SODELAC

4-1 Le Domaine d'activités de la SODELAC

La Société de Développement du Lac (SODELAC a pour vocation la promotion socio-économique de la région située au Nord-Est du territoire entre les parallèles 12°20' et 14°20' de l'altitude Nord, entre les méridiens 13° et 15°20' de longitude est sous un climat de type sahélien.

Pour atteindre cet objectif la SODELAC a choisi comme pivot de développement le secteur primaire et plus spécialement l'agriculture dont l'immense potentialité est due à la grande fertilité des polders et l'excellente qualité d'eau pour assurer l'irrigation.

4-2 Présentation des Polders du Lac

Les polders sont les bras du Lac en eau peu profonde qui, isolés de leur lit majeur par suite de l'émergence naturelle du relief dunaire ou par des barrages artificiels (desable) sont asséchés, laissant dans leur ancien lit des débris de végétaux, de fines poussières d'argiles et de sable formant une épaisse couche de terre très fertile.

Il existe dans la région une quarantaine de polders globalisant approximativement une superficie de 15.000 ha environ. 14.000 familles exploitent les polders traditionnels. Ils y cultivent blé, maïs, oignons, gombo etc...

.../..

Une trentaine de polders isolés du Lac par des digues faciles et pouvant faciliter les cultures de décrues cédèrent pour la plupart lors de la crue de 1951. C'est alors que l'Administration entreprit de construire des ouvrages plus importants pour augmenter ainsi les surfaces cultivées annuellement. Dans chaque polder une surface réduite restait couverte par les eaux de la nappe en période des hautes eaux. La culture de décrue n'est plus possible, une irrigation aménagée devint nécessaire pour cultiver les polders. Présentement le potentiel total des terres qui peut faire l'objet de ce type d'aménagement ou d'un aménagement avec maîtrise totale de l'eau est estimé à 60.000 ha. Actuellement, environ 15.000 ha des polders traditionnels sont exploités et cela pour des raisons diverses : salination, baisse du niveau d'eau, mauvais état des digues.

L'aménagement hydroagricole consiste donc une garantie d'extension de terres cultivables et de maîtrise de l'eau. En 1976, le Gouvernement a réalisé des aménagements modernes sur les deux polders de BOL-GUINI (350 ha) et BOL-BERIM (850 ha). Le projet concerne la réalisation d'un réseau d'irrigation de type gravitaire avec une station de pompage prenant l'eau directement dans le Lac et un réseau de drainage muni de pompes pour rejeter l'eau de drainage dans les dunes. Deux cultures annuelles (blé et coton) forment l'assolement retenu.

4 - 3 Problèmes posés

Depuis 1973, on assiste à un phénomène qui tend à la séparation du Lac en deux cuvettes dont la cuvette Sud est alimentée en période par le Chari. La cote de l'eau y est supérieure à celle de la cuvette Nord. Les oscillations du niveau du Lac entre les cotes 279 et 280 m donnent de sérieuses inquiétudes pour le développement de la région. L'apport d'eau par le chari jadis se chiffrait à 40 Milliards de M3 en moyenne est estimé cette année à environ 20 - 25 Milliards de M3.

Les hydrologues demeurent peu optimistes quant à une éventuelle remontée suffisante des eaux pouvant permettre au Lac d'atteindre sa cote médiane de 282 m. A cet état de sécheresse la tente s'ajoute le prélèvement anarchique des eaux par le pays riverains du Lac qui ont entraîné diverses répercussions:

a) Au niveau de la région

Certains polders qui, périodiquement étaient humidifiés par apport d'eau des bras du Lac et ce après avoir éventré les digues qui les isolaient, sont désormais loin des eaux et leur salinité est telle que les paysans les ont abandonnés.

La nappe phréatique s'est fortement abaissée et a rendu impossible l'irrigation au chadouf qui est la méthode la plus maîtrisée par le paysannat. Pour remédier à cet état de fait, plusieurs barrages ont été éventrés par les paysans eux mêmes pour mettre en eau plus de 7.000 ha de polders. Les paysans passent ainsi du système de culture de décrue. L'irrigation au chadouf est impossible sur 500 ha environ. Les eaux du Lac qui devraient en partie faciliter le desenclavement de la région ne le permettent pas à la suite de la permanente sécheresse qui a favorisé le développement des végétaux obstruant les chenaux de navigation. La pêche, l'une des principales activités des lacustres est à présent ralentie par suite de la rarification du poisson. La cause de cette rarification peut être attribuée au manque d'eau dans le Lac.

b) Au niveau des Polders aménagés

Avant Février 1979, l'infrastructure hydraulique était en grande partie achevée sur le polder de GUINI et réalisée à 20 % sur celui de BERIM. Toutefois des rendements de blé 3,55/ha, coton 35/ha et pomme

de terre 10,5/ha ont été obtenus dans le polder de GUINI. Les aménagements hydrauliques de GUINI et BERIM ont été conçus pour une côte médiane de 282 m et cm étiage centennal de 279,8 m. Or depuis 1972 inclus, la côte de l'étiage a été inférieure à 280 m. L'étiage 1983 est prie que les précédents. Lorsque la côte du Lac descend aux environs de 279,20 comme en Mars 1983, le bras du Lac qui alimente la station de pompage de GUINI s'assèche. L'alimentation en eau devient impossible.

La dessiccation due à la baisse anormale du niveau du Lac et de la nappe phréatique dans les polders aménagés a provoqué une détérioration des terres.

Les mouvements des sols constatés avec par endroit soit des nivellements importants, soit des fissurations très profondes et très larges, laissent planer un doute sur l'étanchéité et l'intégrité des canalisations enterrées.

C'est pourquoi l'étude d'une variante (aspersion) a été demandée par le Gouvernement pour se déterminer quant à l'avenir du Projet.

On serait tenté d'irriguer le polder de GUINI par les eaux de la nappe. Mais dans la plupart des cas les eaux de la nappe sont assez peu salées pour que leur utilisation en irrigation soit sans danger pour le blé. Cependant, un contrôle constant doit être exercé sur la salinité des eaux et du sol et des précautions doivent être prises notamment en ce qui concerne le drainage et l'élimination des eaux trop salées après lessivage du sol.

Des fréquences et doses d'irrigation sur les cultures ont été déterminées après plusieurs années d'expérimentation portant sur six fréquences, six régimes et six doses de préirrigation selon les méthodes de distributions différentes : bassin, calant, raie de dimensions et pentes variables.

En définitive la raie a été retenue pour le coton et le bassin pour le blé.

Le calcul des besoins en eau des cultures est basé sur l'évapotranspiration à gazon irrigué installé par l'ORSTOM à la station de BOL. L'évapotranspiration potentielle calculée selon les données du mémoire C.RIOU : " la Détermination pratique de l'évapotranspiration-Application en Afrique Centrale ".

4-4 Les Problèmes qui vont se poser

Ils sont d'abord des conséquences logiques des problèmes présentés à savoir :

- L'assèchement à outrance des bras du Lac se traduira par un manque de terre cultivable dont les conséquences sont l'insuffisance des productions agricoles, l'immigration des populations ayant pour corrolaire des problèmes sociaux (tels que le manque de poisson à privé le Lac d'un commerce qui rapportait de devises substantielles du NIGERIA) et l'isolement de la région.

4-5 Etudes en cours

Après quatre année d'inactivité sur les polders de GUINI et BERIM, la production d'un rapport bilan et programme a été exigée par les bailleurs de Fonds pour mieux appréhender la situation du Projet. Un programme de relance des activités concernant le démarrage du Projet sur le polder de GUINI, établi sur deux ans, a donc été conçu pour remettre en état de production ce polder (350 ha). Il ne s'agit pas d'une nouvelle étude mais plutôt de la reprise d'un projet en cours d'exécution et suspendu pour des raisons évidentes. Pendant le déroulement de ces travaux,

.../...

les négociations seront entreprises avec des Bailleurs de Fonds pour obtenir le financement du polder de BERIM. Par contre la réactualisation de l'étude de factibilité du polder de MAMDI financé par la BADEA est en voie d'achèvement. Le rapport provisoire est déjà disponible. Cette étude porte sur l'aménagement d'un polder de 1 800 ha. Ce polder constituera avec les deux premiers une surface de 3.000 ha pouvant justifier la création des unités agro-industrielles (minoterie et usine d'égrenage).

Deux systèmes d'irrigation sont proposés :

- 1°/ le système californien déjà utilisé à GUINI et BERIM,
- 2°/ le système d'irrigation par aspersion.

Les deux variantes sont proposées pour comparer leurs avantages et leurs inconvénients en égard aux problèmes d'eau et des mouvances de sols que les conditions climatiques ont mis en relief.

Le Projet de mise en valeur du polder de MAMDI dont la durée d'exécution est d'environ 10 ans pour un coût de 9 700 000 000 de F CFA sera financé par la BADEA, le BTD, l'OPEP et d'autres Fonds Arabes. Celui des polders du GUINI et BERIM était financé pour 3 000 000 000 FCFA par l'IDA, le FAD, l'USAID et FAC pour une période de 4 ans.

4-6 Etudes en projet

- Reconstitution du stock semencier par la FAO dans la région du Lac
- Projet de réhabilitation et de développement intégré des polders traditionnels présenté par l'UNSO,
- L'entretien d'un chenal reliant BOL aux eaux libres du Lac Tchad par l'USAID. Ce projet est inclus dans le volet "création de brigade mobile" financé par l'USAID mais non exécuté pour fait de guerre. Il en est de même des actions sanitaires et l'aide aux centres sociaux. D'autres projets se trouvent en veilleuse depuis Février 1979. Il s'agit de :
 - le projet de reboisement financé par le PNUD et l'USAID,
 - le développement de la pêche (PNUD),
 - l'amélioration de la race Kouri (race bovine adaptée à la région du Lac)

Les études en projet a proprement parler concernent la mise en valeur des polders traditionnels et l'étude de factibilité pour le développement global de la région du Lac.

5) Les activités de l'Office de Mise en Valeur de Satégui Déressia.

5 - 1. Domaine d'activités de l'OMVSD

Le projet d'irrigation de la plaine de SATÉGUI-DERESSIA, dont l'exécution en régie a été confiée à l'Office de Mise en Valeur de Satégui Déressia (OMVSD), établissement public à caractère industriel et commercial vise essentiellement dans sa première phase à :

- irriguer par dérivation gravitaire des eaux du LOGONE, une zone poldérisée de 5.000 hectares destinés à la riziculture en submersion contrôlée;
- encadrer la riziculture traditionnelle d'inondation libre sur une superficie d'environ 5.000 hectares (actions hors périmètre.).

La réalisation du projet, échelonnée sur 5 ans, a débuté en novembre 1975 avec l'assistance technique de deux firmes d'ingénieurs-conseils, sur un financement conjoint de l'IDA (15,5 million de dollars U.S) et du FAD (8 millions d'unités de compte FAD)

L'ensemble des composantes du projet s'exécutait normalement quand survinrent les événements de Février 1979. A cette date, la situation est la suivante;

- Le programme de construction est réalisé presque entièrement
- La superficie poldérisée atteint 2500 hectares, soit 50% de l'objectif final; sur cette superficie, seuls 2100 hectares possèdent des aménagements internes plus ou moins complets;
- La superficie exploitée par les planteurs est d'environ 1200 hectares (639 attributaires) dans le périmètre irrigué. Par ailleurs, depuis 1977, des actions d'encadrement" hors périmètre intéressant 2800 hectares et 1370 riziculteurs se sont développées.

- Le rendement moyen obtenu dans le périmètre a été de 25 qx/ha, le rendement objectif attendu; le rendement moyen dans les zones encadrées hors périmètre atteint 16 qx/ha alors que celui des champs traditionnels n'excède pas 10 qx/ha .

- La construction et le montage d'une rizène d'une capacité d'usinage de 4 tonnes de paddy/heure étaient achevés; celle-ci demeure non opérationnelle, des mises au point et réparations devant être effectuées.

- Une première campagne de commercialisation a permis de collecter environ 9000 tonnes de paddy.

5 - 2 - Problèmes

De toute évidence, le cours du projet a été fortement perturbé au cours des cinq dernières années. En effet, au mois de Juillet 1979, les instances de l'IDA notifièrent aux autorités Tchadiennes leur position sur les projets financés par les crédits de l'IDA en égard à la conjoncture créée par ces événements: les activités financées par l'IDA dans le cadre du projet en cours doivent être provisoirement interrompues, les contrats d'assistance technique résiliés, les investissements différés jusqu'à ce que leur réalisation puisse s'effectuer dans des conditions plus favorables. Toute demande de déboursement sur les crédits de l'IDA affectués à ces projets doit être suspendue jusqu'à ce que les circonstances permettent une reprise efficace de l'exécution des dits projets.

La relance du projet, un moment envisagé à l'issue des missions du groupe de la BAD (8-12 Décembre 1979) et de la Banque Mondiale (28 Janvier - 12 Février 1980) a été empêchée en raison des événements de Mars 1980.

Le gel par les bailleurs de fonds du solde des crédits non déboursés, l'inaccessibilité aux comptes domiciliés dans divers établissements bancaires de N'Djamena et la suspension de l'assistance technique ont entraîné la suspension des travaux d'aménagement et partant, la stagnation depuis cinq ans, des superficies poldérisées.

Toutefois au site du projet à LAI, des activités de maintenance ont été vaillamment assurées avec un effectif réduit de personnel local. Elles ont notamment consisté en l'encadrement des attributaires du périmètre (qui ont continué à cultiver leurs parcelles), l'entretien du réseau hydraulique, la fourniture de l'eau d'irrigation et des intrants.

En Mai 1983, l'IDA a ouvert une ligne de crédit de 80.000.000 F CFA pour une période de six mois en vue du financement des activités à court terme, et plus particulièrement, de la campagne écoulée.

5 - 3 . Projets

Au terme de la première phase, il était prévu d'extension du projet (SATEGUI II) avec notamment:

.../...

- l'aménagement de 5000 hectares additionnels (10.000 hectares cumulés dont 1000 hectares en double culture avec maîtrise complète de l'eau au niveau de la parcelle;
- l'encadrement de 1500 hectares de rizières traditionnelles dans les territoires des sous-préfectures de LAI et BERE.
- l'élargissement des objectifs et de la vocation territoriale de l'OMVSD; du statut d'organisme initialement chargé de l'intensification de la riziculture dans le périmètre aménagé et dans les zones avoisinantes, l'OMVSD devrait évoluer vers un rôle de développement régional auto-centré dont l'influence s'étendra bien au delà de l'emprise du projet.

6 - Les activités de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Environnement

6 - 1. Domaine d'activités de la DGSE

La Direction du Génie Sanitaire et de l'Environnement a pour mission de mener toute action visant à l'amélioration des conditions qui, dans le milieu physique de l'homme, influent ou sont susceptible d'influer défavorablement sur la santé des populations. C'est pour cela qu'elle est chargée de la conception, de l'application et du contrôle des normes (hygiène, de l'assainissement et de l'environnement sur toute l'étendue de la République. Pour ce faire, elle exerce ses actions plus particulièrement dans les domaines suivants:

- L'approvisionnement en eau potable des collectivités urbaines et rurales.
- Le contrôle et le traitement des eaux de boisson, des eaux usées et des excréta.
- L'évacuation des eaux de ruissellement, etc...

Dans le domaine plus particulier de l'approvisionnement en eau potable dans les urbaines et rurales et aussi du contrôle et du traitement des eaux de consommation, la Direction du Génie Sanitaire et de l'Environnement est appelée à jouer un rôle de 1er plan, à savoir:

- Préservation des sources d'approvisionnement en eau potable contre toute pollution en mettant en place des périmètres de protection; de remédier à la stagnation des eaux perçues et prévoir la construction des abreuvoirs pour le bétail en milieu rural et en périphérie des grands centres urbains.
- En milieu urbain, de veiller et de contrôler la qualité de l'eau distribuée sous-pression.
- En milieu rural et périphérie urbaines, de traiter et de veiller au traitement de l'eau de boisson.
- L'éducation sanitaire de la masse dans les systèmes de puisage et de conservation de l'eau de boisson.

6 - 2. Situation actuelle et estimation des besoins

a) Situation: Depuis 1979, les activités sont au ralenti par manque de moyens logistiques et de contrôle. La Direction du Génie Sanitaire et de l'Environnement, en pleine restructuration, compte reprendre ses activités suivant la nouvelle approche et orientation qui sont arrêtées au niveau national comme au niveau international notamment dans le cadre de la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (D.I.E.P.A.)

b) Besoins

Le contrôle et le traitement de l'eau compte tenu de l'évolution démographique du pays nécessite que les sections laboratoire et traitement soient étoffées, c'est-à-dire d'avoir=

- Un laboratoire Central équipé
- des laboratoires portatifs avec tous les réactifs
- des moyens logistiques
- des matériels éducatifs
- des produits désinfectants
- de former le personnel.

Ses immenses besoins peuvent-ils être satisfaits sans que soient envisagés les aspects ci-après?

- 1- possibilités techniques et pratiques du Tchad
- 2 -besoins financiers.

Possibilités techniques, le nombre personnel d'encadrement ne permet pas la réalisation d'une couverture sanitaire adéquate. L'amplitude de l'exode rural accentue cette carence. Il faudrait donc accentuer la formation du personnel de toute catégorie en vue de réaliser effectivement les objectifs visés.

Possibilités pratiques, les moyens financiers faisant énormément défaut les activités menées sur le terrain ne sont que ponctuelles. Les services existants ne sont pas fonctionnels, car n'étant pas pourvus des moyens nécessaires.

c) Objectifs à atteindre: la réduction du taux de morbidité et de mortalité dû aux maladies hydriques que nous voudrions importante, ne pourrait être réalisée que si la Direction du Génie Sanitaire et de l'Environnement dispose de moyens Matériels et Financiers.

6 - 3. Besoins en Financement

Pour permettre à la Direction du Génie Sanitaire et de l'Environnement de faire face à ce travail, il importe qu'à l'instar des autres membres de C.I.E.H et du C.I.L.S.S, de doter le pays en particulier la Direction du Génie Sanitaire et de l'Environnement, de moyens nécessaires. Des démarches ont été faites auprès des Organismes Internationaux, mais le concours de C.I.E.H et du C.I.L.S.S. en tant que principaux partenaires s'avère indispensable surtout dans leurs interventions auprès des bailleurs de Fonds.

III - Opérations à inscrire au programme du CIEH

Dans le cadre de la préparation des journées techniques du 12^e Conseil des Ministres du CIEH, une mission du comité s'est rendue à N'Djamena pour contacts avec les divers intervenants. Une réunion de synthèse regroupant les uns et les autres a dégagé un ensemble d'opérations à soumettre aux activités du CIEH:

- Amélioration du système de diffusion des publications CIEH Tchad,
- Assistance pour la reconstitution du Fonds documentaire Tchadien concernant les ressources en eau,
- Assistance en relation avec AGRHYMET pour la création et le renforcement en personnel et matériel performant d'un réseau national hydrologique,
- Assistance pour la régénération de données manquantes en hydrologie,
- Actualisation des études sur les crues exceptionnelles,
- Assistance à la demande dans le cadre de l'élaboration de bases de référence,
- Etude sur la normalisation des ouvrages en hydraulique agricole,
- Etablissement de normes,
- Etude de l'hydrologie des plaines d'inondation.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, DES MINES,
DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

REPUBLIQUE TOGOLAISE
Union - Paix - Solidarité

(Comité interafricain d'ÉTUDES HYDRAULIQUES

C.I.E.H

12^e RÉUNION DU CONSEIL DES MINISTRES

Yaoundé, 20 - 26 Février 1984

1

JOURNÉES TECHNIQUES

ÉTUDES ET RECHERCHES EN HYDRAULIQUE
AU TOGO

Préparé par la Direction
de l'Hydraulique et de
l'Énergie.

B.P 335 Lomé
Présenté par K. KATAKOU.-

4806
For Community Water Supply

17 O M M A I R E

A - Aperçu sur le pays : Généralités	1
B - Cadre institutionnel	2
C - Situation actuelle dans le secteur eau	3
1 - Alimentation en eau	
2 - Aménagements Hydro-agricoles	
3 - Assainissement	
D - Etudes et recherche en cours	
I - Stratégie d'aménagements des eaux	6
II - Etude et gestion des ressources en eau souterraine du bassin sédimentaire côtier du Togo -	
1 - Surveillance piézométrique et chimique des nappes du bassin sédimentaire côtier -	8
2 - Modèle mathématique des aquifères du bassin sédimentaire côtier -	10
III - Exploitation des ressources en eau en région de socle.	
Expérimentation en vraie grandeur sur le champ de captage de la Ville de Dapaong	12
3 - 1 Alimentation en eau des villages et des villes en Afrique de l'Ouest.	13
3 - 2 Problème que pose l'alimentation en eau des villages et villes à partir des eaux souterraines des formations de socle.	
3 - 3 Expérimentation en vraie grandeur sur un champ de captage :	
Ville de Dapaong	14
3 - 4 Financement	15
IV - Centres d'appui Techniques eaux irrigations	16
4 - 1 Objectifs, organisation et réalisation	17
4 - 2 Financement	18
V - Etudes Hydrauliques	
5 - 1 Etudes de quelques caractéristiques Hydrauliques et Hydrochimiques du système lagunaire du lac - Togo.	19

Pages

5 - 2 Etude expérimentale de simulation de pluie 19

5 - 3 Programme onchocercose 19

E - Etudes en Projet

I - Réseau de contrôle piézométrique des aquifères
de la région de Lomé 22

II - Atlas agro-climatologique national 23

Le Togo a opté pour un développement planifié et le 3e Plan quinquennal de développement économique et social (1976 - 1980) avait mis un accent particulier sur l'importance de l'eau dans le développement. L'eau est donc la priorité des priorités et sa maîtrise constitue la pierre angulaire de la politique actuelle de l'autosuffisance alimentaire.

Cette volonté du Gouvernement togolais de maîtriser l'eau s'est traduite par la mise en place de structures adéquates, l'adhésion à la Décennie Internationale de l'eau potable et de l'assainissement, la poursuite d'études et de recherches en Hydraulique qui soutendent cette politique de maîtrise de l'eau

A/ - APERÇU SUR LE PAYS : GENERALITES

Le Togo a une superficie de 56.600 km² et se présente comme une bande de 600km de long orienté Nord-Sud dont la largeur varie de 55km sur le Littoral à 150km dans la partie centrale. Il est limité au Sud par le Golfe de Guinée, au Nord par la haute Volta, à l'Est par la République Populaire du Bénin et à l'Ouest par le Ghana.

Du point de vue relief, le Togo est pris en écharpe entre le 7e et 10e parallèle par les Monts du Togo qui culminent à 1.000m. De part et d'autre de la chaîne des Monts Togo, on trouve des pénéplaines. Cette situation de relief confère au pays deux types de climat délimités approximativement par le 8e parallèle.

Au Nord, nous avons un climat de type soudano - guinéen caractérisé par une saison sèche et une saison pluvieuse. La pluviométrie oscille entre 1.000 et 1.500mm avec une température moyenne élevée (32°C).

Au Sud du 8e parallèle nous avons un climat de type baculo-guinéen avec deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses d'inégales longueurs et à moyenne pluviométrique de 800 à 1.400mm. L'amplitude thermique varie entre 22 et 32°C

Le réseau Hydrographique est constitué par les bassins de la VOLTA, du MONO et du LAC TOGO. Ce réseau est contrôlé par une cinquantaine de stations Hydrométriques et 71 postes pluviométriques.

Sur le plan végétation, on se trouve dans une zone de transition entre la savane et la forêt dense. La savane arborée couvre les 3/4 du territoire.

En Hydrogéologie, on distingue une zone dite de socle qui couvre les 9/10 du territoire où les eaux souterraines peu minéralisées se présentent par poches aux endroits de fractures, .../...

et une zone sédimentaire cotière.

La population recensée en 1981 était de 2.703.000 habitants avec un taux de croissance annuelle possible de 2,8%. Actuellement la population est estimée à 2.800.000 habitants dont 28% représentant la population urbaine.

Le Togo est organisé en cinq régions économiques (Maritime, plateaux, Centrale, Kara et Savanes) comprenant 21 prefectures et 9 sous-prefectures.

B - CADRE INSTITUTIONNEL :

Dans les plans de développement économique et social du pays un accent particulier a toujours été mis sur la maîtrise de l'eau.

Aussi des structures sont-elles mises en place pour une action efficace.

Dès 1970, le COMITE NATIONAL de l'Eau, à caractère Inter-ministériel a été créé par décret Présidentiel n° 70/161. Ce Comité a pour attribution de définir la politique du Gouvernement dans le secteur eau. Le Secrétariat de ce Comité était alors assuré par l'Arrondissement de l'Hydraulique et de l'Electricité de la Direction des Travaux Publics. L'Arrondissement a vite évolué en devenant Direction de l'Hydraulique et de l'Energie par décret Présidentiel n° 80 - 250 du 21 Octobre 1980 à la suite de la création d'un ministère des Ressources Hydrauliques. Ce Ministère coordonne les activités de l'Hydraulique du pays. Les Services ci-après dépendent de ce Ministère.

La Direction de l'Hydraulique et de l'Energie chargée de la planification, de la conception, de la construction ou de la ^{per}vision et de l'exploitation des ouvrages d'Hydrauliques. Elle coordonne toutes les interventions dans le secteur.

- La Direction des Mines et de la Géologie intervient pour la recherche des ressources en eaux souterraines.

- La Régie Nationale des Eaux du Togo (RNET) est chargée de l'exploitation, de l'entretien, du renouvellement et de l'extension des ouvrages d'Hydraulique en milieu urbain et semi-urbain.

D'autres Ministères s'occupent également des problèmes d'eau à différents degrés. Il s'agit de :

- Ministère du Commerce et des Transports avec la Direction de la Météorologie Nationale qui s'occupe de l'Hydrométéorologie et de l'agrométéorologie.

- Ministère de l'Aménagement Rural, par la Direction du Génie Rural initie des projets dans le domaine de l'Hydraulique villageoise (puits, retenues d'eau).

- Le Ministère de la Santé Publique, intervient spécifiquement dans le secteur eau-assainissement :

L'Institut National d'Hygiène contrôle la qualité des eaux

- Le Service national d'Assainissement, organe de promotion de l'Hygiène, contrôle la qualité de l'eau de consommation du milieu rural.

- Le Ministère du Plan, de l'Industrie et de la Réforme Administrative :

coordonne les activités économiques, recherche le financement pour la réalisation des études et l'exécution des marchés.

C. SITUATION ACTUELLE DANS LE SECTEUR EAU -

1/- ALIMENTATION EN EAU

Objectif : Fournir de l'eau potable à la population pour atteindre un niveau de couverture de 100% en milieu urbain d'ici 1990 à raison de 100 litres/jour/habitant pour les branchements privés de Domé ;

80 litres/jour/habitant pour les branchements privés autres centres ;

50 litres/jour/habitant pour les branchements privés centres semi-urbains ;

30 litres/jour/habitant pour les bornes fontaines ; en milieu rural, assurer une quantité d'eau potable de 20 litres/jour d'ici 1990. En décembre 1982 le taux de couverture dans le secteur rural était de 35%, alors qu'il est de 45% en milieu urbain.

Outre trois centres approvisionnés à partir des eaux de surfaces (barrages), les ressources les plus utilisées sont les nappes souterraines.

L'exploitation rationnelle et systématique des ressources Hydrauliques est rendue possible grâce à une stratégie d'aménagement des eaux qui permet d'élaborer pour une région donnée un bilan Hydraulique prévisionnel et d'implanter de façon optimale. Les forages.

PROBLEMES LIES AU DEVELOPPEMENT DE L'AEP

- Un certain nombre de contraintes identifiées sont liées à l'absence ou à la caducité de la législation. Le manque de réglementation qui en découle entraîne une paralysie certaine des services nationaux face aux particuliers et aux industriels.

- Au niveau de l'entretien et de la maintenance des ouvrages une politique de participation des bénéficiaires est nécessaire (tarification).

- Intensification du contrôle de la qualité de l'eau -
- Formation du personnel -
- Financement des projets -

2/- AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLE -

Pour atteindre l'autosuffisance alimentaire, le développement agricole doit passer par la maîtrise de l'eau (irrigation utilisation optimale de l'eau pluviale...)

- Les centres d'irrigation existants dans le pays se limitent :
- au périmètre maraîcher d'Agoenyivé (20ha)
 - au périmètre rizicole de Mission Tove (350 ha)
(assistance chinoise)
 - au centre d'irrigation de l'CPAT à Zozokondji et à Mango
(300 et 400ha) (de verger)

les projets en cours d'exécution sont :

- Le périmètre rizicole d'Agome - glozou (Mission coréenne
800ha. par pompage)
- Le périmètre rizicole de Ziovonou (600ha)
(mission Chinoise)
- le périmètre de SONAPH à KATI (500ha)
- le complexe sucrier de l'ANIE (mission chinoise)
- le projet Namiélé (OTI)

Pour les projets d'aménagements Hydro-agricoles, les problèmes posés sont liés au coût de ces aménagements et à leur gestion. Aussi des recherches dans le domaine sont-elles en cours et détails seront donnés plus loin.

3/- ASSAINISSEMENT

Dans ce secteur il s'agit essentiellement de l'évacuation des eaux pluviales dans les centres urbains et semi-urbains. Il y a lieu de souligner que les plans directeurs d'urbanisme et d'assainissement des villes du pays sont terminés. Les projets d'exécution s'amorcent en particulier pour Lomé la Capitale. Les résultats des études de ruissellement urbain initiées par le CIEH doivent être incessamment disponibles.

17 TUDES ET 17 ECHERCHES

EN COURS.

I- STRATEGIE D'AMENAGEMENT DES EAUX

Le Gouvernement Togolais s'était proposé avec l'assistance du PNUD d'établir une stratégie à long terme d'aménagement des eaux. Cette stratégie, fondée sur des données précises sur les besoins réels et les ressources disponibles en eau devait se concrétiser par le plan permettant de programmer les travaux d'une manière rationnelle, efficace et économique.

Dans le cadre donc du projet TOG/75/008, les objectifs immédiats étaient :

a/ - Complément de recherches Hydrogéologiques sur une zone du socle de 15.000 km² entre les latitudes 7° et 9° par photo-interprétation, géophysique et forage marteau-fond-de trou.

b/ Rassemblement des données pour la création d'une banque de données et l'édition d'un atlas des ressources en eau et leur utilisation.

c/ - Formation du personnel togolais dans les techniques de forages, de géophysique et de l'Hydrogéologie.

d/ - Assistance au Gouvernement pour l'équipement en matériel et l'élaboration des statuts d'une société nationale de travaux Hydrauliques (par voie de consultants).

Ce projet constituait un complément logique de l'assistance du PNUD dans le domaine de la recherche et de l'exploitation des eaux souterraines au Togo (Togo4- "Recherche minières et eaux souterraines au Togo (1964 - 1968),

Togo/70/511 "Prospection des eaux souterraines dans la zone côtière (1971 - 1975).

La contribution du PNUD s'élève à 2.233.021 Dollars US et la contrepartie togolaise est de 100.millions de francs CFA.

.../...

Les objectifs du projet sont en grande partie atteints : Atlas des ressources et besoin en eau publié en 1982 ; recherche Hydrogéologie (reconnaissance méthodologique) dont les forages productifs ($Q = 10 \text{ m}^3/\text{b}$) sont équipés de moyens d'exhaure pour l'Hydraulique villageoise renforcement du département Hydrogéologique du BNRM (Bureau National de la Recherche Minière) en matériel de pompage et d'un parc automobile important.

L'effort de formation du personnel local consenti doit être poursuivi au cours de la deuxième phase en cours du projet (1983-1985) par la relève nationale.

II ETUDE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU
 SOUTERRAINE DU BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER
 DU TOGO

- 1 - SURVEILLANCE PIEZOMETRIQUE ET CHIMIQUE DES
 NAPPES DU BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER.

- 2 - MODELE MATHEMATIQUE DES PRINCIPAUX AQUIFERES.

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

L O M E

INTRODUCTION

Les ressources en eau souterraine les plus importantes du Togo se trouvent dans le bassin sédimentaire côtier d'une superficie de 3700 Km².

Ces ressources en eau sont réparties entre 3 aquifères principaux : la nappe libre du continental terminal et les nappes cap. ves du PALEOCENE et Maestrichtien (Cretacé)

Ces ressources en eau d'un intérêt économique inestimable car les plus grosses agglomérations dont la capitale Lomé sont situées dans ce bassin sédimentaire côtier qui concentre par ailleurs les plus importantes sinon la plupart des industries du pays.

Or ces nappes surtout celle du continental terminal sont localement très exploitées. L'exemple type est la station de pompage de Cacaveli (qui alimente Lomé depuis 1939) où de nombreux forages sont concentrés dans une enceinte très réduite de moins d'un quart de kilomètre carré.

Les problèmes posés sont alors nombreux et importants:

- existence d'un cône de rabattement très accentué au droit de la station de pompage.

- atteinte depuis 1981 du point de rupture prévu à 25.000 m³/j pour la nappe du continental terminal à Cacaveli.

- détérioration de la qualité chimique de l'eau par une contamination par l'eau salée. Avancée très accentuée en certains endroits du biseau salé marin.

- ignorance du mouvement réel du front salé.

Insuffisance du réseau de surveillance piézométrique et chimique.

- Manque d'inventaire des points d'eau.

Devant l'ampleur des problèmes posés, un certain nombre d'études ont été entreprises depuis 1980 pour remédier à cet état de faits

1- SURVEILLANCE PIEZOMETRIQUE ET CHIMIQUE DES NAPPES DU BASSIN
SEDIMENTAIRE COTIER

1-1- OBJECTIFS

- Synthèse des connaissances hydrogéologiques
- Mise en place d'un réseau de surveillance piézométrique et chimique des principaux aquifères.
- Définition des différents systèmes aquifères : géométrie des réservoirs, caractéristiques hydrodynamiques, liaisons entre eux, condition d'alimentation et relation avec les cours d'eau.
- Mise en évidence des zones d'exploitation intensive devant présenter des problèmes à plus ou moins long terme et des zones de données hydrogéologiques insuffisantes.
- Etablissement des fiches d'inventaires des ressources en eau.
- Mise en place d'une banque des données des ressources en eau pour une documentation à l'échelle nationale.

1-2- FINANCEMENT

Le financement a été assuré par le ^Sfond d'aide et de coopération (FAC) par convention n° 112/DDE/SUTOC

1-3- COÛT

Le coût total de l'étude s'élève à 55 millions de F CFA (marché n°2/01/DHE du 5 Février 1981)

1-4 - BUREAUX D'ETUDES

L'étude a été réalisée par la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie, Maître d'oeuvre et d'ouvrage, conjointement avec le BRGM de 1980 à 1982.

1 - 8 PRINCIPAUX RESULTATS

Réalisation du fichier national composé de six bordereaux descriptifs des points d'eau avec répertoire de 1000 points d'eau environ en 1982 qui sont entrain d'être saisis sur support informatique avec des micro ordinateur. Questar/M en vue de constituer la Banque des Ressources en Eau du Togo.

.../...

Mise en place d'un réseau de surveillance piézométrique et chimique de 25 forages (complété de 4 autres munis de limigraphes OTT-R 16), qui a montré que si la piézométrie et la chimie n'ont pas tellement évolué dans la plus grande partie du bassin, elles ont atteint des côtes d'alerte dans le Sud-Ouest : la côte de l'eau est passée de 0m en 1976 à 7 m en 1981 et à 10 m en 1982 alors que la côte du mur de la nappe du continental terminal concernée est à - 8m ; les teneurs en chlorures ont passées de 80 mg/l en 1978 à 250mg/l en 1981 à la station de cacaveli est supérieur à 1000 mg/l à Lomé.

Au plan des ressources, par contre, la nappe du continental terminal semble alimentée. L'alimentation directe par la pluie des nappes de l'Eo-paléocène et du Crétacé est probablement peu importante ; il existe cependant dans ces formations une ressource importante emmagasinée dans les couches semi-perméables pouvant éventuellement être mobilisée par une exploitation de longue durée.

Cependant l'étude des variations piézométriques a montré que l'alimentation est variable dans le temps et se répartit de manière variable sur l'ensemble du bassin.

Il convient de noter enfin que, en l'absence de modèle, il n'est pas possible d'estimer les volumes d'eau mobilisés par drainage.

Un simple bilan d'eau, dans la zone de Cacaveli, montre que, même et d'ores et déjà, l'équilibre entre les apports (écoulements souterrains et infiltration de pluie) et les prélèvements est extrêmement fragile.

En outre par ailleurs il est prévu une croissance de la demande au rythme de 10% par an pour couvrir les besoins induits par la démographie (+4% par an) et le développement industriel, dans une perspective à long terme, il est proposé de réaliser un modèle dont le but principal sera de fournir les éléments de décision nécessaires pour une meilleure gestion tant quantitative que qualitative.

La situation présentée rend nécessaire la mise sur pied d'un plan d'action dont le modèle constituerait l'indispensable élément de base.

2. MODELE MATHEMATIQUE DES AQUIFERES DU BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER

2.12 INTRODUCTION :

En plus les problèmes mentionnés en introduction, il est à noter que si les aquifères du bassin sédimentaire côtier sont exploités depuis les années quarante, ils n'ont pas fait l'objet d'études - gestion de ressources en eau souterraine - que durant les années 1976/1977 par GENDRON LE-FERVRE INC.

Ce projet entre autres études a jeté les bases d'un modèle mathématique et a fixé à 25.000 m³/J la capacité maximale du continental terminal qu'exploite la station de pompage de Cacavelli alimentant Lomé.

Ce seuil a été atteint dès 1981 et l'accroissement annuel de la demande en eau est de 10%. Ce qui aggrave les problèmes précédemment mentionnés (Cône de rabattement front salé).

Pour remédier à ces problèmes à court et à moyen terme, il a été décidé de construire un modèle qui doit être avant tout un outil de gestion et de décision.

2.2. BUT DU MODELE MATHEMATIQUE

L'étude FAD "Surveillance Piézométrique et Chimique des Nappes du Bassin Sédimentaire Côtier" précédemment décrite a permis la mise à disposition d'un certain nombre d'informations hydrogéologiques qui peuvent aider à construire un modèle mathématique dont le but principal sera de permettre d'envisager plusieurs scénarios d'exploitation. Ces derniers doivent pouvoir prendre en compte :

- l'accroissement prévu des consommations,
 - la répartition géographique des ressources en eau (zones de meilleure perméabilité),
 - le coût non seulement des ouvrages de captage (variable en fonction de profondeur totale) mais aussi des adductions,
 - le coût de pompage (variable en fonction de profondeur du niveau d'eau dynamique),
- .../...

- la présence d'une zone de "front salé" en bordure de l'Océan
- la possibilité d'utiliser les eaux superficielles pour "recharger" l'aquifère (soit naturellement par réalimentation " intuitive", soit artificiellement par injection d'eau de surface dans la nappe)? Etc...

2.3. CONDITION DE REALISATION

L'étude est en cours mais on peut signaler que :

- le modèle sera de type bicouche et concernera la nappe libre du continental terminal et la nappe captive du Paléocène,
- la méthode sera celle des différences finies
- les mailles seront de tailles progressives et les plus petites pourront avoir 1 km à 1,5 km de côté,
- le modèle pourra être réajusté en fonction des captages pour la ville de Lomé, la création de nouveaux forages pour la ville de Lomé, la création de nouveaux forages pour l'industrie, l'installation de moyens d'exhaure plus élaborés sur les forages d'Hydraulique Villageoise et d'autres part en fonction des nouvelles données acquises lors de la réalisation de nouveaux ouvrages.

2.4. FINANCEMENT

L'étude a été financée par le Fonds d'Aide et de Coopération (FAC) par convention n° 338/CD/82/VI/TGG38 pour un montant de 35 millions de F CFA.

2.5. BUREAUX D'ETUDES

La présente étude est en cours de réalisation par la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie, maître d'oeuvre et d'ouvrage conjointement avec le BRGM et le BCEOM pour une durée de 7 mois.

Les premiers résultats seront connus vers le début de l'année 1984.

III. - EXPLOITABILITE DES RESSOURCES EN EAU
EN REGION DE SOCLE

EXPERIMENTATION EN VRAIE GRANDEUR SUR
LE CHAMP DE CAPTAGE DE LA VILLE DE
DAPAONG (TOFO)

Direction de l'Hydraulique
et de l'Energie

LOME

Novembre 1983

3-1. L'alimentation en Eau des villages et des villes en Afrique de l'Ouest

Depuis le début des années 1970, l'Afrique de l'Ouest a connu coup sur coup plusieurs années de sécheresse séparées par une ou deux années de précipitations normales.

Ces sécheresses ont engendré une situation de pénurie structurelle et chronique.

Devant l'irrégularité des pluies, les eaux souterraines sont apparues dans bien des régions comme le principal, sinon l'exclusif moyen de satisfaire la demande en eau.

De nombreux et grands programmes d'équipements hydrauliques à partir des eaux souterraines - hydraulique villageoise - ont été lancés avec pour objectif de fournir à tout homme un minimum d'eau potable.

On estime qu'aujourd'hui, plus de 20.000 points d'eau ont été construits en Afrique de l'Ouest dans les régions de socle cristallin, cristalloydique ou sédimentaire ancien et on évalue à des dizaines de milliers le nombre de points d'eau qu'il serait nécessaire de construire d'ici la prochaine décennie.

Parallèlement, la demande jusqu'alors disséminée et ponctuelle, est en voie d'augmenter et de se concentrer pour plusieurs raisons :

- L'accroissement rapide de la population (2,5% environ par an)
- la disponibilité de l'eau exerce un effet structurant sur les populations qui se groupent en gros villages ou en bourg autour des points d'eau.
- Le développement à moyen terme de petits périmètres villageois d'irrigation ou des réseaux d'adduction pour les villes de moyenne importance.

3-2. Problèmes que pose l'alimentation en eau des villages et ville à partir des eaux souterraines des formations de socle

Malgré d'intéressantes et importantes études et des travaux de plus en plus nombreux en région de socle cristallin, cristallophyllien et sédimentaire ancien, au cours des deux dernières décennies, quelques inconnues subsistent encore sur l'hydrogéologie de ce milieu et méritent que leur soient consacrées des études plus poussées.

Parmi ces inconnues, il faut souligner le problème de l'alimentation et de la pérennité des nappes souterraines du socle qui seront de plus en plus sollicitées pour répondre à la demande qui va augmenter et se concentrer.

Actuellement l'exploitation d'aquifères des terrains cristallins, cristallophylliens et sédimentaires anciens, se fait de façon empirique par la recherche d'un débit compatible avec un besoin sans que l'on soit pour autant véritablement assuré de sa pérennité ; celle-ci est liée à des contextes géologiques (fracturation, altération) et hydrauliques (circulation, limite...) dont on maîtrise encore mal la connaissance.

Le manque de connaissances scientifiques et historiques sur le comportement des aquifères de socle soumis à des exploitations et à des conditions particulières d'alimentations par les pluies, est à l'origine d'une approche encore empirique de la mise en exploitation du socle qui, il y a encore peu de temps, était considéré comme stérile.

II convient de dépasser le stade de cette exploitation empirique et de s'interroger sur la pérennité et l'alimentation des aquifères de socle afin de déterminer le volume des réserves exploitables. En pratique au niveau de l'exploitation, ceci se traduit par deux questions :

../....

- Quel est le volume moyen annuel exploitable sans risque de déséquilibre par rapport à la ressource ?

- Dans quelle mesure le régime d'exploitation peut-il être indépendant du régime naturel d'alimentation de la nappe ?

Pour y répondre deux approches différentes sont praticables :

- l'une, la plus rationnelle, est d'apprécier a priori l'aptitude et la ressource des aquifères (capacité, limites probables de l'aire d'influence des captages, etc...)

- l'autre, la plus pragmatique, est de contrôler une exploitation en vraie grandeur.

En fait, il faut considérer que ces deux approches sont interdépendantes et parallèles plutôt que successives, leur progrès s'aidant mutuellement.

3.3. Expérimentation en vraie grandeur sur un champ de captage : la ville Dapaong au TOGO

3.1. Description du périmètre expérimental

Le champ expérimental choisi pour initier les études de ressources en eau en milieu de socle se situe à Dapaong au Nord du TOGO.

Le site de Dapaong offre plusieurs avantages :

- La ville de Dapaong, située dans le Nord du Pays à la limite entre le bassin sédimentaire ancien et le Birrinien, a nécessité pour son alimentation l'exécution d'une dizaine de forages qui captent les aquifères de granites ou de granito-gneiss, mais ne sont pas tous exploités.

- Le contexte géologique (granite-gneiss plus ou moins altéré et fissuré) est représentatif des conditions naturelles existant dans d'autres pays voisins dont l'approvisionnement en eau est aussi très dépendant des eaux souterraines contenues dans les roches de socle (Haute-Volta, Ghana, Bénin, Niger, Mali etc...)

- Les débits exploités sur 7 des forages réalisés sont régulièrement contrôlés depuis quelques années. Par ailleurs il existe un certain nombre de forages en bon état sur lesquels il est possible d'effectuer des mesures manuelles de niveau d'eau.

- Il existe deux stations météorologiques qui fonctionnent bien depuis trente ans.

3-2- Les principaux objectifs de l'expérience

Les principaux objectifs sont :

- de contrôler avec précision en vraie grandeur sur un champ expérimental la réponse d'un aquifère de socle aux impu-
sions "entrée-sortie" que sont les apports par la pluie et l'ex-
ploitation.

- d'assurer la conservation en continu des informations
pour leur traitement et leur interprétation afin d'évaluer les
ressources mobilisables à long terme.

- Contribuer à la croissance du régime et de la structure
des aquifères du socle.

3-4- Financement :

Cette étude a été financée par les fonds propres du bureau
de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) de la République
Française.

3-4-1- Programme et durée d'exécution des travaux

La durée totale des travaux est de 24 mois depuis le début
des études hydrogéologiques de base jusqu'à la remise du rapport
final. Ce qui permettra de suivre l'évolution des niveau/d'eau
parallèlement aux prélèvements sur une année hydrologique au
moins.

Le programme se compose de deux phases enchaînées :

Phase I : Etudes hydrogéologiques de base :

Cette phase d'une durée de 12 mois est réalisée entièrement
au Togo et comporte : La récolte des données et documents exis-
tants.

L'inventaire des points d'eau

- l'installation des instruments de mesures
- des mesures géophysiques
- le nivellement de points d'eau

- le suivi des niveaux d'eau et de l'exploitation

phase 2 : Synthèse et modèles mathématiques

Cette phase, d'une durée de 12 mois également, comprend :

- La rédaction, au Togo, d'une synthèse qualitative et hydrogéolo-
gique,
- l'exploitation quantitative et hydraulique des données au moyen
de modèles mathématiques en France.
- La confection du document final avec les connaissances acqui-
ses.

IV ENTRES D'APPUI TECHNIQUE AUX IRRIGATIONS (CATI)

LANDA POZENDA ET TOUTOU

DIRECTION DU GENIE RURAL

4 - CENTRE D'APPUI TECHNIQUE AUX IRRIGATIONS

En matière d'aménagements hydro-agricoles, la Direction du Génie Rural (Ministère de l'Aménagement Rural) a démarré un programme d'études et de recherches en irrigation. Il s'agit de la création de Centre d'appui technique aux irrigations (CATI)

4 - 1 OBJECTIFS, ORGANISATION DES CATI

Dans le 4^e plan de développement économique et social, l'Etat Togolais a mis l'accent sur l'autosuffisance alimentaire et la maîtrise de l'eau. Ces objectifs se sont traduits en ce qui concerne les aménagements hydro-agricoles par la volonté de créer en priorité de petites unités répondant au but suivant.

Formation à la pratique des aménagements de petites hydrauliques,

- Vulgarisation auprès des paysans des techniques culturales et de conduite de l'irrigation,

Résolution des problèmes liés à la gestion et à l'encadrement des aménagements hydroagricoles

Production des semences, plants, produits maraichers et arboricoles de bonne qualité.

Pour démarrer ce programme, cinq (5) centres suivants ont été étudiés soit un par région économique.

- Namondjoga (Région des savanes)
- Landa Pozenda (Région de la Kara)
- Sotouboua (Région Centrale)

- Toutou (Région des plateaux)

- Esé Zogbedji (Région maritime)

Parmi les 5 centres 2 sont en cours de réalisation, en régie par le Génie Rural. Ce sont Toutou et Landa Pozenda.

Les CATI ont un caractère expérimental, tant pour la conduite des cultures irriguées que pour l'organisation et l'encadrement d'un réseau d'irrigation. L'irrigation est prévue pour les cultures traditionnelles en vue d'augmenter les rendements et mieux intéresser les paysans à la pratique de l'irrigation. La création de tels périmètres préparerait la réalisation des projets plus ambitieux.

Les deux centres en cours de réalisation seront organisés de la façon suivante :

a) LANDA POZENDA : Le périmètre sera intégré au projet Nord (structure déjà existante) pour l'encadrement technique et la démonstration-expérimentation et évaluation. L'exploitation des terres du périmètre revient au groupement de paysans de la zone qui est associé à l'exécution du projet dès le démarrage des travaux. Il participe en main d'oeuvre. Le centre de Landa Pozenda couvre 13,5ha dont 2ha de riziculture irriguée (submersion) et 11,5ha d'assolement vivrier - maraicher irrigué à la raie.

b)- A TOUTOU, l'encadrement sera assuré par la DRDR des plateaux (Direction Régionale du Développement Rural) qui se chargera également de l'expérimentation- démonstration et évaluation.

Comme à Landa Pozenda, l'exploitation du périmètre revient au groupement de paysans employé comme main d'oeuvre pour la réalisation des travaux. Le centre de TOUTOU s'étend sur 30ha, dont 16,5ha de riz (irrigation par submersion) et 13,5ha assolement: vivrier maraîcher (irrigation à la raie).

CATI

4 - 2 - FINANCEMENT : L'étude des /3 a été financée par le FAC et réalisée par le GERSAR pour un montant de 47millions de F CFA. La réalisation des deux premiers centres, subventionnée par le FAC, s'élève à 62millions de F CFA. La réalisation des centres

premiers centres servira de modèle à l'évaluation des futurs centres. L'investissement calculé pour Landa Pozenda est de 1.670.000F/ha. Le revenu net calculé est de 320.000 à 450.000F/ha selon les assolements pratiqués.

- A Toutou il est de 734.000F/ha pour un revenu net de 332.000F/ha pour le riz et 436.000F/ha pour l'assolement.

En plus de ce programme, le Génie Rural envisage de cerner les problèmes relatifs aux ouvrages d'hydrauliques agricoles, la situation actuelle et les possibilités existantes par :

- 1) L'inventaire et le recensement des sites de barrages hydro-agricoles.
- 2) L'étude des caractéristiques des barrages existants en vue de leur réhabilitation
- 3) L'étude des ouvrages de régulation des cours d'eau
- 4) L'inventaire et études des sources de montagnes en vue de leur utilisation en AEP villageois.

V - ETUDES HYDROLOGIQUES -

Le service de l'Hydrologie est intégré à la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie. Il s'occupe de la gestion du réseau Hydrométrique national et des études spécifiques dont celles en cours, menées avec l'ORSTOM, sont :

5.1- ETUDES DE QUELQUES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES
HYDROCHIMIQUES DU SYSTEME LAGUNAIRE DU LAC-TOGO -
(1981 - 1982)

Cette étude rentre dans le cadre d'une politique de développement de projets d'aménagements agricoles et de mise en valeur piscicole du lac.

L'étude comportait deux aspects

- Inventaire de la qualité des eaux en système lagunaire ainsi que le suivi de l'évolution de cette qualité dans l'espace et dans le temps au cours des deux années Hydrologiques qui ont suivi la dernière ouverture de la lagune sur la mer à la fin de l'année 1980 -

- Détermination de quelques paramètres Hydroclimatologiques permettant de quantifier les volumes d'eau mis en jeu dans les lagunes au cours des deux cycles Hydrologiques étudiés.

- L'étude financée par l'ORSTOM se poursuit avec le volet Hydrobiologie des pêches.

5. - 2 ETUDE EXPERIMENTALE DE SIMULATION DE PLUIES

Elle a démarré cette année 1984 par l'ORSTOM pour une durée de 3ans -

Elle permettra d'établir les relations pluie - débit. Les essais sont faits sur les anciens bassins versants étudiés afin d'établir une corrélation entre les anciennes données et l'étude actuelle.

La méthode de simulation de pluie permet d'avoir très rapidement des informations sur le terrain que par rapport aux études classiques de bassin expérimental. Elle peut être utilisée pour de petits projets d'aménagements Hydroagricoles.

5. - 3 PROGRAMME ONCHOCERCOSE -

Dans le cadre du projet de lutte contre l'onchocercose au Togo, le service national de l'Hydrologie et l'ORSTOM ont exécuté des études de création de station Hydrométriques et de leur étalonnage pour le compte de l'OMS depuis 1976 -

Actuellement le projet OCP/OMS/ORSTOM se propose d'expérimenter dans le bassin de la Kara et de l'Oti l'utilisation du système ARGOS pour la transmission par satellite des données Hydrométriques.

Cette étude pilote devra permettre de tester le matériel, l'efficacité du système et des améliorations pour l'estimation des débits.

L'objectif est d'avoir une nouvelle stratégie de traitement, car la méthode habituellement utilisée occasionne beaucoup d'erreurs au niveau de l'estimation du débit de la rivière, du dosage et de la quantité d'insecticide utilisé.

Le projet pilote qui durera 2 ans (1983 - 1984) coûte 40 millions de Francs CFA-

Le service national de l'Hydrologie est associé à l'étude.

E) - IT- T U D E S E N P R O J E T

I - RESEAU DE CONTROLE PIEZOMETRIQUE DES AQUIFERES DE LA REGION DE LOME

1.- INTRODUCTION

Dans l'étude "Surveillance Piézométrique et chimique des Nappes du Bassin Sédimentaire côtier du Togo" la nécessité du renforcement du réseau piézométrique a été souligné pour une meilleure approche des problèmes Hydrogéologiques surtout dans la zone Sud-Ouest du bassin. Dans cette partie de bassin, la nappe libre du Continental ^{terminal} est actuellement exploitée à son maximum et nécessite une surveillance plus accrue.

Le modèle mathématique en élaboration servira à déterminer les zones où des piézomètres complémentaires doivent être réalisés.

2. OBJECTIFS

BUTS DE L'ETUDE

a/- Réalisation d'une batterie de piézomètres devant fournir des renseignements sur :

- l'évolution naturelle des nappes sous l'effet des recharges par les pluies et les conditions aux limites.

- l'évolution induite par les actions anthropiques (pompages, etc...)

- Le mouvement éventuel du front salé

b/- Après réalisation des piézomètres, utilisation de leurs caractéristiques des ouvrages pour un meilleur calage du modèle mathématique.

3. PROGRAMME DE TRAVAUX PROPOSES

les travaux commenceront probablement au début de l'année 1984 et comporteront 2 volets principaux.

- Equipement d'un certain nombre d'ouvrages réalisés ou à réaliser de limnigraphes.

- Réalisation d'un certain nombre de piézomètres.

4.- FINANCEMENT

Le programme sera financé sur fonds FAC pour un coût de 50millions de francs CFA environ.

5. BUREAUX D'ETUDES

Les études seront réalisés conjointement par la D.H.E. maître d'oeuvre et d'ouvrage et par le B.R.G.M.

II - ATLAS AGRO-CLIMATOLOGIQUE NATIONAL

La Direction de la Météorologie Nationale qui contrôle :

- 8 Stations synoptiques
- 12 stations agrométéo
- 18 postes climatologiques
- 71 postes pluviométriques
- 1 poste océanographique

Se voit confrontée à divers problèmes liés à l'utilisation des données qu'elle recueille et à l'étude des phénomènes climatiques actuels.

Aussi l'exigence d'un Atlas agro-climatologique National vient de la nécessité pour le Togo de créer une banque de données dans le domaine de la météorologie et de l'Hydrographie et d'orienter les données recueillies en fonction de leur utilisation dans les domaines agro-socia-pastoraux.

Il importe donc

- 1/ de mettre à jour de façon organique et immédiatement utilisable toutes les données disponibles concernant la climatologie et l'Hydrographie au Togo
- 2/ de compléter l'élaboration des données brutes enregistrées
- 3/ d'effectuer une étude agro-météorologique, c'est-à-dire examiner toutes les données météorologiques qui ont une influence sur l'agriculture,
- 4/ d'évaluer les aptitudes agricoles des terrains en fonction des données physiques étudiées et des différents niveaux de technologie dans l'agriculture.

Estimation de l'étude : 200 millions FCFA.

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, DES MINES,
DE L'ENERGIE ET DES RESSOURCES HYDRAULIQUES.

* REPUBLIQUE TOGOLAISE
Union - Paix - Solidarité

COMITE INTER AFRICAIN d'ETUDES
HYDRAULIQUES

CIEH

12e REUNION DU CONSEIL DES MINISTRES

Yaoundé, 20 - 25 Février 1984

JOURNEES TECHNIQUES

ETUDES ET RECHERCHES EN HYDRAULIQUE
AU TOGO

4806
1984
for Community Water Supply

Préparé par la Direction
de l'Hydraulique et
de l'Energie.

B. P. 335 Lomé

Présenté par K. KATAKOU -

O M M A I R E

	Pages
A - Aperçu sur le pays : Généralités	1
B - Cadre institutionnel <i>institutionnel</i>	2
C - Situation actuelle dans le secteur eau	3
1 - Alimentation en eau	
2 - Aménagements Hydro-agricoles	
3 - Assainissement	
D - Etudes et recherches en cours	
I - Stratégie d'aménagements des eaux	6
II - Etude et gestion des ressources en eau souterraine du bassin sédimentaire côtier du Togo -	
1 - Surveillance piézométrique et chimique des nappes du bassin sédimentaire côtier -	8
2 - Modèle mathématique des aquifères du bassin sédimentaire côtier -	10
III - Exploitation des ressources en eau en région de socle.	
Expérimentation en vraie grandeur sur le champ de captage de la ville de Dapaong	12
3 - 1 Alimentation en eau des villages et des villes en Afrique de l'Ouest.	13
3 - 2 Problèmes que pose l'alimentation en eau des villages et villes à partir des eaux souterraines des formations de socle.	
3 - 3 Expérimentation en vraie grandeur sur un champ de captage :	
ville de Dapaong	14
3 - 4 Financement	15
IV - Centres d'appui Techniques eaux irrigations	16
4 - 1 Objectifs, organisation et réalisation	17
4 - 2 Financement	18
V - Etudes Hydrologiques	
5 - 1 Etudes de quelques caractéristiques Hydrologiques et Hydrochimiques du système lagunaire du Lac - Togo.	19

5 - 2	Etude expérimentale de simulation de pluie	19
5 - 3	Programme onchoceroose	19
E - Etudes en Projet		
I -	Réseau de contrôle piézométrique des aquifères de la région de Lomé	22
II -	Atlas agro-climatologique national	23

Le Togo a opté pour un développement planifié et le 3e Plan Quinquennal de développement économique et Social (1976 - 1980) avait mis un accent particulier sur l'importance de l'eau dans le développement. L'eau est donc la priorité des priorités et sa maîtrise constitue la pierre angulaire de la politique actuelle de l'autosuffisance alimentaire.

Cette volonté du Gouvernement togolais de maîtriser l'eau s'est traduite par la mise en place de structures adéquates, l'adhésion à la Décennie Internationale de l'eau Potable et de l'Assainissement, la poursuite d'études et de recherches en Hydrauliques qui soutendent cette politique de maîtrise de l'eau.

A/ - APERÇU SUR LE PAYS : GENERALITES

Le Togo a une superficie de 56.600 km² et se présente comme une bande de 600 km de long orientée Nord-Sud dont la largeur varie de 55 km sur le littoral à 150 km dans la partie centrale. Il est limité au Sud par le Golfe de Guinée, au Nord par la Haute Volta, à l'Est par la République Populaire du Bénin et à l'Ouest par le Ghana.

Du point de vue relief, le Togo ^{est} pris en écharpe entre le 7e et 10e parallèle par les Monts du Togo qui culminent à 1.000 m. De part et d'autre de la chaîne des Monts Togo, on trouve des ~~plains~~ ^{pléines}. Cette situation de relief confère au Pays deux types de climat délimités approximativement par le 8e parallèle.

Au Nord, nous avons un climat de type soudano - guinéen caractérisé par une saison sèche et une saison pluvieuse. La pluviométrie oscille entre 1.000 et 1.500 mm avec une température moyenne élevée (32° C)

Au Sud du 8e parallèle nous avons un climat de type baoulo - guinéen avec deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses d'inégales longueurs et à moyenne pluviométrique de 800 à 1.400 mm. L'amplitude thermique varie entre 22 et 32° C

Le réseau Hydrographique est constitué par les bassins de la VOLTA, du MONC et du LAC TOGO. Ce réseau est contrôlé par une cinquantaine de stations Hydrométriques et 71 postes pluviométriques.

Sur le plan végétation, on se trouve dans une zone de transition entre la savane et la forêt dense. La savane arborée couvre les 3/4 du territoire.

En Hydrogéologie, on distingue une zone dite de socle qui couvre les 9/10 du territoire où les eaux souterraines peu minéralisées se présentent par poches aux endroits de fractures, et une zone sédimentaire cotière.

La population recensée en 1981 était de 2.703.000 habitants avec un taux de croissance annuelle possible de 2,8%. Actuellement la population est estimée à 2.800.000 habitants dont 28% représentent la population urbaine.

Le Togo est organisé en cinq régions économiques (Maritime, Plateaux, Centrale, Kara et Savanes) comprenant 21 Préfectures et 9 sous Préfectures.

B- CADRE INSTITUTIONNEL :

Dans les plans de développement économique et social du pays un accent particulier a toujours été mis sur la maîtrise de l'eau.

Aussi des structures sont-elles mises en place pour une action efficace.

Dès 1970, le COMITE NATIONAL de l'Eau, à caractère Interministériel a été crée par décret Présidentiel n° 70/161. Ce Comité a pour attribution de définir la politique du Gouvernement dans le secteur eau. Le Secrétariat de ce Comité était alors assuré par l'Arrondissement de l'Hydraulique ^{et de} l'Electricité de la Direction des Travaux Publics. L'Arrondissement a vite évolué en devenant Direction de l'Hydraulique et de l'Energie par decret Présidentiel n° 80 - 250 du 21 Octobre 1980 à la suite de la Création d'un Ministère des Ressources Hydrauliques. Ce Ministère coordonne les activités de l'Hydraulique du Pays. Les Services ci-après dépendent de ce Ministère.

- La Direction de l'Hydraulique et de l'Energie chargée de la planification, de la conception, de la construction ou de la supervision de la construction et de l'exploitation des ouvrages d'Hydrauliques. Elle coordonne toutes les interventions dans le secteur.

- La Direction des Mines et de la Géologie intervient pour la recherche des ressources en eau/souterraines.

- La Régie Nationale des Eaux du Togo (RNET) est chargée de l'exploitation, de l'Entretien, du renouvellement et de l'extension des ouvrages d'Hydraulique en milieu urbain et semi-urbain.

D'autres Ministères s'occupent également des problèmes d'eau à différents degrés. Il s'agit de :

- Ministère du Commerce et des Transports avec la Direction de ^{la} Météorologie Nationale qui s'occupe de l'Hydrométéorologie et de l'agrométéorologie.

- Ministère de l'Aménagement Rural, par la Direction du Génie Rural initie des projets dans le domaine de l'Hydraulique villageoise (puits, retenues d'eau).

- Le Ministère de la Santé Publique, intervient spécifiquement dans le secteur eau-assainissement :

L'Institut National d'Hygiène contrôle la qualité des eaux.

- Le Service national d'Assainissement, organe de promotion de l'hygiène, contrôle ^{la} qualité de l'eau de consommation du milieu rural.

- Le Ministère du Plan, de l'Industrie et de la Réforme Administrative :

coordonne les activités économiques, recherche le financement pour la réalisation des études et l'exécution des marchés.

C. SITUATION ACTUELLE DANS LE SECTEUR EAU -

1./ - ALIMENTATION EN EAU

Objectifs : Fournir de l'eau potable à la population pour atteindre un niveau de couverture de 100% en milieu urbain d'ici 1990 à raison de 100 litres/jour/habitant pour les branchements privés de Lomé ;

80 litres/jour/habitant pour les branchements privés autres centres ;

50 litres/jour/habitant pour les branchements privés centres semi-urbains ;

30 litres/jour/habitant pour les bornes fontaines ;
en milieu rural, assurer une quantité d'eau potable de 20 litres/jour d'ici 1990. En décembre 1982 le taux de couverture dans le Secteur rural était de 35%, alors qu'il est de 45% en milieu urbain.

Outre trois centres approvisionnés à partir des eaux de surfaces (barrages), les ressources les plus utilisées sont les nappes souterraines.

L'exploitation rationnelle et systématique des ressources Hydrauliques est rendue possible grâce à une stratégie d'aménagement des eaux qui permet d'élaborer pour une région donnée un bilan Hydraulique prévisionnel et d'implanter de façon optimale les forages.

PROBLEMES LIES AU DEVELOPPEMENT DE L'AEP

- Un certain nombre de contraintes identifiées sont liées à l'absence ou à la caducité de la législation. Le manque de réglementation qui en découle entraîne une paralysie certaine des services nationaux face aux particuliers et aux industriels.

- Au niveau de l'entretien et de la maintenance des ouvrages une politique de participation des bénéficiaires est nécessaire (tarification).

- Intensification du contrôle de la qualité de l'eau -
- Formation du personnel -
- Financement des projets -

2./ - AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES -

Pour atteindre l'autosuffisance alimentaire, le développement agricole doit passer par la maîtrise de l'eau (irrigation, utilisation optimale de l'eau pluviale ...)

Les centres d'irrigation existants dans le pays se limitent :

- au périmètre maraîcher d'Agoenyivé (20 ha)
- au périmètre rizicole de Mission Tove (350 ha)
(assistance chinoise)
- au centre d'irrigation de l'OPAT à Zozokondji et à Mango.
(300 et 400 ha) (de Verger)

Les projets en cours d'exécution sont :

- le périmètre rizicole d'Agome - glozou (mission coréenne)
800 ha. par pompage
- le périmètre rizicole de Ziovonou (600 ha)
(mission chinoise)
- le périmètre de SONAPH à KITI (500 ha)
- le complexe sucrier de l'ANIE (mission chinoise)
- le projet Namiélé (OTI)

Pour les projets d'aménagements Hydro-agricoles, les problèmes posés sont liés au coût de ces aménagements et à leur gestion. Aussi des recherches dans le domaine sont-elles en cours et détails seront donnés plus loin -

3./ - ASSAINISSEMENT

Dans ce secteur il s'agit essentiellement de l'évacuation des eaux pluviales dans les centres urbains et semi - urbains. Il y a lieu de souligner que les plans directeurs ~~d'urbanisme~~ et d'assainissement des villes du Pays sont terminés. Les projets d'exécution s'amorcent en particulier pour Lomé la capitale. Les résultats des études de ~~ruis-~~
~~sellement~~ urbain initiées par le CIEH doivent être incessamment disponibles.

E TUDES ET **R** ECHERCHES
EN COURS

I. - STRATEGIE D'AMENAGEMENT DES EAUX

Le Gouvernement Togolais s'était proposé avec l'assistance du PNUD d'établir une stratégie à long terme d'aménagement des eaux. Cette stratégie, fondée sur des données précises sur les besoins réels et les ressources disponibles en eau devait se concrétiser par un plan permettant de programmer les travaux d'une manière rationnelle, efficace et économique.

Dans le cadre donc du projet TOG /75/008, les objectifs immédiats étaient :

- a/ - Complément de recherche Hydrogéologiques sur une zone du socle de 15.000 km² entre les latitudes 7° et 9° par photo-interprétation, géophysique et forage marteau-fond-de trou.
- b/ - Rassemblement des données pour la création d'une banque de données et l'édition d'un atlas des ressources en eau et leur utilisation.
- c/ - Formation du personnel togolais dans les techniques de forages, de géophysique et de l'Hydrogéologie.
- d/ - Assistance au Gouvernement pour l'équipement en matériel et l'élaboration des statuts d'une société nationale de travaux Hydrauliques (par voie de consultants).

Ce projet constituait un complément logique de l'assistance du PNUD dans le domaine de la recherche et de l'exploitation des eaux souterraines au Togo (Tog 4 - "Recherches minières et eaux souterraines au Togo (1964 - 1968),

Tog/70/511 "Prospection des eaux souterraines dans la zone côtière (1971 - 1975).

La contribution du PNUD s'élève à 2.233.821 Dollars US et la contrepartie togolaise est de 100.millions de Francs CFA -

Les objectifs du projet sont en grande partie atteints : Atlas des ressources et besoin en eau publié en 1982 ; recherche Hydrogéologie (reconnaissance méthodologique) dont les forages productifs ($Q = 10 \text{ m}^3/\text{h}$) sont équipés de moyens d'exhaure pour l'Hydraulique villageoise renforcement du département Hydrogéologique du ENEM (Bureau National de la Recherche Minière) en matériel de pompage et d'un parc automobile important.

L'effort de formation du personnel local consenti doit être poursuivi au cours de la deuxième phase en cours du projet (1983 - 1985) par la relève nationale.

II ETUDE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU
SOUTERRAINE DU BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER
DU TOGO



- 1 - SURVEILLANCE PIEZOMETRIQUE ET CHIMIQUE DES
NAPPES DU BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER.

- 2 - MODELE MATHEMATIQUE DES PRINCIPAUX AQUIFERES.

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

LOME

INTRODUCTION

Les ressources en eau souterraine les plus importantes du Togo se trouvent dans le bassin sédimentaire côtier d'une superficie de 3700 km².

Ces ressources en eau sont réparties entre 3 aquifères principaux :
- La nappe libre du continental terminal et les nappes captives du PALEOCENE et Maestrichtien (Cretacé)

Ces ressources en eau sont d'un intérêt économique **inestimable** car les plus grosses agglomérations dont la capitale Lomé sont situées dans ce bassin sédimentaire côtier qui concentre par ailleurs les plus importantes sinon la plupart des industries du pays.

Or ces nappes surtout celle du continental terminal sont localement très exploitées. L'exemple type est la station de pompage de Cacaveli (qui alimente Lomé depuis 1939) où de nombreux forages sont concentrés dans une enceinte très réduite de moins d'un quart de kilomètre carré.

Les problèmes posés sont alors nombreux et importants :

- existence d'un cône de rabattement très accentué au droit de la station de pompage.

- atteinte depuis 1981 du point de rupture prévu à 25.000 m³/j pour la nappe du continental terminal à Cacaveli.

- détérioration de la qualité chimique de l'eau par une contamination par l'eau salée. Avancée très accentuée en certains endroits du biseau salé marin.

- ignorance du mouvement réel du front salé.
Insuffisance du réseau de surveillance piézométrique et chimique.

- Manque d'inventaire des points d'eau.

Devant l'ampleur des problèmes posés, un certain nombre d'études ont été entreprises depuis 1980 pour remédier à cet état de faits.

1 - SURVEILLANCE PIEZOMETRIQUE ET CHIMIQUE DES NAPPES DU BASSIN

SEDIMENTAIRE COTIER

1 - 1 - OBJECTIFS

- Synthèse des connaissances hydrogéologiques

- Mise en place d'un réseau de surveillance piézométrique et chimique des principaux aquifères.

- Définition des différents systèmes aquifères : géométrie des réservoirs, caractéristiques hydrodynamiques, liaisons entre eux, condition d'alimentation et relation avec les cours d'eau.

- Mise en évidence des zones d'exploitation intensive devant présenter des problèmes à plus ou moins long terme et des zones de données hydrogéologiques insuffisantes.

- Etablissement des fiches d'inventaires des ressources en eau.

- Mise en place d'une banque des données des ressources en eau pour une documentation à l'échelle nationale.

1 - 2 - FINANCEMENT

Le financement a été assuré par la fonds d'aide et de Coopération (FAC) par convention n°112/DDE/SOTOC.

1- 6 - COUT

Le coût total de l'étude s'élève à 55 millions de F CFA (marché n°2/81/DHE du 6 Février 1981)

1 - 4 - BUREAUX D'ETUDES

L'étude a été réalisée par la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie, Maître d'oeuvre et d'ouvrage, conjointement avec le BRGM de 1980 à 1982.

1 - 5 PRINCIPAUX RESULTATS

Réalisation du fichier national composé de six Bordereaux descriptifs des points d'eau avec repertoire de 1000 points d'eau environ en 1982 qui sont entrain d'être saisis sur support informatique avec des micro ordinateur Questar/M en vue de constituer la Banque des Ressources en Eau du TOGO.

Mise en place d'un réseau de surveillance piézométrique et chimique de 25 forages (Complété de 4 autres munis de limnigraphes OTT-R 16), qui a montré que si la piézométrie et la chimie n'ont pas tellement évolué dans la plus grande partie du bassin, elles ont atteint des côtes d'alerte dans le Sud-Ouest : la côte de l'eau est passée de 0m en 1976 à 7 m en 1981 et à 10 m en 1982 alors que la côte du mur de la nappe du continental terminal concernée est à - 8m ; les teneurs en chlorures ont passées de 80 mg/l en 1978 à 250mg/l en 1981 à la station de Cacaveli est supérieur à 1000 mg/l à Lomé.

Au plan des ressources, par contre, la nappe du continental terminal semble bien alimentée. L'alimentation directe par la pluie des nappes de l'Eopaléocène et du CRETACE est probablement peu importante ; il existe cependant dans ces formations une ressource importante emmagasinée dans les couches semi-perméables pouvant éventuellement être mobilisée par une exploitation de longue durée.

Cependant l'étude des variations piézométriques a montré que l'alimentation est variable dans le temps et se répartit de manière variable sur l'ensemble du bassin.

Il convient de noter enfin que, en l'absence de modèle, il n'est pas possible d'estimer les volumes d'eau mobilisés par drainage.

Un simple bilan d'eau, dans la zone de Cacaveli, montre que, d'ores et déjà, l'équilibre entre les apports (écoulements souterraines et infiltration de pluie) et les prélèvements est extrêmement fragile.

Comme par ailleurs il est prévu une croissance de la demande au rythme de 10% par an pour couvrir les besoins induits par la démographie (+ 4% par an) et le développement industriel, dans une perspective à long terme, il est proposé de réaliser un modèle dont le but principal sera de fournir les éléments de décision nécessaires pour une meilleure gestion tant quantitative que qualitative.

La situation présentée rend nécessaire la mise sur pied d'un plan d'action dont le modèle constituerait l'indispensable élément de base.

2. MODELE MATHEMATIQUE DES AQUIFERES DU BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER

2.1. INTRODUCTION :

En plus des problèmes mentionnés en introduction, il est à noter que si les aquifères du bassin sédimentaire côtier sont exploités depuis les années quarante, ils n'ont pas fait l'objet d'études - gestion de ressources en eau souterraine - que durant les années 1976/1977 par GENDRON LEFÈVRE INC.

Ce projet entre autres études a jeté les bases d'un modèle mathématique et a fixé à 25.000m³/j la capacité maximale du continental terminal qu'exploite la station de pompage de Cacavelli alimentant Lomé.

Ce seuil a été atteint dès 1981 et l'accroissement annuel de la demande en eau est de 10%. Ce qui aggrave les problèmes précédemment mentionnés (Cone de rabattement front salé).

Pour remédier à ces problèmes à court et à moyen ou terme, il a été décidé de construire un modèle qui doit être avant tout un outil de gestion et de décision.

2.2. BUT DU MODELE MATHEMATIQUE

L'étude FAC "Surveillance Piézométrique et Chimique des Nappes du Bassin Sédimentaire Côtier" précédemment décrite a permis la mise à disposition d'un certain nombre d'informations hydrogéologiques qui peuvent aider à construire un modèle mathématique dont le but principal sera de permettre d'envisager plusieurs scénarios d'exploitation. Ces derniers doivent pouvoir prendre en compte :

- l'accroissement prévu des consommations,
- la répartition géographique des ressources en eau (zones de meilleure perméabilité),
- le coût non seulement des ouvrages de captage (variable en fonction de profondeur totale) mais aussi des adductions,
- le coût de pompage (variable en fonction de profondeur du niveau d'eau dynamique),
- la présence d'une zone de "front salé" en bordure de l'Océan
- la possibilité d'utiliser les eaux superficielles pour "recharger" l'aquifère (soit naturellement par réalimentation

"induite", soit artificiellement par injection d'eau de surface dans la nappe). Etc...

2.3. CONDITION DE REALISATION

L'étude est en cours mais on peut signaler que :

- le modèle sera de type bicouche et concernera la nappe libre du continental terminal et la nappe captive du Paléocène,
- la méthode sera celle des différences finies
- les mailles seront de tailles progressives et les plus petites pourront avoir 1 km à 1,5 km de côté,
- le modèle pourra être réactualisé en fonction d'une part des aménagements entrepris à savoir l'extention des captages pour la ville de Lomé, la création de nouveaux forages pour l'industrie, l'installation de moyens d'exhaure plus élaborés sur les forages d'Hydraulique Villageoise et d'autre part en fonction des nouvelles données acquises lors de la réalisation de nouveaux ouvrages.

2.4. FINANCEMENT

L'étude a été financée par le Fonds d'Aide et de Coopération (FAC) par convention n° 338/CD/82/VI/TOG38 pour un montant de 35 millions de F CFA.

2.5. BUREAUX D'ETUDES

La présente étude est en cours de réalisation par la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie, maître d'œuvre et d'ouvrage conjointement avec le BRGM et le BCEOM pour une durée de 7 mois.

Les premiers résultats seront connus vers le début de l'année 1984.

III - EXPLOITABILITE DES RESSOURCES EN EAU
EN REGION DE SOCLE

EXPERIMENTATION EN VRAIE GRANDEUR SUR
LE CHAMP DE CAPTAGE DE LA VILLE DE
DAPAONG (TOGO)

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE
ET DE L'ENERGIE
LOME

Novembre 1983

3-1.- L'alimentation en Eau des villages et des villes en Afrique de l'Ouest

Depuis le début des années 1970, l'Afrique de l'Ouest a connu coup sur coup plusieurs années de sécheresse séparées par une ou deux années de précipitations normales.

Ces sécheresses ont engendré une situation de pénurie structurelle et chronique.

Devant l'irrégularité des pluies, les eaux souterraines sont apparues dans bien des régions comme le principal, sinon l'exclusif moyen de satisfaire la demande en eau.

De nombreux et grands programmes d'équipements hydrauliques à partir des eaux souterraines - hydraulique villageoise - ont été lancés avec pour objectif de fournir à tout homme un minimum d'eau potable.

On estime qu'aujourd'hui, plus de 20.000 points d'eau ont été construits en Afrique de l'Ouest dans les régions de socle cristallin, cristallophyllien ou sédimentaire ancien et on évalue à des dizaines de milliers le nombre de points d'eau qu'il serait nécessaire de construire d'ici la prochaine décennie.

Parallèlement, la demande jusqu'alors disséminée et ponctuelle, est en voie d'augmenter et de se concentrer pour plusieurs raisons :

- L'accroissement rapide de la population (2,5% environ par an)
- la disponibilité de l'eau exerce un effet structurant sur les populations qui se groupent en gros villages ou en bourg autour des points d'eau.
- Le développement à moyen terme de petits périmètres villageois d'irrigation ou des réseaux d'adduction pour les villes de moyenne importance.

3-2.- Problèmes que pose l'alimentation en eau des villages et ville à partir des eaux souterraines des formations de socle-

Malgré d'intéressantes et importantes études et des travaux de plus en plus nombreux en région de socle cristallin, cristallophyllien et et sédimentaire ancien, au cours des deux dernières décennies, quelques inconnues subsistent encore sur l'hydrogéologie de ce milieu et méritent que leur soient consacrés des études plus poussées.

Parmi ces inconnues, il faut souligner le problème de l'alimentation et de la pérennité des nappes souterraines du socle qui seront de plus en plus sollicitées pour répondre à la demande qui va augmenter et se concentrer.

Actuellement l'exploitation d'aquifères des terrains cristallins, cristallophylliens et sédimentaires anciens, se fait de façon empirique par la recherche d'un débit compatible avec un besoin sans que l'on soit pour autant véritablement assuré de sa pérennité : celle-ci est liée à des contextes géologiques (fracturation, altération) et hydrauliques (circulation, limite...) dont on maîtrise encore mal la connaissance.

Le manque de connaissances scientifiques et historiques sur le comportement des aquifères de socle soumis à des exploitations et à des conditions particulières d'alimentations par les pluies, est à l'origine d'une approche encore empirique de la mise en exploitation du socle qui, il y a encore peu de temps, était considéré comme stérile.

Il convient de dépasser le stade de cette exploitation empirique et de s'interroger sur la pérennité et l'alimentation des aquifères de socle afin de déterminer le volume des réserves exploitables. En pratique au niveau de l'exploitation, ceci se traduit par deux questions :

- Quel est le volume moyen annuel exploitable sans risque de déséquilibre par rapport à la ressource?

- Dans quelle mesure le régime d'exploitation peut-il être indépendant du régime naturel d'alimentation de la nappe?

Pour y répondre deux approches différentes sont praticables :

- l'une, la plus rationnelle, est d'apprécier a priori l'aptitude et la ressource des aquifères (capacité, limites probables de l'aire d'influence des captages, etc...)

- l'autre, la plus pragmatique, est de contrôler une exploitation en vraie grandeur.

En fait, il faut considérer que ces deux approches sont interdépendantes et parallèles plutôt que successives, leur progrès s'aidant mutuellement.

3-3.- Expérimentation en vraie grandeur sur un champ de captage : la ville

Dapaong au Togo

3 - 1- Description du périmètre expérimental

Le champ expérimental choisi pour initier les études de ressources en eau en milieu de socle se situe à Dapaong au Nord du Togo :

Le site de Dapaong offre plusieurs avantages :

-- La ville de Dapaong, située dans le Nord du Pays à la limite entre le bassin sédimentaire ancien et le Birrimien, a nécessité pour son alimentation l'exécution d'une dizaine de forages qui captent les aquifères de granites ou de granito-gneiss, mais ne sont pas tous exploités.

- Le contexte géologique (granite-gneiss plus ou moins altéré et fissuré) est représentatif des conditions naturelles existant dans d'autres pays voisins dont l'approvisionnement en eau est aussi très dépendant des eaux souterraines contenues dans les roches de socle (Haute-Volta, Ghana, Bénin, Niger, Mali etc...)

- Les débits exploités sur 7 des forages réalisés sont régulièrement contrôlés depuis quelques années. Par ailleurs il existe un certain nombre de forages en bon état sur lesquels il est possible d'effectuer des mesures manuelles de niveau d'eau.

- Il existe deux stations météorologiques qui fonctionnent bien depuis trente ans.

3 - 2 - Les objectifs de l'expérimentation

Les principaux objectifs sont :

- de contrôler avec précision en vraie grandeur sur un champ expérimental la réponse d'un aquifère de socle aux impulsions "entrée - sortie" que sont les apports par la pluie et l'exploitation.

- d'assurer la conservation en continu des informations pour leur traitement et leur interprétation afin d'évaluer les ressources mobilisables à long terme.

- Contribuer à la connaissance du régime et de la structure des aquifères du socle.

3 - 4 - Financement :

Cette étude a été financée par les fonds propres du bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) de la République Française.

3 - 4-1- Programme et durée d'exécution des travaux

La durée totale des travaux est de 24 mois depuis le début des études hydrogéologiques de base jusqu'à la remise du rapport final. Ce qui permettra de suivre l'évolution des niveau d'eau parallèlement aux prélèvements sur une année hydrologique au moins.

Le programme se compose de deux phases enchaînées :

Phase I : Etudes hydrogéologiques de base :

Cette phase d'une durée de 12 mois est réalisée entièrement au Togo et comporte : la récolte des données et documents existants.

- l'inventaire des points d'eau
- l'installation des instruments de mesures
- des mesures géophysiques
- le nivellement de points d'eau
- le suivi des niveaux d'eau et de l'exploitation

phase 2 : Synthèse et modèles mathématiques

Cette phases d'une durée de 12 mois également, comprend :

- la rédaction, au Togo, d'une synthèse qualitative et hydrogéologique,
- l'exploitation quantitative et hydraulique des données au moyen de modèles mathématiques en France.
- La confection du document final avec ^{les} connaissances acquises.

IV  ENTRES D'APPUI TECHNIQUE AUX IRRIGATIONS (GATI)

LANDA POZENDA ET TOUTOU

DIRECTION DU GENIE RURAL

4 - CENTRES D'APPUI TECHNIQUE AUX IRRIGATIONS

En matière d'aménagements hydro-agricoles, la Direction du Génie Rural (Ministère de l'Aménagement Rural) a démarré un programme d'études et de recherches en irrigation. Il s'agit de la création de Centres d'appui technique aux irrigations, CATI.

4 - 1 OBJECTIFS, ORGANISATION ET REALISATION DES CATI

Dans le 4^e plan de développement économique et Social, l'Etat Togolais a mis l'accent sur l'autosuffisance alimentaire et la maîtrise de l'eau. Ces objectifs se sont traduits en ce qui concerne les aménagements hydroagricoles par la volonté de créer en priorité de petites unités répondant au but suivant.

Formation à la pratique des aménagements de petites hydrauliques,
- Vulgarisation auprès des paysans des techniques culturales et de conduite de l'irrigation,

- Résolution des problèmes liés à la gestion et à l'encadrement des aménagements hydroagricoles,

- Production de semences, plants, produits maraîchers et arboricoles de bonne qualité.

Pour démarrer ce programme, cinq (5) centres suivants ont été étudiés soit un par région économique.

- Namondjoga (Région des Savanes)
- Landa Pozenda (Région de la Kara)
- Sotouboua (Région Centrale)
- Toutou (Région des plateaux)
- Esé Zogbedji (Région maritime)

Parmi les 5 centres 2 sont en cours de réalisation, du régime par le Génie Rural. Ce sont Toutou et Landa Pozenda.

Les CATI ont un caractère expérimental, tant pour la conduite des cultures irriguées que pour l'organisation et l'encadrement d'un réseau d'irrigation. L'irrigation est prévue pour les cultures traditionnelles en vue d'augmenter les rendements et mieux intéresser les paysans à la pratique de l'irrigation. La création de tels périmètres préparerait à la réalisation des projets plus ambitieux.

Les deux centres en cours de réalisation seront organisés de la façon suivante :

a) LANDA POZENDA : Le périmètre sera intégré au projet Nord Togo (structure déjà existante) pour l'encadrement technique et la démonstration-expérimentation et évaluation. L'exploitation des terres du périmètre revient au groupement de paysans de la zone qui est associé à l'exécution du projet dès le démarrage des travaux. Il participe en main d'oeuvre. Le centre de Landa Pozenda couvre 13,5ha dont 2 ha de riziculture irriguée (submersion) et 11,5ha d'assèchement vivrier - maraîcher irrigué à la raie.

b) A TOUTOU, l'encadrement sera assuré par la DRDR des plateaux (Direction Régionale du Développement Rural) qui se chargera également de l'expérimentation-démonstration et évaluation. Comme à Landa Pozenda, l'exploitation du périmètre revient au groupement de paysans employé comme main d'œuvre pour la réalisation des travaux. Le centre de Toutou s'étend sur 30ha, dont 16,5 ha de riz (irrigation par submersion) et 13,5ha assolement vivrier-maraîcher (irrigation à la raie).

4 - 2-FINANCEMENT : L'étude des Cati a été financée par le FAC et réalisée par le GERSAR pour un montant de 47 millions de F CFA. La réalisation des deux premiers centres, subventionnée par le FAC, s'élève à 62 millions de F CFA. La réalisation de ces deux premiers centres servira de modèle à l'évaluation des futurs centres.

- L'investissement calculé pour Landa Pozenda est de 1.670.000^F/ha. Le revenu net calculé est de 320.000 à 450.000^F/ha selon les assolements pratiqués.

- A Toutou il est de 734.000^F/ha pour un revenu net de 332.000^F/ha pour le riz et 436.000^F/ha pour l'assolement.

En plus de ce programme, le Génie Rural envisage de cerner les problèmes relatifs aux ouvrages d'hydrauliques agricoles, la Situation actuelle et les possibilités existantes par :

- 1) l'inventaire et le recensement des sites de barrages hydroagricoles.

- 2) l'étude des caractéristiques des barrages existants en vue de leur réhabilitation

- 3) l'étude des ouvrages de régulation des cours d'eau

- 4) l'inventaire et études des sources de montagnes en vue de leur utilisation en AEP villageois.

V. - ETUDES HYDROLOGIQUES -

Le service de l'Hydrologie est intégré à la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie. Il s'occupe de la gestion du réseau Hydrométrique national et des études spécifiques dont celles en cours, menées avec l'ORSTOM, sont :

5.1- ETUDES DE QUELQUES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES ET HYDROCHIMIQUES DU SYSTEME LAGUNAIRE DU LAO - TOGO - (1981 - 1982)

Cette étude rentre dans le cadre d'une politique de développement de projets d'aménagements agricoles et de mise en valeur piscicole du Lac. L'étude comportait deux aspects

- Inventaire de la qualité des eaux en système lagunaire ainsi que le suivi de l'évolution de cette qualité dans l'espace et dans le temps au cours des deux années Hydrologiques qui ont suivi la dernière ouverture de la lagune sur la mer à la fin de l'année 1980 -

- Détermination de quelques paramètres Hydrochimatologiques permettant de quantifier les volumes d'eau mis en jeu dans les lagunes au cours des deux cycles Hydrologiques étudiés.

L'étude financée par l'ORSTOM se poursuit avec le volet Hydrobiologie et biologie des pêches.

5. - 2 ETUDE EXPERIMENTALE DE SIMULATION DE PLUIES

Elle a démarré cette année 1984 par l'ORSTOM pour une durée de 3 ans -

Elle permettra d'établir les relations pluie - débit. Les essais sont faits sur les anciens bassins versants étudiés afin d'établir une corrélation entre les anciennes données et et l'étude actuelle.

La méthode de simulation de pluie permet d'avoir très rapidement des informations sur le terrain que par rapport aux études classiques de bassin expérimental. Elle peut être utilisée pour de petits projets d'aménagements Hydroagricoles.

5. - 3 PROGRAMME ONCHOCERCOSE -

Dans le cadre du projet de lutte contre l'onchocercose au Togo, le service national de l'Hydrologie et l'ORSTOM ont exécuté des études de création de station Hydrométriques et de leur étalonnage pour le compte de l'OMS depuis 1976 -

Actuellement le projet OCP/OMS/ORSTOM se propose d'expérimenter dans le bassin de la Kara et de l'Oti l'utilisation du système ARGOS pour la transmission par satellite des données Hydrométriques.

Cette étude pilote devra permettre de tester le matériel, l'efficacité du système et des améliorations pour l'estimation des débits.

L'objectif est d'avoir une nouvelle stratégie de traitement, car la méthode habituellement utilisée occasionne beaucoup d'erreurs t. au niveau de l'estimation du débit de la rivière, du dosage et de la quantité d'insecticide utilisé.

Le projet pilote qui durera 2 ans (1983 - 1984) coûte 40. millions de Francs CFA -

Le service national de l'Hydrologie est associé à l'étude.

E) ETUDES EN PROJET

I - RESEAU DE CONTROLE PIEZOMETRIQUE DES AQUIFERES DE LA REGION DE LOME

1. INTRODUCTION

Dans l'étude "Surveillance Piézométrique et Chimique des Nappes du Bassin Sédimentaire Cotier du Togo" la nécessité du renforcement du réseau piézométrique a été souligné pour une meilleure approche des problèmes Hydrogéologiques surtout dans la zone Sud-Ouest du bassin. Dans cette partie de bassin, la nappe libre du Continental Terminal en particulier est actuellement exploitée à son maximum et nécessite une surveillance plus accrue.

Le modèle mathématique en élaboration servira à déterminer les zones où des piézomètres complémentaires doivent être réalisés.

2. BUTS DE L'ETUDE

a/ - Réalisation d'une batterie de piézomètres devant fournir des renseignements sur :

- l'évolution naturelle des nappes sous l'effet des recharges par les pluies et les conditions aux limites.

- l'évolution induite par les actions anthropiques (pompages, etc...)

- le mouvement éventuel du front salé

b/ - Après réalisation des piézomètres, utilisation de leurs caractéristiques des ouvrages pour un meilleur calage du modèle mathématique.

3. PROGRAMME DE TRAVAUX PROPOSES

Les travaux commenceront probablement au début de l'année 1984 et comporteront 2 volets principaux.

- Equipement d'un certain nombre d'ouvrages réalisés ou à réaliser de limnigraphes.

- Réalisation d'un certain nombre de piézomètres.

4. FINANCEMENT

Le programme sera financé sur fonds FAC pour un coût de 50 millions de Francs CFA environ.

5. BUREAUX D'ETUDES

Les études seront réalisés conjointement par la D. H. E. maître d'oeuvre et d'ouvrage et par le B. R. G. M.

II - ATLAS AGRO-CLIMATOLOGIQUE NATIONAL

La Direction de la Météorologie Nationale qui contrôle :

- 8 Stations synoptiques
- 12⁰ Stations agrométéo
- 18 postes climatologiques
- 71 postes pluviométriques
- 1 poste océanographique

se voit confrontée à divers problèmes liés à l'utilisation des données qu'elle recueille et à l'étude des phénomènes climatiques actuels.

Aussi l'exigence d'un Atlas agro-climatologique National vient de la nécessité pour le Togo de créer une banque de données dans le domaine de la météorologie et de l'Hydrographie et d'orienter les données recueillies en fonction de leur utilisation dans les domaines agro-socio-pastoraux.

Il importe donc

- 1/ de mettre à jour de façon organique et immédiatement utilisable toutes les données disponibles concernant la climatologie et l'Hydrographie au Togo
- 2/ de compléter l'élaboration des données brutes enregistrées
- 3/ d'effectuer une étude agro-météorologique, c'est à dire examiner toutes les données météorologiques qui ont une influence sur l'agriculture,
- 4/ d'évaluer les aptitudes agricoles des terrains en fonction des données physiques étudiées et des différents niveaux de technologie dans l'agriculture.

Estimation de l'étude : 200 millions FCFA.

DOUZIEME CONSEIL DES MINISTRES DU CIEH

YAOUNDE 20-26 FEVRIER 1984

JOURNEES TECHNIQUES

YAOUNDE 20-21 FEVRIER 1984

ALLOCUTION DE MR. Louis CARON, Ingénieur
EIH Délégué Observateur

AGENCE CANADIENNE DE DEVELOPPEMENT
INTERNATIONAL

48206

1000 ...
for summary Water ...

Monsieur Le Président

Monsieur Le Secrétaire Général

Distingués représentants des pays membres, des
organismes Internationaux, nationaux et privés

Mesdames et Messieurs

Le titre de délégué observateur canadien au 12eme conseil des Ministres des pays membres du CIEH, je vous transmets les voeux de succès de la part de l'Agence canadienne de Développement International qui a été très sensible à l'invitation que la Direction du CIEH lui adressait.

Je crois qu'il me serait inutile de décrire les activités de l'AcDi dans l'ensemble voir dans chacun des pays membres du CIEH. D'une part chacun d'entre vous est familier avec les activités de l'ACDI dans son pays, d'autre part, un point de vue panoramique nécessiterait plus de temps qu'il m'en est accordé.

Donc, l'Agence Canadienne de Développement International assiste à ce colloque à titre d'observateur et compte, cette présence, mieux se situer sur nos préoccupations dans les domaines d'études et de recherches hydrauliques afin de concerter ses orientations politiques et actions avec vos besoins.

Nonobstant les conclusions et recommandations de ce colloque, mais conformément à l'esprit des présentes journées d'études qui ont, jusqu'à ce jour, montré les problèmes et besoins

../....

de la circulation des informations touchant aussi bien les données, les moyens et les outils concernant l'hydraulique en général, il me fait plaisir de vous faire part que l'Agence canadienne de Développement International met en marche, à la demande du CILSS, un projet de bibliographie synthétique de l'ensemble des documents, rapports, études se rapportant à l'hydraulique sahélienne dans les domaines suivants :

- Hydraulique Urbaine,
- Hydraulique Rurale,
- Hydraulique Agricole,
- Hydraulique Pastorale,
- et de documents d'intérêt général.

Il va de soi que la réalisation d'un tel projet nécessitera la collaboration de tous les organismes des pays sahéliens et non seulement de ces derniers mais également des organismes internationaux et nationaux œuvrant dans le domaine de l'Hydraulique.

Nous serions à Ouagadougou la semaine prochaine et nous comptons rencontrer en premier lieu la direction du CIEH avec qui nous comptons de mettre au point une méthodologie de travail ainsi qu'étudier la possibilité d'utilisation de leur concours pour mener ce projet à terme.

Ce projet nous entrainera dans tous les pays membres du CILSS aussi bien en Afrique, en Europe qu'en Amérique (CANADA US). Le succès de nos efforts dépendra de l'aide de chacun des organismes visités avec qui nous comptons discuter des moyens nécessaires à la réussite de ce projet.

Je vous remercie.

12^{ème} Conseil des Ministres du CIEH

Journées Techniques

Yaoundé, 20-21 Février 1984

--0--

Doc/CIEH/JT/INV/AIEA

Les activités de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique
dans le domaine de l'hydrologie isotopique et ses applications
aux problèmes africains

par

T.T. AKITI et J.F. ARANYOSSY
Section de l'hydrologie isotopique
Agence Internationale de l'Energie Atomique

4806
International Research Centre
for Community Water Supply

RESUME

La méthode de géochimie isotopique est brièvement décrit dans cette communication. Les activités de la section d'hydrologie isotopique de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique consistent essentiellement en coopération technique, contrat de recherche, cours de formation, organisation de stages et de colloques. Quelques exemples faits en Afrique est présenté.

1. INTRODUCTION

Au cours de ces dernières décennies beaucoup de pays africains ont donné une priorité aux problèmes hydrologiques et hydrauliques. La période de sécheresse catastrophique qui sévit depuis plusieurs années, surtout dans les pays Sahéliens a accentué encore cette nécessité. Dans ces derniers, il est évident que le manque d'eau constitue l'un des handicaps majeurs au développement. Le but de cet exposé est de présenter les activités de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (l'AIEA) dans l'application des techniques isotopiques à l'étude des ressources en eau. Il portera essentiellement sur des exemples concernant l'Afrique.

Tout d'abord nous allons brièvement rappeler les différents types d'isotopes utilisés en hydrologie et en hydrogéologie, puis présenter les problèmes de l'eau et leur solutions faisant appel à la méthode de géochimie isotopique. Ensuite, après avoir mentionné les différents domaines d'activités de la section d'hydrologie isotopique, nous présenterons les études en cours et en projet ainsi que quelques résultats d'études faites en Afrique.

2. RAPPEL DE DIFFERENTS TYPES D'ISOTOPES UTILISES EN HYDROLOGIE

En fonction des problèmes à résoudre, les moyens employés en hydrologie isotopique peuvent être basés sur:

1. les isotopes du milieu
2. les isotopes artificiels
3. instrumentation nucléaire.

1. Les isotopes du milieu: L'application des isotopes du milieu (ou isotopes de l'environnement) est basée sur l'étude des variations naturelles des teneurs en isotopes stables (oxygène-18 et deutérium) ou des variations de teneur induites à l'échelle régionale pour les isotopes radioactifs (tritium et carbone-14).

L'oxygène-18, le deutérium (^2H) et le tritium (^3H) jouent un rôle privilégié car ce sont des isotopes constitutifs des molécules d'eau elles-mêmes.

L'application de cette méthode peut contribuer à résoudre efficacement, particulièrement dans les régions où les données de base font défaut, les problèmes hydrogéologiques:

- détermination des aires d'alimentation
- relations entre nappes
- relations entre aquifères et eau de surface
- influence de la tectonique sur la circulation
- estimation de taux de renouvellement et les vitesses moyennes de circulation ("âge" de l'eau)

2. Les isotopes artificiels: Pour des études locales cherchant à obtenir des informations quantitatives plus précises, on peut avoir recours à l'emploi de différents radioisotopes. Ils seront choisis essentiellement en fonction de leur période et de leur qualité en tant que "bon traceur" (qui suit le plus possible le mouvement de l'eau sans interaction importante avec la matrice du sol).

- le traceur de choix est naturellement le tritium, traceur intime de la molécule d'eau, dont la période ($\lambda = 12,43$ ans) permet l'étude de circulation souterraine allant de l'échelle horaire à quelques dizaines d'années.
- les traceurs artificiels peuvent être notamment employé pour:
 - la mesure des débit des rivières
 - étude des transfert dans la zone non-saturé
 - détermination des transports solide en suspension ou charriage
 - mesure des vitesse réelle de circulation entre deux points d'un aquifère
 - mesure des direction d'écoulement
 - localisation des fuites dans les barrages.

3. Instrumentation nucléaire: Concerne toute instrumentation utilisant des sources radioactives et détecteurs de radiations, pour la détermination des paramètres des aquifères.

- densimétrie: sondes γ
- humidimétrie dans la zone non-saturé: sondes à neutrons
- vitesse de filtration et vitesse réelle: détecteurs en association avec méthode de dilution ponctuelle et de restitution de traceur entre deux puits
- mesure du flux sédimentaire dans les cours d'eau (S. Tazioli)
- mesure de l'envasements des retenues d'eau (S. CEA).

De telles recherches sont relativement peut onéreuses en comparaison des méthodes classiques de l'hydrologie et susceptibles de fournir des renseignements qu'on peut parfois obtenir d'une autre façon.

3.0. LES ACTIVITES DE L'AIEA

L'AIEA s'efforce de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier. Elle s'assure que les activités qu'elle initie ou qui relèvent de son contrôle ne puissent pas être utilisés à des fins militaires.

Ses modes d'actions consistent essentiellement en coopération technique, contrat de recherche, cours de formation, organisation de stages et de colloques.

3.1. Le programme de coopération technique

La coopération technique est une activité importante de l'AIEA. Elle a pour objectif le transfert de technologie nucléaire des pays industrialisés vers les pays en voie de développement.

Les pays membres de l'AIEA peuvent bénéficier directement des programmes de coopération techniques. Dans le domaine de l'hydrologie isotopique, les pays africains suivant ont d'ores et déjà bénéficiés de cette assistance: l'Algérie, le Ghana, la Libye, le Maroc, le Mali, le Niger, l'Ouganda, le Sénégal, le Soudan, la Tanzanie, la Tunisie et le Zaïre.

L'AIEA peut également intervenir dans des programmes gérés par d'autres organisations des Nations Unies, UNDP, UNESCO, FAO, etc. La section d'hydrologie isotopique a eu la possibilité ainsi d'intervenir dans des pays pas encore membres de l'AIEA tels que le Bénin, le Botswana, le Tchad et le Togo.

Les projets de coopération technique actuellement en cours sont résumés dans le tableau I.

L'annex II, rassemble quelques publications sur les études d'hydrologie isotopique effectuées en Afrique.

Deux nouveaux projets de coopération technique utilisant les méthodes nucléaires sont actuellement envisagés en 1984 pour le Mali et le Sénégal.

3.1.1 Projets régionaux

L'AIEA participe également dans un programme régional et pluri-annuel pour le développement de ressources en eau de pays du Maghreb de l'Afrique du Nord. Ce projet a été lancé en 1979 par le PNUD. Les pays participants sont l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. Le but du projet est de consolider les activités qui sont en cours dans ces trois pays afin d'encourager une action commune pour résoudre des problèmes hydrologiques dans la région.

L'AIEA a proposé, par l'intervention d'un projet régional, une composante isotopique au vaste programme du PNUD. Ceci se concrétise:

- en Algérie par l'étude des nappes profondes du Continental Terminal et du continental intercalaire
- au Maroc, applications des méthodes de traçage dans le dispositif de recharge artificielle de la nappe le Marabech
- en Tunisie, étude de l'aquifère du Continental Intercalaire, et des communications entre le Continental Intercalaire et le continental terminal, estimation de la vitesse d'écoulement dans le Continentale Intercalaire entre Matmata et Gabès.

3.2 Les contrats de recherche

Les contrats de recherche font souvent partie d'un programme de recherches coordonnées impliquant la collaboration d'équipes scientifiques de plusieurs pays sur un thème commun. La contribution de l'AIEA peut consister en:

- a) fourniture de matériel de laboratoire
- b) à la prise en charge des analyses isotopiques et
- c) d'une partie des autres coûts de la recherche.

Depuis 1958, l'AIEA a alloué pour ces contrats de recherche environ 9 millions de dollars aux instituts du monde entier, et principalement à ceux des pays en développement, afin d'encourager les recherches sur l'application des isotopes. Le tableau II résume les contrats de recherches avec la section d'Hydrologie qui sont en cours d'exécution actuellement en Afrique.

3.3 Service d'experts

Par ailleurs les experts qui l'AIEA envoie dans les pays membres contribuent, le plus souvent avec les experts nationaux à résoudre les problèmes posés.

3.4 Bourses, Stages et Visites Scientifiques

Chaque année l'AIEA accorde des bourses aux ressortissants de pays membres qui leur permettent de recevoir une formation dans les disciplines liées à la technologie nucléaire. L'AIEA organise également des stages de formation dans le cadre de la réalisation de projets de coopération technique. Les chercheurs qui participent à ces projets peuvent aussi bénéficier de visite scientifique dans les laboratoires spécialisés. Les bourses qui ont été accordées en Afrique figurent dans le tableau I.

3.5 Cours de formation, Conférences et Colloques

En 1978, l'AIEA a organisé pour les pays anglophone de l'Afrique un cours de formation (Training Course) à Nairobi, Kenya. L'année suivante, c'est-à-dire en 1979, a été organisé un cours de formation à Dakar, Sénégal pour les pays francophone de l'Afrique.

Tous les quatre ans, l'AIEA organise des colloques sur l'hydrologie isotopique. Le dernier colloque a eu lieu à Vienne, Autriche, entre le 12 et 16 septembre 1983. Pendant cette réunion, les résultats d'un certain nombre d'études effectuées en Afrique ont été présentées. Nous en présentons ci-dessous un bref résumé:

3.5.1 Hydrologie isotopique et hydrochimie des aquifères discontinus de la bande Sahélienne et de l'Aïr (Niger). Ousmane, B., Fontes, J.Ch. et Aranyossy, J.F. (1983).

Cette étude porte sur les aquifères contenus dans les affleurements du socle cristallin et métamorphique de la partie occidentale du Niger: régions de Liptako-Gourma, Maradi, Zinder et massif de l'Aïr.

Les données hydrochimiques (ions majeurs, silicates) mettent en évidence le rôle prépondérant de l'altération des silicates dans l'acquisition de charge saline des eaux, elle conduisent en outre, avec les renseignements fournis par les variations naturelles des teneurs en isotopes stables (oxygène, deuterium) à des conclusions hydrogéologiques similaires pour les quatre secteurs:

- les aquifères régionaux sont compartimentés en unités isolées pour lesquelles alimentations et circulations sont spécifiques
- la recharge de ces aquifères à partir des épisodes pluvieux exceptionnels est rapide, sans évaporation
- les parties stagnantes sont reprises totalement par évaporation et ne participent pas à la recharge
- l'homogénéisation dans chaque système paraît rapidement et totalement effectuée.

L'absence de dilution de l'activité en carbone-14 par un carbone mort étant admise (sur la base des teneurs en ^{13}C et Ca^{++}), on utilise le radio-carbone afin de préciser les estimations des périodes de recharge suggérées par les teneurs en tritium. Cette interprétation conduit à admettre pour la plupart des nappes la participation d'eau infiltrée depuis quelques dizaines d'années avec mélange d'eaux séculaires et millénaires dans certains secteurs.

3.5.2 Origin et alimentation des nappes de la bordure nord et du bassin des Illemmenden (Niger): Apports des techniques isotopiques. Aranyosy, J.F., Beidon, B., Dray, M., Joseph, A. et Zuppi, G.M. (1983).

Pour répondre aux besoins du complexe industriel et de la ville d'Arlit implantés en pleine zone désertique à 850 km au Nord-Est de Niamey, 10 millions de mètres cubes d'eau sont extraits annuellement des nappes souterraines locales. Dans cette région où les précipitations ne sont que de 40 mm par an en moyenne, et l'évaporation potentielle de 4.5 mètres (Piche), l'origine d'une éventuelle recharge actuelle des nappes contenues dans les formations sédimentaires de la plaine de l'Irhazer, ne peut être recherchée que dans leurs relations avec le massif cristallin de l'Aïr qui, plus à l'est, bénéficie d'une pluviosité de l'ordre de 120 mm par an.

L'étude, effectuée sur la base de l'analyse (^{18}O , D, ^{13}C , ^{14}C , T) de 59 échantillons collectés au cours de trois campagnes, a permis de mettre en évidence une nette différenciation isotopique des nappes dont on trouvera sur la figure 1 les principales caractéristiques.

Dans l'Aïr, dont le sommet dépasse 2000 m, les nappes des plaines alluviales (Koris) (1) présentent une teneur en oxygène-18 variant de -1.06 à -4.26 (‰ SMOW) suivant un gradient altimétrique estimé à 0.46/100 m. L'absence de signe d'évaporation dans la relation D/ ^{18}O témoigne d'une infiltration rapide des pluies dans les sables grossiers des koris qui alimentent ensuite le système de fracturation du massif (2).

Dans la plaine, la composition isotopique des aquifères paléozoïque démontre une origine différente des eaux.

Une certaine recharge actuelle est mise en évidence pour la nappe du Téloua (T), formation mésozoïque du continental Intercalaire, qui affleure plus au sud le long de la bordure occidentale de l'Aïr jusqu'à Agadez.

En outre, l'étude isotopique a mis clairement en évidence le rôle des accidents tectoniques.

Le long de la flexure Airlit Inourarem d'orientation N-S: (4)

- alimentation des grès d'Agadès par les aquifères confinés du Tarat, et de Guezouman à Innourarem;
- alimentation du Tarat par l'aquifère du Guezouman;
- alimentation des alluvions quaternaires par les eaux de Tarat à Madouela.

3.5.3 Etude isotopique de la région du Horst de Ndiass, Sénégal Faye, A., Travi, Y., Dray, M. (1983).

L'accroissement démographique accéléré de la ville de Dakar, capitale du Sénégal, créant une augmentation des besoins, tant en eaux industrielles qu'en eaux de consommation a entraîné l'exploitation intensive des ressources en eaux souterraines, d'autant que la presqu'île du Cap Vert ne dispose ni de cours d'eau permanent, ni de site de barrage proche.

Plus de dix ans après une étude exploratoire menée conjointement par l'O.M.S. et l'AIEA, de nouveaux travaux isotopiques sur les eaux souterraines de la région du horst de Ndiass permettent de préciser les conditions actuelles de recharge des aquifères captés ainsi que les limites de cette exploitation.

Le horst de Ndiass est un large dôme circonscrit (altitude maximum 105 m) d'axe nord-sud. Sa bordure est tronquée par des falaises côtières. Vers le Nord il s'ennoie sous la dépression du lac Tanma. Il est constitué de formations maestrichtiennes subaffleurentes, sablenses et gréso-calcaires, masquées le plus souvent par des formations latéritiques et par des recouvrements sableux quaternaires.

A l'Est du Horst, un système de failles Nord-Sud met en contact les formations maestrichtiennes avec les dépôts paléocènes, calcaires marneux et calcaires zoogènes (profondément karstifiés). Ce paléocène souvent recouvert par des sables quaternaires plus ou moins argileux qui combrent parfois un réseau hydrographique fossile, s'ennoie progressivement sous des dépôts marneux éocènes. Hydrogéologiquement, on distingue la nappe superficielle phréatique sur Maestrichtien ou sur Paléocène, la nappe profonde maestrichtienne ainsi que la nappe des calcaires paléocène partiellement libre dans sa partie ouest.

Trente cinq échantillons correspondant à ces différents aquifères ont été analysés chimiquement (éléments majeurs et fluor) et isotopiquement (^{14}C , ^{13}C , ^{18}O , ^2H et ^3H).

Les résultats ont été comparés à ceux de 1970 et confrontés aux données isotopiques des précipitations régionales.

Les informations obtenues sont les suivantes:

1. La nappe superficielle montre une hétérogénéité qui se traduit par des zones contenant des eaux pauvres en tritium et des zones où l'on peut trouver jusqu'à 20 UT.
2. L'utilisation d'un modèle de mélange (Hubert, 1970) montre que pour la nappe superficielle en moyenne moins de 2 % des précipitations annuelles participe à la recharge, ce qui correspond à une lame d'eau inférieure à 12 mm.
3. La recharge de la nappe superficielle provient directement de la percolation des pluies locales ($^{18}\text{O} = -5.5 \text{ ‰}$).
4. Les zones de recharge récente (activité élevée en ^{14}C) de la nappe profonde sont bien localisées dans l'espace. L'évolution des activités varie conformément aux axes d'écoulement déterminés par la piézométrie.
5. Les datations sur les nappes profondes montrent des eaux subactuelles (1000 ans) à très anciennes (30,000 ans). L'exploitation intensive des forages profonds semble rajeunir les eaux en faisant appel à des aquifères plus superficiels.

6. La "faille de Thiès" séparant de horst du compartiment non soulevé joué le rôle d'une barrière étanche ou très faiblement perméable dans sa partie nord (âge différent de part et d'autre de la faille qui met pourtant en contact deux faciès perméables). Ce phénomène n'est décelable dans la partie sud.

7. La nappe profonde du maestrichtien artésienne dans la partie sud est du horst montre en outre une stratification isotopique en ^{14}C .

8. La nappe paléocène soutenue par la nappe maestrichtienne en charge montre très localement des réalimentation au niveaux des vallées fossiles et des dépressions de type karstique.

Il s'avère donc que l'alimentation de la ville de Dakar s'affectue actuellement en grande partie, à partir de la nappe profonde à recharge négligeable. Ceci s'est traduit en 10 ans par un rabattement de 5 à 10 m et par un début d'invasion marine dans les eaux souterraines sur la côte Sud-Est. Ceci va nécessiter dans le futur proche la recherche de nouvelles zones d'exploitation dans des régions plus éloignées de côtes pour éviter de dégrader le potentiel existant.

3.5.4 Sur l'alimentation des eaux souterraines de la zone de Kolokaninara (Republique du Mali). Dincer, T., Dray, M., Tazioli, G.S., Traore, S., Gaurre, A. et Zuppi, G.M. (1983).

La région d'étude fait partie des ercles de Nara, Kolokani, Banamba et Koulikoro; elle est situé entre la frontière mauritanienne et Bamako. Il s'agit d'une zone sahélienne dépourvue d'hydrographie superficielle active, dont la pluviométrie annuelle varie entre 1000 mm au sud et 400 mm au nord. Les pluies sont réparties essentiellement entre les mois du Juillet et Septembre. La température moyenne de l'air est comprise entre 25°C et 32°C. L'altitude du relief décroît de 550 m des Plateaux Mandingues jusqu'à 250 m en correspondance de la plaine de Nara.

La zone de Nara est formée par une cuvette comblée par des schistes cambriens à passées de calcaires dolomitiques et de grès à ciment calcaire. Les schistes sont souvent métamorphosés par des intrusions doléritiques Permo-carbonifères. L'épaisseur de la série serait de 300-500 m environ. La zone des Plateaux Mandingues est constituée par des formations grès-schisteuses de l'Infra-cambrien avec plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, recouvertes par une cuirasse d'altération. Les intrusions doléritiques affleurent au sud sous forme de batholite de plusieurs centaines de km².

Les aquifères de deux formations sont du même type, discontinus et à perméabilité d'origine fissurale prédominante. Dans les aquifères des schistes cambriens les zones perméables sont plus discontinues de celles des grès cambriens et se développent moins en profondeur. Par contre les conditions de recharge sont assez bonnes du fait de la couverture sableuse qui permet un enfouissement rapide des eaux de pluie. L'aquifère infra-cambrien est très hétérogène mais beaucoup moins discontinu. Le transfert de l'eau souterraine se fait à l'échelle de petits sous-bassins locaux et sur des petites distances. En raison de l'épaisseur du recouvrement, la nappe de fissures profonde est presque toujours surmontée d'une nappe superficielle qui joue un rôle de réservoir-tampon accumulant les eaux d'infiltration et les redistribuant à la nappe sous-jacente.

Les données hydrogéologiques et hydrogéochimiques ont permis de mettre en évidence l'existence d'une recharge actuelle et un mélange avec des eaux plus anciennes. Le taux de renouvellement des eaux souterraines implique soit en beaucoup de situations des réserves hydriques limitées. L'infiltration est liée en certains cas aux orages de plus fortes intensités, dans d'autres cas aussi aux petites averses. En régime naturel les eaux infiltrées sont en général reprises par évapotranspiration; en régime d'exploitation une fraction de cette recharge est récupérée soit quasi directement, soit indirectement en remplaçant des eaux prélevées dans les zones fissurées du substratum.

Tableau I

Programmes de Coopération Technique en Afrique

Pays	Problème Posé	Organisme Responsable	Date Commencé	Aide apporté par l'AIEA	Bourses accordé
Mali	Applications des radioisotopes en Hydrogéologie	la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie	1979	US\$ 165,400 Installation de matériel du laboratoire	14 3*
Niger	Etude des potentialités et de la recharges des aquifères discontinus dans le Liptako nigérien à l'aide des traceurs isotopiques de l'environnement	Direction de l'Hydraulique Ministère des Mines et de l'Hydraulique	1981	US\$ 74,820 vehicule	1
Zaire	Des techniques nucléaires appliqués à la Sédimentologie dynamique	Commissariat Général à l'Energie Atomique	1981	US\$ 24,800	4
Algerie	1. Hydrogéologie: Etude de la salinisation et des recharges dans les zones arides et semi-arides. 2. Sédimentologie: Techniques nucléaires pour les études sur le transport des sédiments	Centre des Sciences et Technologie Nucléaires	1983	1 mois d'expert	-
Soudan	Application des techniques isotopiques à l'étude de recharge des eaux souterraines et la forme d'écoulement	National Water Administration	1982	US\$ 28,000	1*
Tanzanie	Mesures de sédiments dans la région de Dodoma, Tanzanie	Ministry of Water and Energy	1983	US\$ 10,000	-

*) Visite scientifique

Tableau II

Contrats de Recherche

Pays	Problème Posé	Chercheur responsable du projet	Aide apporté par l'AIEA
Sénégal	Etude des isotopes du milieu dans les principaux aquifères du bassin sédimentaire du Sénégal	Dr. O. Dia Université du Dakar-Fann	Prise en charge des analyses isotopique. Formation
Algerie*	Etude de la zone non-saturé en region sous-climat aride. De mettre en évidence les mécanismes d'infiltration et évaporation à travers les sables dunaires par les méthodes de l'hydrologie isotopique	Dr. B. Djermouni Organisme National de la Recherche Scientifique. Centre des Sciences et Technologie Nuclearies	Fourniture de matériel. Prise en charge des analyses isotopiques
Egypt*	Etude des eaux souterraines dans la partie nord du désert oriental de l'Egypte.	Dr. M.S. Hamza Atomic Energy Authority Nuclear Chemistry Department	Fourniture de matériel
Tunisie	Etude Isotopique et géochimique de l'infiltration en zone non-saturée sous climat semi-arid	Dr. Ahmed Mamou	Fourniture de matériel

*) Dans le cadre d'un programme de recherche qui concerne des instituts d'hydrogéologie en Tunisie, Pakistan et Inde et des Centres de géochimie isotopique dans ces différents pays mais aussi en France et en Allemagne de l'Ouest.

ANNEX I

AVAILABLE PUBLICATIONS OF THE IAEA IN THE
FIELD OF ISOTOPE HYDROLOGY

1. "Isotopes in Hydrology" (STI/PUB/141), Proceedings of a Symposium held in Vienna, 14-18 November 1966.
2. "Radioactive Dating and Methods of Low-Level Counting" (STI/PUB/152), Proceedings of a Symposium held in Monaco, 2-10 March 1967.
3. "Isotope Hydrology 1970" (STI/PUB/255), Proceedings of a Symposium held in Vienna, 9-13 March 1970.
4. "Nuclear Well Logging in Hydrology" (STI/DOC/10/126), Prepared by Working Group in Nuclear Techniques in Hydrology in the IHD.
5. "Tracer Techniques in Sediment Transport" (STI/DOC/10/145), Proceedings of the Panel Meeting held in Saclay, 21-25 June 1971.
6. "Soil Moisture and Irrigation Studies II" (STI/PUB/327), Proceedings of a Panel Meeting held in Vienna, 2-6 November 1970.
7. "Isotope Ratios as Pollutant Source and Behaviour Indicators" (STI/PUB/382), Proceedings of a Symposium held in Vienna, 18-22 November 1974.
8. "Isotope Techniques in Groundwater Hydrology" (STI/PUB/373), Proceedings of a Symposium held in Vienna, 11-15 March 1974.
9. "Interpretation of Environmental Isotope and Hydrochemical Data in Groundwater Hydrology" (STI/PUB/429), Proceedings of an Advisory Group Meeting held in Vienna, 27-31 January 1975.
10. "Nuclear Techniques in Geochemistry and Geophysics" (STI/PUB/425), Proceedings of a Panel Meeting held in Vienna, 25-29 November 1974.
11. "Behaviour of Tritium in the Environment" (STI/PUB/498), Proceedings of a Symposium held in San Francisco, 16-20 October 1978.
12. "Isotope Hydrology 1978" (STI/PUB/493), Proceedings of a Symposium held in Neuherberg, 19-23 June 1978.

13. "Isotopes in Lake Studies" (STI/PUB/511), Proceedings of an Advisory Group Meeting held in Vienna, 29 August - 2 September 1977.
14. "Nuclear Techniques in Groundwater Pollution Research" (STI/PUB/518), Proceedings of an Advisory Group Meeting held in Cracow, 6-9 December 1976.
15. "Arid-Zone Hydrology: Investigations with Isotope Techniques" (STI/PUB/547), Proceedings of an Advisory Group Meeting held in Vienna, 6-9 November 1978.
16. "Statistical Treatment of Environmental Isotope Data in Precipitation" (STI/DOC/10/206), Vienna, 1981.
17. "Environmental Isotope Data No. 1 to No. 7 - World Survey of Isotope Concentration in Precipitation"

No. 1	(STI/DOC/10/96)	for the years	1953-1963
No. 2	(STI/DOC/10/117)	" " "	1964-1965
No. 3	(STI/DOC/10/129)	" " "	1966-1967
No. 4	(STI/DOC/10/147)	" " "	1968-1969
No. 5	(STI/DOC/10/165)	" " "	1970-1971
No. 6	(STI/DOC/10/192)	" " "	1972-1975
No. 7	(in preparation)	" " "	1976-1979
18. "Stable Isotope Hydrology: Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle" (STI/DOC/10/210), Monograph prepared under the aegis of the IAEA/UNESCO Working Group on Nuclear Techniques in Hydrology of the IHP, Vienna 1981.
19. "Method of Low-Level Counting and Spectrometry" (STI/PUB/592), Proceedings of a Symposium held in Berlin (West), 6-10 April 1981.
20. "Paleoclimates and Paleowaters" (STI/PUB/621), Proceedings of an Advisory Group Meeting held in Vienna, 25-28 November 1980.
21. "Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology", 2nd Edition (STI/DOC/10/91/2)
22. "Isotope Techniques in the Hydrogeological Assessment of Potential Sites for the Disposal of High-Level Radioactive Wastes" (STI/DOC/10/223)

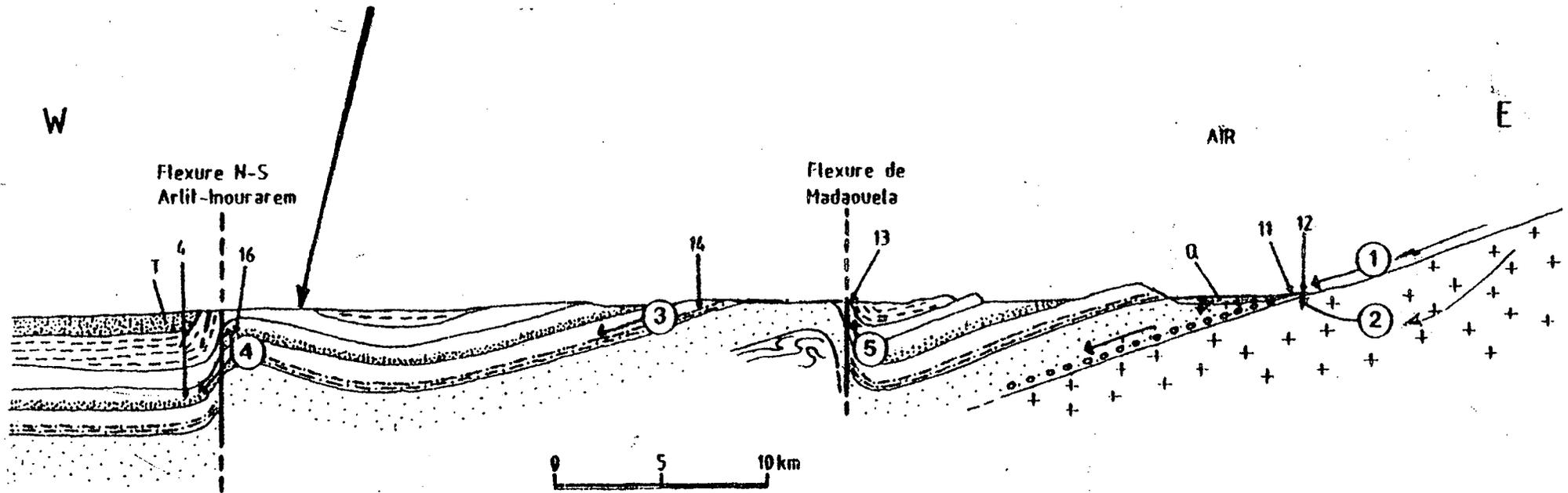
ANNEX II

Titre	Auteurs et date	Publication
Study, using stable isotopes, of flow distribution, surface-groundwater relations and evapotranspiration in the Okavango Swamp, Botswana	Dinçer, T., Hotton, L.G., Kupee, B.B.J. (1979)	In: "Isotope Hydrology 1978", Vol.I, pp. 3-26 IAEA, Vienna
Discharge measurements of River Rufiji (Tanzania) with the use of artificial tritium	Dinçer, T., Florkowski, T., Salamba, S. (1983)	International Symposium on Isotope Hydrology in Water Resources Development. IAEA, Vienna
Isotopic composition of groundwater in the Southern Sahara	Dray, M., Gonfiantini, R., Zuppi, G.M. (1983)	In: "Palaeoclimates and Paleowaters: a Collection of Environmental Isotope Studies". pp. 187-199, IAEA, Vienna
The measurement of high discharges in turbulent rivers using tritium tracer	Florkowski, T., Davis, T.G., Wallander, B., Prabhaker, D.R.L. (1969)	J. Hydrology <u>8</u> , pp. 249-267
Deutérium et oxygène-18 dans les eaux du lac Tchad	Fontes, J.Ch., Gonfiantini, R., Roche, M.A. (1970)	In: "Isotope Hydrology 1970", pp. 387-404, IAEA, Vienna
Isotopic composition of waters from the Danakil Depression	Gonfiantini, R., Borsi, S., Ferrara, G., Panichi, C., (1973)	Earths Planet, Sci. Letters <u>18</u> , pp. 13-21.
Etude isotopique de la nappe du continental intercalaire et des relations avec les autres nappes du Sahara septentrional	Gonfiantini, R., Conrad, G., Fontes, J.Ch., Sanzay, G. and Payne, B.R. (1974)	In: Isotope Techniques in Groundwater Hydrology 1974, I, IAEA, Vienna, pp. 227-241
Environmental isotope hydrology in the Hodna Region, Algeria	Gonfiantini, R., Dinçer, T. and Derekoy, A.M. (1974)	In: Isotope Techniques in Groundwater Hydrology 1974, I, IAEA, Vienna pp. 293-314
Isotope investigation of Lake Malawi	Gonfiantini, R., Zuppi, G.M., Eccles, D.H., Ferro, W. (1979)	In: "Isotopes in Lake Studies", pp. 195-207, IAEA, Vienna
Water balance of lake Chala and its relation to groundwater from tritium and stable isotope data	Payne, B.R. (1970)	J. of Hydrology, II, pp. 47-58
Groundwater flow patterns in the western Libyan Arab Jamahiriya evaluated from isotopic data	Salem, O., Visser, J.H., Dray, M., Gonfiantini, R. (1980)	In: Arid-zone, Hydrology Investigations with Isotope Techniques, 165, 1979, IAEA.

contd. Annex II

Titre	Auteurs et date	Publication
Contribution des traceurs isotopiques naturels à l'étude de l'alimentation de la nappe phréatique de l'Oued Souss (Maroc)	Sausay, G., Payne, B.R. (1974)	Bulletin, B.R.G.M. (2) III, <u>3</u> , 227-243.

Figure 1: Coupe schématique de la bordure sédimentaire du flanc ouest de l'Aïr à la hauteur d'Arlit



- | | | |
|----------------|--|--|
| Q | | Quaternaire Alluvions fluvio-lacustres |
| T | | Trias Grès du Téloua |
| P ₂ | | Permien argilo-gréseux |
| P ₁ | | Permien Arkoses et grès |

- | | | | |
|----------------|--|-------------|-----------------------------------|
| C ₃ | | Carbonifère | Grès de Tarat |
| C ₂ | | | Grès de Guezouman |
| C ₁ | | | Serie de Tarada
Grès de Teragh |
| | | | Socté cristallin |

070

Journées Techniques du 12e Conseil des Ministres du CIEH
Yaoundé, 20 - 21 Février 1984

Les activités de l'Agence International de
l'Energie Atomique dans le domaine
de l'hydrologie isotopique et ses
applications aux problèmes africains

4806

T. Akiti et J.F. Aranyossy
Section d'hydrologie isotopique
Agence Internationale de l'Energie Atomique

Les activités de l'Agence internationale de l'énergie atomique
dans le domaine de l'hydrologie isotopique et ses
applications aux problèmes africains

par

T.T. Akiti et J.F. Aranyossy
Section d'hydrologie isotopique
Agence internationale de l'énergie atomique

Communication présentée à la douzième réunion du Conseil du CIEH
Yaoundé, Cameroun, 20 au 27 février 1984

1984

RESUME

La méthode de géochimie isotopique est brièvement décrite dans cette communication. Les activités de la Section d'hydrologie isotopique de l'Agence internationale de l'énergie atomique consistent essentiellement en coopération technique, contrats de recherche, cours de formation, organisation de stages et de colloques. Quelques exemples d'études effectuées en Afrique sont présentées.

1. INTRODUCTION

Au cours de ces dernières décennies beaucoup de pays africains ont donné une priorité aux problèmes hydrologiques et hydrauliques. La période de sécheresse catastrophique qui sévit depuis plusieurs années, surtout dans les pays Sahéliens a accentué encore cette nécessité. Dans ces derniers, il est évident que le manque d'eau constitue l'un des handicaps majeurs au développement. Le but de cet exposé est de présenter les activités de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) dans l'application des techniques isotopiques à l'étude des ressources en eau. Il portera essentiellement sur des exemples concernant l'Afrique.

Tout d'abord nous allons brièvement rappeler les différents types d'isotopes utilisés en hydrologie et en hydrogéologie, puis présenter les problèmes de l'eau et leurs solutions faisant appel à la méthode de géochimie isotopique. Ensuite, après avoir mentionné les différents domaines d'activités de la Section d'hydrologie isotopique, nous présenterons les études en cours et en projet ainsi que quelques résultats d'études faites en Afrique.

2. RAPPEL DE DIFFERENTS TYPES D'ISOTOPES UTILISES EN HYDROLOGIE

En fonction des problèmes à résoudre, les moyens employés en hydrologie isotopique peuvent être basés sur:

- a) les isotopes du milieu;
- b) les isotopes artificiels;
- c) l'instrumentation nucléaire.

a) Les isotopes du milieu: L'application des isotopes du milieu (ou isotopes de l'environnement) est basée sur l'étude des variations naturelles des teneurs en isotopes stables (oxygène-18 et deutérium) ou des variations de teneur induites à l'échelle régionale pour les isotopes radioactifs (tritium et carbone-14).

L'oxygène-18, le deutérium (^2H) et le tritium (^3H) jouent un rôle privilégié car ce sont des isotopes constitutifs des molécules d'eau elles-mêmes.

L'application de cette méthode peut contribuer à résoudre efficacement, particulièrement dans les régions où les données de base font défaut, les problèmes hydrogéologiques tels que:

- détermination des aires d'alimentation;
- relations entre nappes;

- relations entre aquifères et eau de surface;
- influence de la tectonique sur la circulation souterraine;
- estimation du taux de renouvellement et de la vitesse moyenne de circulation ("âge" de l'eau).

b) Les isotopes artificiels: Pour des études locales cherchant à obtenir des informations quantitatives plus précises, on peut avoir recours à l'emploi de différents radioisotopes. Ils seront choisis essentiellement en fonction de leur période et de leur qualité en tant que "bons traceurs" (qui suivent le plus possible le mouvement de l'eau sans interaction importante avec la matrice du sol).

Le traceur de choix est naturellement le tritium, traceur intime de la molécule d'eau, dont la période ($\lambda = 12,43$ ans) permet l'étude de circulation souterraine allant de l'échelle horaire à quelques dizaines d'années.

Les traceurs artificiels peuvent être notamment employés pour:

- la mesure des débits des rivières;
- l'étude des transferts dans la zone non-saturée;
- la détermination des transports solides en suspension ou en charriage;
- la mesure de la vitesse réelle de circulation entre deux points d'un aquifère;
- la mesure des directions d'écoulement;
- la localisation des fuites dans les barrages ...

c) Instrumentation nucléaire: Concerne toute instrumentation utilisant des sources radioactives et des détecteurs de radiations, pour la détermination des paramètres des aquifères:

- densimétrie: sondes γ ;
- humidimétrie dans la zone non-saturée: sondes à neutrons;
- vitesse de filtration et vitesse réelle: détecteurs en association avec la méthode de dilution ponctuelle et de restitution de traceur entre deux puits;
- mesure du flux sédimentaire dans les cours d'eau;
- mesure de l'envasement des retenues d'eau

De telles recherches sont relativement peu onéreuses en comparaison des méthodes classiques de l'hydrologie et susceptibles de fournir des renseignements qu'il n'est parfois pas possible d'obtenir d'une autre façon. Pour une explication plus détaillée le lecteur se rapportera aux nombreuses publications de l'AIEA dans ce domaine dont on trouvera la liste en Annexe I.

3. LES ACTIVITES DE L'AIEA

"L'AIEA s'efforce de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier. Elle s'assure que les activités qu'elle initie ou qui relèvent de son contrôle ne puissent pas être utilisés à des fins militaires" (extrait des Statuts de l'AIEA).

Ses modes d'actions consistent essentiellement en projets de coopération technique, contrats de recherche, cours de formation, organisation de stages et de colloques.

3.1 Le programme de coopération technique

La coopération technique est une activité importante de l'AIEA. Elle a pour objectif le transfert de technologie nucléaire des pays industrialisés vers les pays en voie de développement.

Les pays membres de l'AIEA peuvent bénéficier directement des programmes de coopération technique. Dans le domaine de l'hydrologie isotopique, les pays africains suivant ont d'ores et déjà bénéficié de cette assistance: l'Algérie, le Ghana, la Libye, le Maroc, le Mali, le Niger, l'Ouganda, le Sénégal, le Soudan, la Tanzanie, la Tunisie et le Zaïre.

L'AIEA peut également intervenir dans des programmes gérés par d'autres organisations des Nations Unies, PNUD, UNESCO, FAO, etc. La Section d'hydrologie isotopique a eu ainsi la possibilité d'intervenir dans des pays qui ne sont pas encore membres de l'AIEA tels que le Bénin, le Botswana, le Tchad et le Togo.

Les projets de coopération technique actuellement en cours sont présentés dans le tableau I.

L'annexe II, rassemble quelques publications sur les études d'hydrologie isotopique effectuées en Afrique.

Deux nouveaux projets de coopération technique utilisant les méthodes nucléaires sont actuellement envisagés en 1984 pour le Mali et le Sénégal.

L'AIEA participe également dans un programme régional et pluri-annuel pour le développement de ressources en eau des pays de l'Afrique du Nord. Ce projet a été lancé en 1979 par le PNUD. Les pays participants sont l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. Le but du projet est de consolider les activités qui sont en cours dans ces trois pays afin d'encourager une action commune pour résoudre des problèmes hydrologiques dans la région.

L'AIEA a proposé, par l'intervention d'un projet régional, une composante isotopique au vaste programme du PNUD. Ceci se concrétise:

- en Algérie par l'étude des nappes profondes du Continental Terminal et du Continental Intercalaire;
- au Maroc, par l'application des méthodes de traçage dans le dispositif de recharge artificielle de la nappe de Marrakech;
- en Tunisie, étude de l'aquifère du Continental Intercalaire, et des communications entre le Continental Intercalaire et le Continental Terminal, estimation de la vitesse d'écoulement dans le Continental Intercalaire entre Matmata et Gabès.

3.2 Les contrats de recherche

Les contrats de recherche font souvent partie d'un programme de recherches coordonnées impliquant la collaboration d'équipes scientifiques de plusieurs pays sur un thème commun. La contribution de l'AIEA peut consister en:

- a) fourniture de matériel de laboratoire;
- b) la prise en charge des analyses isotopiques, et
- c) d'une partie des autres coûts de la recherche.

Depuis 1958, l'AIEA a alloué pour ces contrats de recherche environ 9 millions de dollars aux instituts du monde entier, et principalement à ceux des pays en développement, afin d'encourager les recherches sur l'application des isotopes. Le tableau II recense les contrats de recherches avec la Section d'hydrologie isotopique qui sont en cours d'exécution en Afrique.

3.3 Service d'experts

Par ailleurs, les experts que l'AIEA envoie dans les pays membres contribuent, le plus souvent avec les experts nationaux, à résoudre les problèmes posés et à compléter la formation des cadres locaux.

3.4 Bourses, stages et visites scientifiques

Chaque année l'AIEA accorde des bourses aux ressortissants de pays membres qui leur permettent de recevoir une formation dans les disciplines liées à la technologie nucléaire. L'AIEA organise également des stages de formation dans le cadre de la réalisation de projets de coopération technique. Les chercheurs qui participent à ces projets peuvent aussi bénéficier de visites scientifiques dans les laboratoires spécialisés. Les bourses qui ont été accordées en Afrique figurent dans la tableau I.

3.5 Cours de formation, conférences et colloques

En 1978, l'AIEA a organisé pour les pays anglophones de l'Afrique un cours de formation (Training Course) à Nairobi, Kenya. L'année suivante, c'est à dire en 1979, a été organisé un cours de formation à Dakar, Sénégal pour les pays francophones de l'Afrique.

Tous les quatre ans, l'AIEA organise des colloques sur l'hydrologie isotopique. Le dernier colloque a eu lieu à Vienne, Autriche, entre le 12 et 16 décembre 1983. Pendant cette réunion, les résultats d'un certain nombre d'études effectuées en Afrique ont été présentés. Nous en donnons ci-dessous un bref résumé:

3.5.1 Hydrologie isotopique et hydrochimie des aquifères discontinus de la bande Sahélienne et de l'Aïr (Niger). Ousmane, B., Fontes, J.Ch., Aranyossy, J.F., A. Joseph (1983).

Cette étude porte sur les aquifères contenus dans les affleurements du socle cristallin et métamorphique de la partie occidentale du Niger: régions de Liptako-Gourma, Maradi, Zinder et massif de l'Aïr.

Les données hydrochimiques (ions majeurs, silicates) mettent en évidence le rôle prépondérant de l'altération des silicates dans l'acquisition de la charge saline des eaux; elles conduisent en outre, avec les renseignements fournis par les variations naturelles des teneurs en isotopes stables (oxygène-18, deutérium) à des conclusions hydrogéologiques similaires pour les quatre secteurs:

- les aquifères régionaux sont compartimentés en unités isolées pour lesquelles alimentations et circulations sont spécifiques;
- la recharge de ces aquifères à partir des épisodes pluvieux exceptionnels est rapide, sans évaporation;

- les parties stagnantes sont reprises totalement par évaporation et ne participent pas à la recharge;
- l'homogénéisation dans chaque système paraît rapidement et totalement effectuée.

L'absence de dilution de l'activité en carbone-14 par un carbone mort étant admise (sur la base des teneurs en ^{13}C et Ca^{++}), on utilise le radiocarbone afin de préciser les estimations des périodes de recharge suggérées par les teneurs en tritium. Cette interprétation conduit à admettre pour la plupart des nappes la participation d'eau infiltrée depuis quelques dizaines d'années avec un mélange d'eaux séculaires et millénaires dans certains secteurs.

3.5.2 Origine et alimentation des nappes de la bordure nord-est du bassin des Illemmeden (Niger): apport des techniques isotopiques. Aranyossy, J.F., Beidou, B., Dray, M., Joseph. A., Zuppi, G.M. (1983).

Pour répondre aux besoins du complexe industriel et de la ville d'Arlit implantés en pleine zone désertique à 850 km au nord-est de Niamey, 10 millions de mètres cubes d'eau sont extraits annuellement des nappes souterraines locales. Dans cette région où les précipitations ne sont que de 40 mm par an en moyenne, et l'évaporation potentielle de 4.5 mètres (Pêche), l'origine d'une éventuelle recharge actuelle des nappes contenues dans les formations sédimentaires de la plaine de l'Irhazer, ne peut être recherchée que dans leurs relations avec le massif cristallin de l'Aïr qui, plus à l'est, bénéficie d'une pluviosité de l'ordre de 120 mm par an.

L'étude effectuée sur la base de l'analyse (^{18}O , ^2H , ^{13}C , ^{14}C , ^3H) de 59 échantillons collectés au cours de trois campagnes, a permis de mettre en évidence une nette différenciation isotopique des nappes dont on trouvera sur la figure I les principales caractéristiques.

Dans l'Aïr, dont le sommet dépasse 2000 m, les nappes des plaines alluviales (Koris) (1)* présentent une teneur en oxygène-18 variant de -1.0δ à -4.2δ (‰ SMOW) suivant un gradient altimétrique estimé à $0.4\delta/100$ m. L'absence de signe d'évaporation dans la relation $^2\text{H}/^{18}\text{O}$ témoigne d'une infiltration rapide des pluies dans les sables grossiers des koris qui alimentent ensuite le système de fracturation du massif (2).

Dans la plaine, la composition isotopique des aquifères paléozoïques démontre une origine différente des eaux.

L'aquifère de Guézouman montre les plus faibles teneurs en oxygène-18, caractéristiques des eaux profondes de la partie occidentale du Sahara. Sur le flanc est du synclinal d'Arlit où la formation affleure, l'activité en carbone-14 témoigne d'une contribution locale à l'alimentation (3).

* les numéros entre parenthèses font référence à ceux de la figure

Une certaine recharge actuelle est mise en évidence pour la nappe du Téloua (T), formation mésozoïque du Continental Intercalaire, qui affleure plus au sud le long de la bordure occidentale de l'Aïr jusqu'à Agadès.

En outre, l'étude isotopique a mis clairement en évidence le rôle des accidents tectoniques.

Le long de la flexure Arlit-Inourarem d'orientation N-S (4):

- alimentation des grès d'Agadès par les aquifères confinés du Tarat, et de Guézouman à Inourarem.
- alimentation du Tarat par l'aquifère du Guézouman;

Le long de la flexure de Madaouela:

- alimentation des alluvions quaternaires par les eaux de Tarat (5).

3.5.3 Etude isotopique de la région du horst de Ndiass, Sénégal. Faye, A., Travi, Y., Dray, M. (1983).

L'accroissement démographique accéléré de la ville de Dakar, capitale du Sénégal, créant une augmentation des besoins, tant en eaux industrielles qu'en eaux de consommation a entraîné l'exploitation intensive des ressources en eaux souterraines, d'autant que la presqu'île du Cap Vert ne dispose ni de cours d'eau permanent, ni de site de barrage proche.

Plus de dix ans après une étude exploratoire menée conjointement par l'OMS et l'AIEA, de nouveaux travaux isotopiques sur les eaux souterraines de la région du horst de Ndiass permettent de préciser les conditions actuelles de recharge des aquifères captés ainsi que les limites de cette exploitation.

Le horst de Ndiass est un large dôme circonscrit (altitude maximum 105 m) d'axe nord-sud. Sa bordure est tronquée par des falaises côtières. Vers le nord il s'ennoie sous la dépression du lac Tanma. Il est constitué de formations maestrichtiennes subaffleurements, sableuses et gréso-calcaires, masquées le plus souvent par des formations latéritiques et par des recouvrements sableux quaternaires.

A l'est du horst, un système de failles nord-sud met en contact les formations maestrichtiennes avec les dépôts paléocènes, calcaires marneux et calcaires zoogènes (profondément karstifiés). Ce paléocène souvent recouvert par des sables quaternaires plus ou moins argileux qui comblent parfois un réseau hydrographique fossile, s'ennoie progressivement sous des dépôts marneux éocènes. Hydrogéologiquement, on distingue la nappe superficielle phréatique sur maestrichtien ou sur Paléocène, la nappe profonde maestrichtienne ainsi que la nappe des calcaires paléocène partiellement libre dans sa partie ouest.

Trente-cinq échantillons correspondant à ces différents aquifères ont été analysés chimiquement (éléments majeurs et fluor) et isotopiquement (^{14}C , ^{13}C , ^{18}O , ^2H , ^3H).

Les résultats ont été comparés à ceux de 1970 et confrontés aux données isotopiques des précipitations régionales.

Les informations obtenues sont les suivantes:

- a) La nappe superficielle montre une hétérogénéité qui se traduit par des zones contenant des eaux pauvres en tritium et des zones où l'on peut trouver jusqu'à 20 UT.
- b) L'utilisation d'un modèle de mélange (Hubert, 1970) montre que pour la nappe superficielle en moyenne moins de 2% des précipitations annuelles participe à la recharge, ce qui correspond à une lame d'eau inférieure à 12 mm.
- c) La recharge de la nappe superficielle provient directement de la percolation des pluies locales ($^{18}O = -5.5\%$).
- d) Les zones de recharge récente (activité élevée en ^{14}C) de la nappe profonde sont bien localisées dans l'espace. L'évolution des activités varie conformément aux axes d'écoulement déterminés par la piézométrie.
- e) Les datations sur les nappes profondes montrent des eaux subactuelles (1000 ans) à très anciennes (30 000 ans). L'exploitation intensive des forages profonds semble rajeunir les eaux en faisant appel à des aquifères plus superficiels.
- f) La "faille de Thiès" séparant l'horst du compartiment non-soulevé joue le rôle d'une barrière étanche ou très faiblement perméable dans sa partie nord (âge différent de part et d'autre de la faille qui met pourtant en contact deux faciès perméables). Ce phénomène n'est décelable que dans la partie sud.
- g) La nappe profonde du maestrichtien artésienne dans la partie sud-est du horst montre en outre une stratification isotopique en ^{14}C .
- h) La nappe paléocène soutenue par la nappe maestrichtienne en charge montre très localement des réalimentations au niveau des vallées fossiles et des dépressions de type karstique.

Il s'avère donc que l'alimentation de la ville de Dakar s'effectue actuellement en grande partie, à partir de la nappe profonde à recharge négligeable. Ceci s'est traduit en 10 ans par un rabattement de 5 à 10 m et par un début d'invasion marine dans les eaux souterraines sur la côte sud-est. Ceci va nécessiter dans le futur proche la recherche de nouvelles zones d'exploitation dans des régions plus éloignées de côtes pour éviter de dégrader le potentiel existant.

3.5.4 Sur l'alimentation des eaux souterraines de la zone de Kolokaninara (République du Mali). Dincer, T., Dray, M., Tazioli, G.S., Traore, S., Gaurre, A., Zuppi, G.M. (1983).

L'étude concerne les régions de Nara, Kolonaki, Banamba et Koulikoro situées entre la frontière mauritanienne et Bamako. Il s'agit d'une zone sahélienne dépourvue d'hydrographie superficielle active, dont la pluviométrie annuelle varie entre 1000 mm au sud et 400 mm au nord. Les pluies sont réparties essentiellement entre les mois de juillet et septembre. La température moyenne de l'air est comprise entre 25°C et 32°C. L'altitude du relief décroît de 550 m des Plateaux Mandingues jusqu'à 250 m en correspondance de la plaine de Nara.

La zone de Nara est formée par une cuvette comblée par des schistes cambriens à passées de calcaires dolomitiques et de grès à ciment calcaire. Les schistes sont souvent métamorphisés par des intrusions doléritiques Permo-carbonifères. L'épaisseur de la série serait de 300-500 m environ. La zone des Plateaux Mandingues est constituée par des formations grès-schisteuses de l'Infra-cambrien sur des centaines de mètres d'épaisseur, recouvertes par une cuirasse d'altération. Les intrusions doléritiques affleurent au sud sous forme de batholites de plusieurs centaines de km².

Les aquifères de deux formations sont du même type, discontinus et à perméabilité d'origine fissurale prédominante. Dans les aquifères des schistes cambriens les zones perméables sont plus discontinues que celles des grès cambriens et se développent moins en profondeur. Par contre les conditions de recharge sont assez bonnes du fait de la couverture sableuse qui permet une infiltration rapide des eaux de pluie. L'aquifère infra-cambrien est très hétérogène mais beaucoup moins discontinu. Le transfert de l'eau souterraine se fait à l'échelle de petits sous-bassins locaux et sur des petites distances. En raison de l'épaisseur du recouvrement, la nappe de fissures profonde est presque toujours surmontée d'une nappe superficielle qui joue un rôle de réservoir tampon accumulant les eaux d'infiltration et les redistribuant à la nappe sous-jacente.

Les données hydrogéologiques et hydrogéochimiques ont permis de mettre en évidence l'existence d'une recharge actuelle et un mélange avec des eaux plus anciennes. L'infiltration est liée en certains cas aux orages de plus fortes intensités, dans d'autres cas aussi aux petites averses. En régime naturel les eaux infiltrées sont en général reprises par évapotranspiration; en régime d'exploitation une fraction de cette recharge est récupérée soit quasi directement, soit indirectement en remplaçant des eaux prélevées dans les zones fissurées du substratum.

ANNEXE 1

PUBLICATIONS DE L'AIEA DANS LE DOMAINE DE L'HYDROLOGIE ISOTOPIQUE

1. "Isotopes in Hydrology" (STI/PUB/141), Proceedings of a Symposium held in Vienna, 14-18 November 1966.
2. "Radioactive Dating and Methods of Low-Level Counting" (STI/PUB/152), Proceedings of a Symposium held in Monaco, 2-10 March 1967.
3. "Isotope Hydrology 1970" (STI/PUB/255), Proceedings of a Symposium held in Vienna, 9-13 March 1970.
4. "Nuclear Well Logging in Hydrology" (STI/DOC/10/126), prepared by Working Group in Nuclear Techniques in Hydrology in the IHD, Vienna, 1971
5. "Tracer Techniques in Sediment Transport" (STI/DOC/10/145), Proceedings of a Panel Meeting held in Saclay, 21-25 June 1971.
6. "Soil Moisture and Irrigation Studies II" (STI/PUB/327), Proceedings of a Panel Meeting held in Vienna, 2-6 November 1970.
7. "Isotope Ratios as Pollutant Source and Behaviour Indicators" (STI/PUB/382), Proceedings of a Symposium held in Vienna, 18-22 November 1974.
8. "Isotope Techniques in Groundwater Hydrology" (STI/PUB/373), Proceedings of a Symposium held in Vienna, 11-15 March 1974.
9. "Interpretation of Environmental Isotope and Hydrochemical Data in Groundwater Hydrology" (STI/PUB/429), Proceedings of an Advisory Group Meeting held in Vienna, 27-31 January 1975.
10. "Nuclear Techniques in Geochemistry and Geophysics" (STI/PUB/425), Proceedings of a Panel Meeting held in Vienna, 25-29 November 1974.
11. "Behaviour of Tritium in the Environment" (STI/PUB/498), Proceedings of a Symposium held in San Francisco, 16-20 October 1978.
12. "Isotope Hydrology 1978" (STI/PUB/493), Proceedings of a Symposium held in Neuherberg, 19-23 June 1978.
13. "Isotopes in Lake Studies" (STI/PUB/511), Proceedings of an Advisory Group Meeting held in Vienna, 29 August - 2 September 1977.
14. "Nuclear Techniques in Groundwater Pollution Research" (STI/PUB/518), Proceedings of an Advisory Group Meeting held in Cracow, 6-9 December 1976.
15. "Statistical Treatment of Environmental Isotope Data in Precipitation" (STI/DOC/10/206), Vienna, 1981.

16. "Environmental Isotope Data No. 1 to No. 7 - World Survey of Isotope Concentration in Precipitation"

No. 1	(STI/DOC/10/96)	for the years	1953-1963
No. 2	(STI/DOC/10/117)	" " "	1964-1965
No. 3	(STI/DOC/10/129)	" " "	1966-1967
No. 4	(STI/DOC/10/147)	" " "	1968-1969
No. 5	(STI/DOC/10/165)	" " "	1970-1971
No. 6	(STI/DOC/10/192)	" " "	1972-1975
No. 7	(STI/DOC/10/226)	" " "	1976-1979.

18. "Stable Isotope Hydrology: Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle" (STI/DOC/10/210), Monograph prepared under the aegis of the IAEA/UNESCO Working Group on Nuclear Techniques in Hydrology of the IHP, Vienna, 1981.
19. "Methods of Low-Level Counting and Spetrometry" (STI/PUB/592), Proceedings of a Symposium held in Berlin (West), 6-10 April 1981.
20. "Paleoclimates and Paleowaters" (STI/PUB/621), Proceedings of an Advisory Group Meeting held in Vienna, 25-28 November 1980.
21. "Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology", 2nd Edition, (STI/DOC/10/91/2) prepared under the aegis of the IAEA/UNESCO Working Group on Nuclear Techniques in Hydrology of the IHP, Vienna, 1983.
22. "Isotope Techniques in the Hydrogeological Assessment of Potential Sites for the Disposal of High-Level Radioactive Wastes" (STI/DOC/10/223), Vienna, 1983.

ANNEXE II

LISTE DE QUELQUES PUBLICATIONS D'ETUDES ISOTOPIQUES EN AFRIQUE

Titre	Auteurs et date	Publication
Study, using stable isotopes, of flow distribution, surface-groundwater relations and evapotranspiration in the Okavango Swamp, Botswana	Dinçer, T., Hotton, L.G., Kupee, B.B.J. (1979)	"Isotope Hydrology 1978", Vol. I, 3-26 IAEA, Vienna
Discharge measurements of River Rufiji (Tanzania) with the use of artificial tritium	Dinçer, T., Florkowski, T., Salamba, S. (1983)	International Symposium on Isotope Hydrology in Water Resources Development, IAEA, Vienna.
Isotopic composition of groundwater in the Southern Sahara	Dray, M., Gonfiantini, R., Zuppi, G.M. (1983).	"Paleoclimates and Paleowaters: A collection of environmental isotope studies", 187-199, IAEA, Vienna.
The measurement of high discharges in turbulent rivers using tritium tracer	Florkowski, T., Davis, T.G., Wallander, B., Prabhaker, D.R.L. (1969)	J. Hydrology, <u>8</u> , 249-267
Deutérium et oxygène-18 dans les eaux du lac Tchad	Fontes, J.Ch., Gonfiantini, R., Roche, M.A. (1970)	"Isotope Hydrology 1970" 387-404, IAEA, Vienna
Isotopic composition of waters from the Danakil Depression	Gonfiantini, R., Borsi, S., Ferrara, G., Panichi, C., (1973)	Earth Planet. Sci. Lett <u>18</u> , 13-21.
Etude isotopique de la nappe du Continental Intercalaire et des relations avec les autres nappes du Sahara septentrional	Gonfiantini, R., Conrad, G., Fontes, J.Ch., Sauzay, G., Payne, B.R. (1974)	"Isotope Techniques in Groundwater Hydrology" 1974", Vol. I, IAEA, Vienna, 227-241.
Environmental isotope hydrology in the Hodna Region, Algeria	Gonfiantini, R., Dinçer, T., Derekoç, A.M. (1974)	"Isotope Techniques in Groundwater Hydrology 1974", Vol. I, IAEA, Vienna, 293-314.
Isotope investigation of Lake Malawi	Gonfiantini, R., Zuppi, G.M., Eccles, D.H., Ferro, W. (1979)	"Isotopes in Lake Studies", 195-207, IAEA Vienna.
Water balance of Lake Chala and its relation to groundwater from tritium and stable isotope data	Payne, B.R. (1970)	J. Hydrology <u>11</u> , 47-58.

Titre	Auteurs et date	Publication
Groundwater flow patterns in the Western Libyan Arab Jamahiriya evaluated from isotopic data	Salem, O., Visser, J.H., Dray, M., Gonfiantini, R. (1980)	"Arid-Zone Hydrology: Investigations with Isotope Techniques, 165, IAEA, Vienna.
Contribution des traceurs isotopiques naturels à l'étude de l'alimentation de la nappe phréatique de l'Oued Souss (Maroc)	Sauzay, G., Payne, B.R. (1974)	Bulletin BRGM (2) III <u>3</u> 227-243.

Tableau 1

Programmes de coopération technique en Afrique

Pays	Problème posé	Organisme responsable	Début du projet	Aide apportée par l'AIEA	Bourses accordées
<u>Algérie</u>	1. Hydrogéologie: Etude de la salinisation et des recharges dans les zones arides et semi-arides.	Centre des Sciences et Technologie Nucléaires	1983	1 mois d'expert	-
	2. Sédimentologie: Techniques nucléaires pour les études sur le transport des sédiments	"		US\$ 25,000 3 mois d'expert	
<u>Mali</u>	Applications des radioisotopes en hydrogéologie	Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie	1979	US\$ 165,400 Installation de matériel du laboratoire 10 mois d'expert	14 3*
<u>Niger</u>	Etude des potentialités et de la recharge des aquifères discontinues dans le Liptako nigérien à l'aide des traceurs isotopiques de l'environnement	Direction de l'Hydraulique Ministère des Mines et de l'Hydraulique	1981	US\$ 74,820 Equipement laboratoire véhicule	1
<u>Sénégal</u>	Etude isotopique des aquifères alimentant la ville de Dakar	Université de Dakar	1982	US\$ 5,000 1 mois d'expert	
<u>Soudan</u>	Application des techniques isotopiques à l'étude de recharge des eaux souterraines et la forme d'écoulement	National Water Administration	1982	US\$ 28,000 2 mois d'expert	1*
<u>Tanzanie</u>	Mesures de sédiments dans la région de Dodoma	Ministry of Water and Energy	1983	US\$ 25,000 2 mois d'expert	
<u>Zaire</u>	Des techniques nucléaires appliqués à la sédimentologie dynamique	Commissariat Général à l'Energie Atomique	1981	US\$ 24,800 4 mois d'expert	

* visites scientifiques

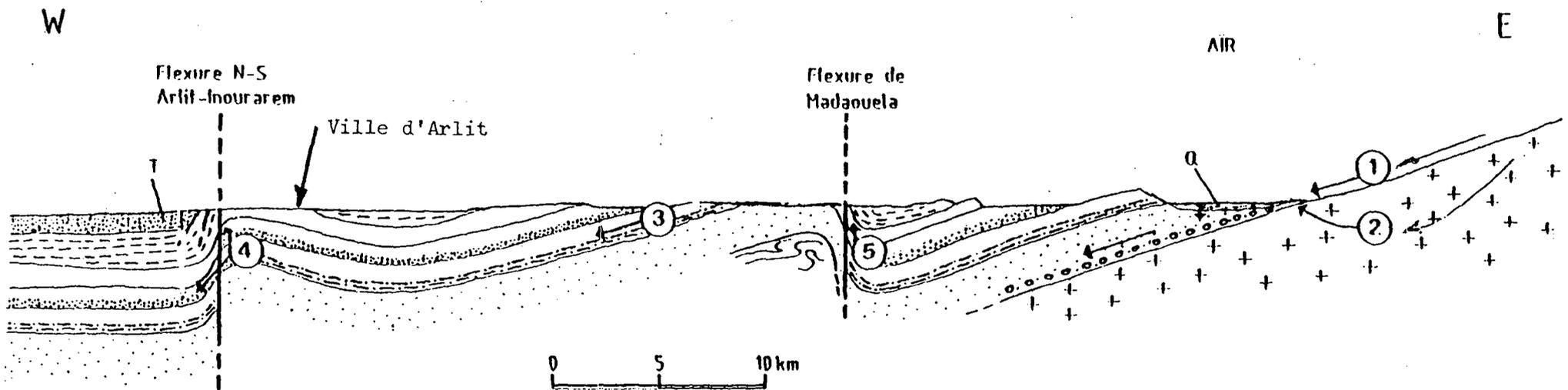
Tableau II

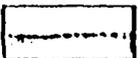
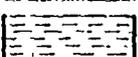
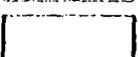
Contrats de recherche

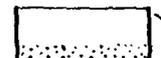
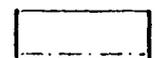
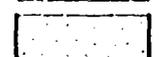
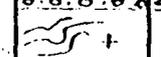
Pays	Problème posé	Chercheur responsable du projet	Aide apportée par l'AIEA
<u>Algérie*</u>	Etude de la zone non-saturée en région sous climat aride. Mise en évidence des mécanismes d'infiltration et évaporation à travers les sables dumaïres par les méthodes de l'hydrologie isotopique	Dr. B. Djermouni Organisme National de la Recherche Scientifique, Centre des Sciences et Technologie Nucléaires	Fourniture de matériel Prise en charge des analyses isotopiques
<u>Egypte*</u>	Etude des eaux souterraines dans la partie nord du désert oriental de l'Egypte	Dr. M.S. Hamza Atomic Energy Authority Nuclear Chemistry Department	Fourniture de matériel
<u>Sénégal</u>	Etude des isotopes du milieu dans les principaux aquifères du bassin sédimentologique du Sénégal	Dr. O. Dia Université de Dakar-Fann	Prise en charge des analyses isotopiques. Formation
<u>Tunisie</u>	Etude isotopique et géochimique de l'infiltration en zone non-saturée sous climat semi-aride	Dr. A. Mamou Direction des Ressources en Eau et en Sol, Gabès	Fourniture de matériel

* dans le cadre d'un programme de recherche coordonnée sur l'étude du transfert d'eau dans la zone non-saturée

Figure 1: Coupe schématique de la bordure sédimentaire du flanc ouest de l'Aïr à la hauteur d'Arlit



- Q  Quaternaire Alluvions fluvio-lacustres
- T  Trias Grès du Téloua
- P₂  Permien argilo-gréseux
- P₁  Permien Arkoses et grès

- C₃  Grès de Tarat
- C₂  Grès de Guezouman
- C₁  Serie de Tarada Grès de Teragh
-  Socle cristallin

12^{ème} Conseil des Ministres du CIEH

Journées Techniques

Yaoundé, 20-21 Février 1984

--o--

Doc/CIEH/JT/INV/ASECNA

4806

Le rôle de l'ASECNA dans le traitement
et l'archivage de données météorologiques

par

Mr. MANDINGUE

Directeur de l'Exploitation de la Météorologie
ASECNA

LE ROLE DE L'ASECNA DANS LE TRAITEMENT
ET L'ARCHIVAGE DE DONNEES METEOROLOGIQUES

La plupart des Etats membres du CIEH sont également membres de l'ASECNA. Il n'est donc pas besoin de présenter l'Agence dans son ensemble, mais peut-être est-il utile de préciser ses activités météorologiques qui peuvent apporter une contribution aux efforts que déploie le CIEH dans le domaine de l'exploitation des ressources en eau.

Les actions météorologiques de l'ASECNA intéressent deux secteurs principaux :

- La météorologie aéronautique (prévisions pour l'aviation, gestion du système de télécommunications météorologiques, veille météorologique d'aérodrome, équipement des stations, etc...)

- La climatologie (collecte et traitement des données météorologiques de base et édition régulière de certaines statistiques).

Pour mener à bonne fin et améliorer sans cesse ses prestations dans ces secteurs d'activité, une Division "Recherche et Développement" a été créée au sein de la Direction Météorologique de l'ASECNA en vue d'entreprendre des recherches en matière de météorologie tropicale et de développer certaines techniques utiles à la prévision des phénomènes météorologiques. C'est ainsi que plusieurs expériences ont été effectuées in situ et que nous avons pris part à plusieurs programmes internationaux de recherche. Par ailleurs, notre assistance est quelquefois sollicitée dans des domaines aussi différents que ceux de l'agriculture ou de la formation de jeunes universitaires dans les disciplines où la météorologie joue un rôle.

On peut donc constater qu'en dehors des activités purement liées à la sécurité de la navigation aérienne - mission essentielle de l'Agence - l'ASECNA met l'accent sur une meilleure connaissance des conditions climatiques en Afrique dont dépend le développement économique et social de nos pays.

Deux types de données sont traitées à l'ASECNA :

- Les données provenant des stations synoptiques, des postes climatologiques et des postes pluviométriques ;

- Les données recueillies lors d'expériences météorologiques particulières.

Les données courantes consistent en observations de surface et d'altitude. Les stations spécialisées fournissent des mesures des principaux paramètres météorologiques, par exemple, pression atmosphérique, couverture nuageuse, vent, phénomènes, etc...

Les autres stations fournissent quelques mesures de température, mais surtout des mesures de précipitations. Compte tenu de la disparité de la répartition des pluies en Afrique, ces compléments sont d'une importance primordiale tant pour les besoins de l'agriculture que pour ceux de l'hydrologie (études des bassins versants notamment).

En ce qui concerne les données "expérimentales", précisons qu'elles proviennent surtout de trois expériences.

Deux ont été entreprises par notre Bureau d'Etudes : la première en 1972 dans la boucle du Niger, la seconde en 1973 au Mali. Le but recherché était d'obtenir une meilleure connaissance de la formation et de l'évolution des phénomènes convectifs importants (lignes de grains) pouvant donner de très fortes précipitations.

La dernière expérience en date est certainement encore dans toutes les mémoires : il s'agit de WAMEX (West African Monsoon Expériment). Cette expérience, en fait un sous-programme régional de la PEMG, a surtout été planifiée pour l'étude de la mousson africaine.

Toutes les données synoptiques de surface et d'altitude, pour les 4 mois qu'a duré cette expérience, ont été rassemblées, traitées et archivées à DAKAR.

Un fichier spécial a été constitué et inclus dans le fichier général de la PEMG.

D'autres données, concernant plus particulièrement l'agrométéorologie, ont été traitées par le Centre d'Oran (Algérie) mais sont également disponibles à Dakar.

L'ASECNA dispose pour le traitement des données de deux ordinateurs:

- un petit système constitué par un IBM 3/10
- un système moyen organisé autour d'un B 1985 (Burroughs) bi-processeur, d'une capacité de 2 Mo en mémoire vive et d'environ 1000 Mo en mémoire périphérique.

La saisie des données météorologiques se fait au moyen d'un lecteur optique de marques, du type IBM 3881.

La banque de données de l'ASECNA contient des observations (depuis 1966) réparties selon des fichiers spécifiques :

- fichier synoptique
- fichier de pluies
- fichier d'observations quotidiennes
- fichier d'altitude.

Quelques publications sont régulièrement éditées :

- Résumé mensuel des observations en surface
- Pluies mensuelles
- Pluies quotidiennes
- Résumé annuel des observations en altitude
- Statistiques d'aérodromes.

On ne peut toutefois archiver les données telles quelles. Elles doivent absolument subir un contrôle de qualité avant de pouvoir être exploitées.

Ce contrôle a deux objectifs principaux :

- La détection d'erreurs grossières telles que celles pouvant provenir d'un mauvais codage ou d'une erreur de transmission ;
- La détection d'erreurs systématiques ou d'erreurs aléatoires.

Ce dernier point, en particulier, consiste à faire un contrôle spatial de cohérence. En fait, il s'agit de comparer les données d'une station avec celles fournies par les stations environnantes, ou bien avec celles relevées sur une grille. Un tel contrôle - très lourd en temps "machine" - ne peut être effectué que dans certains centres très bien équipés en matériel informatique.

Les contrôles de qualité effectués à l'ASECNA utilisent les procédures suivantes :

- Tous les paramètres provenant de données primaires sont testés par rapport à certaines limites physiques (ou logiques).

Nous avons trouvé que certaines "fourchettes" climatologiques couramment utilisées, ne convenaient pas en atmosphère tropicale. Nous avons donc été amenés à établir notre propre "atmosphère" de référence, utilisant pour cela les données disponibles en Afrique Occidentale et Centrale.

La plupart de ces tests de "vraisemblance" sont extrêmement simples et nous ne les décrivons pas. Citons seulement :

- Le mois doit être compris entre 1 et 12
- Il ne peut y avoir de 29 Février une année non bissextile
- etc...

A côté de ces premiers tests, certains contrôles sont appliqués tant sur les données de surface que sur celles d'altitude.

Pour les données de surface, il s'agit de tests de cohérence interne. Outre que certains paramètres ne peuvent prendre certaines valeurs (direction du vent supérieure à 36), ils sont comparés entre eux. C'est notamment le cas pour la couverture nuageuse, les météores, la pluie.

En ce qui concerne les données d'altitude, la redondance d'information contenue dans les sondages est utilisée pour établir un schéma de contrôle de cohérence verticale.

Ce contrôle peut être appliqué indifféremment à partir des messages eux-mêmes ou à partir des documents.

- En utilisant l'hypothèse de l'adiabatisme sec, on recalcule, niveau par niveau, la température, et on compare avec la donnée fournie. On admet qu'une inversion ne doit pas être supérieure à 10°C et que le profil de température ne doit pas être super-adiabatique.

- On recalcule les paramètres aux niveaux standards en partant de ceux connus aux niveaux significatifs.

- L'équation de l'hydrostatique permet de contrôler la cohérence des couples température / géopotential. Si possible, les données manquantes sont interpolées.

- Le cisaillement du vent est contrôlé pour la force seule et pour l'ensemble direction / force.

Lorsqu'une erreur est rencontrée, une valeur de remplacement est - si possible - calculée et proposée. Lorsque le traitement est fait en temps réel, la valeur erronée est automatiquement remplacée et cette correction est signalée sur le fichier d'archives.

Contrairement aux données synoptiques qui sont reportées sur support traitable directement en station, les données de pluies font l'objet d'un traitement un peu particulier.

Tout d'abord, chaque poste faisant des mesures de hauteur de pluie (postes pluviométriques ou postes climatologiques), reporte les relevés quotidiens sur un carnet spécialement créé à cet effet. Les carnets sont ensuite transmis, chaque mois, au service climatologique de la Direction de la Météorologie de l'Etat qui procède à un premier contrôle. C'est à ce niveau que les données sont encodées sur support traitable. Il n'y a guère, nous faisons appel à la technique des cartes "graphitées". Ces cartes devaient ensuite être "traduites" pour donner des cartes perforées classiques. Outre que ce procédé était long et générateur d'erreurs, le matériel devenait de plus en plus difficile à entretenir. Nous avons donc choisi de porter directement les données sur des coupons de lecture, sous forme de "marques" lues par un lecteur optique. Au cours de la lecture, les coupons subissent un premier contrôle formel (absence de codage, codage erroné) permettant de rejeter ceux comportant des erreurs grossières (identification notamment). Les coupons admis sont transcrits automatiquement sur bande magnétique, puis soumis à un contrôle de cohérence interne (concordance des totaux décennaires et mensuels, tant pour la hauteur que pour le nombre de jours de pluie). De plus toute donnée dépassant un record connu est extraite pour vérification auprès de la station d'origine.

Ce contrôle est encore imparfait, la critique des relevés de hauteurs de précipitations est extrêmement délicate et demande la mise en oeuvre de méthodes statistiques assez lourdes.

De plus, comme cela a déjà été souligné, le caractère très "individuel" des pluies dans nos régions (pluies d'orage) ne se prête guère aux tests de cohérence spatiale.

En plus de ces activités "institutionnelles" l'ASECNA prête son concours aux divers organismes internationaux ou multinationaux, notamment en matière de fourniture de données.

Actuellement deux études sont en cours, conjointement avec l'ORSTOM et le CIEH.

a) - L'ORSTOM nous a communiqué toutes les données de pluies dont il disposait. Certaines remontent à la fin du 19^{ème} siècle. Nous sommes donc en train d'intégrer ces données à notre propre fichier qui, lui, débute en 1966, de manière à constituer des séries chronologiques aussi complètes que possible ;

b) - Toujours avec l'ORSTOM, sous l'égide du CIEH, nous sommes en train de préparer une publication des pluies quotidiennes. Inutile de préciser qu'il s'agit d'un travail très lourd qui demandera des missions spécialisées pour la collecte des données manquantes et la vérification, au passage, de certaines données litigieuses et, last but not least, la critique de ces données.

Il est normal que la Direction de la Météorologie de l'ASECNA s'occupe de la gestion des données météorologiques. Il est très heureux qu'elle puisse contribuer, aux côtés d'institutions aussi réputées que le CIEH et l'ORSTOM, à l'amélioration de ce capital inestimable que constitue une banque de données climatologiques.

12ème Conseil des Ministres du CIEH

Journées Techniques
Yaoundé, 20-21 Février 1984

--o--

Doc/CIEH/JT/INV/ASECNA

Le rôle de l'ASECNA dans le traitement
et l'archivage de données météorologiques

par

Dinh B.A. MANDENGUE
Ingénieur en Chef de la Météorologie

Directeur de l'Exploitation de la Météorologie
Direction Générale de l'ASECNA

DAKAR

LIBRARY

4806
Centre National de Recherche Scientifique
et Technologique

LE ROLE DE L'ASECNA DANS LE TRAITEMENT
ET L'ARCHIVAGE DE DONNEES METEOROLOGIQUES

La plupart des Etats membres du CIEH sont également membres de l'ASECNA. Il n'est donc pas besoin de présenter l'Agence dans son ensemble, mais peut-être est-il utile de préciser ses activités météorologiques qui peuvent apporter une contribution aux efforts que déploie le CIEH dans le domaine de l'exploitation des ressources en eau.

Les activités météorologiques de l'ASECNA intéressent deux secteurs principaux :

- La météorologie aéronautique (prévisions pour l'aviation, gestion du système de télécommunications météorologiques, veille météorologique d'aérodrome, équipement des stations, etc...) ;

- La climatologie (collecte et traitement des données météorologiques de base et édition régulière de certaines statistiques).

Pour mener à bonne fin et améliorer sans cesse ses prestations dans ces secteurs d'activité, une Division "Recherche et Développement" a été créée au sein de la Direction Météorologique de l'ASECNA en vue d'entreprendre des recherches en matière de météorologie tropicale et de développer certaines techniques utiles à la prévision des phénomènes météorologiques. C'est ainsi que plusieurs expériences ont été effectuées in situ et que nous avons pris part à plusieurs programmes internationaux de recherche. Par ailleurs, notre assistance est quelquefois sollicitée dans des domaines aussi différents que ceux de l'agriculture ou de la formation de jeunes universitaires dans les disciplines où la météorologie joue un rôle.

On peut donc constater qu'en dehors des activités purement liées à la sécurité de la navigation aérienne - mission essentielle de l'Agence - l'ASECNA met l'accent sur une meilleure connaissance des conditions climatiques en Afrique dont dépend le développement économique et social de nos pays.

Deux types de données sont traitées à l'ASECNA :

- Les données provenant des stations synoptiques, des postes climatologiques et des postes pluviométriques ;
- Les données recueillies lors d'expériences météorologiques particulières.

Les données courantes consistent en observations de surface et d'altitude. Les stations spécialisées fournissent des mesures des principaux paramètres météorologiques, par exemple, pression atmosphérique, couverture nuageuse, vent, phénomènes, etc...

Les autres stations fournissent quelques mesures de température, mais surtout des mesures de précipitations. Compte tenu de la disparité de la répartition des pluies en Afrique, ces compléments sont d'une importance primordiale tant pour les besoins de l'agriculture que pour ceux de l'hydrologie (études des bassins versants notamment).

En ce qui concerne les données "expérimentales", précisons qu'elles proviennent surtout de trois expériences.

Deux ont été entreprises par notre Bureau d'Etudes : la première en 1972 dans la boucle du Niger, la seconde en 1973 au Mali. Le but recherché était d'obtenir une meilleure connaissance de la formation et de l'évolution des phénomènes convectifs importants (lignes de grains) pouvant donner de très fortes précipitations.

La dernière expérience en date est certainement encore dans toutes les mémoires : il s'agit de WAMEX (West African Monsoon Expériment). Cette expérience, en fait un sous-programme régional de la PEMG, a surtout été planifiée pour l'étude de la mousson africaine (Mai - Août 1979).

Toutes les données synoptiques de surface et d'altitude, pour les 4 mois qu'a duré cette expérience, ont été rassemblées, traitées et archivées à DAKAR.

Un fichier spécial a été constitué et inclus dans le fichier général de la PEMG.

D'autres données, concernant plus particulièrement l'agrométéorologie, ont été traitées par le Centre d'Oran (Algérie) mais sont également disponibles à Dakar.

L'ASECNA dispose pour le traitement des données de deux ordinateurs :

- un petit système constitué par un IBM 3/10
- un système moyen organisé autour d'un B 1985 (Burroughs) bi-processeur, d'une capacité de 2 Mo en mémoire vive et d'environ 1000 Mo en mémoire périphérique.

La saisie des données météorologiques se fait au moyen d'un lecteur optique de marques, du type IBM 3881.

La banque de données de l'ASECNA contient des observations (depuis 1966) réparties selon des fichiers spécifiques :

- fichier synoptique
- fichier de pluies
- fichier d'observations quotidiennes
- fichier d'altitude.

Quelques publications sont régulièrement éditées :

- Résumé mensuel des observations en surface
- Pluies mensuelles
- Pluies quotidiennes
- Résumé annuel des observations en altitude
- Statistiques d'aérodromes.

On ne peut toutefois archiver les données telles quelles. Elles doivent absolument subir un contrôle de qualité avant de pouvoir être exploitées.

Ce contrôle a deux objectifs principaux :

- La détection d'erreurs grossières telles que celles pouvant provenir d'un mauvais codage ou d'une erreur de transmission ;
- La détection d'erreurs systématiques ou d'erreurs aléatoires.

Ce dernier point, en particulier, consiste à faire un contrôle spatial de cohérence. En fait, il s'agit de comparer les données d'une station avec celles fournies par les stations environnantes, ou bien avec celles relevées sur une grille. Un tel contrôle - très lourd en temps "machine" - ne peut être effectué que dans certains centres très bien équipés en matériel informatique.

Les contrôles de qualité effectués à l'ASECNA utilisent les procédures suivantes :

- Tous les paramètres provenant de données primaires sont testés par rapport à certaines limites physiques (ou logiques).

Nous avons trouvé que certaines "fourchettes" climatologiques couramment utilisées, ne convenaient pas en atmosphère tropicale. Nous avons donc été amenés à établir notre propre "atmosphère" de référence, utilisant pour cela les données disponibles en Afrique Occidentale et Centrale.

La plupart de ces tests de "vraisemblance" sont extrêmement simples et nous ne les décrirons pas. Citons seulement :

- Le mois doit être compris entre 1 et 12
- Il ne peut y avoir de 29 Février une année non bissextile
- etc...

A côté de ces premiers tests, certains contrôles sont appliqués tant sur les données de surface que sur celles d'altitude.

Pour les données de surface, il s'agit de tests de cohérence interne. Outre que certains paramètres ne peuvent prendre certaines valeurs (direction du vent supérieure à 36), ils sont comparés entre eux. C'est notamment le cas pour la couverture nuageuse, les météores, la pluie.

En ce qui concerne les données d'altitude, la redondance d'information contenue dans les sondages est utilisée pour établir un schéma de contrôle de cohérence verticale.

Ce contrôle peut être appliqué indifféremment à partir des messages eux-mêmes ou à partir des documents.

- En utilisant l'hypothèse de l'adiabaticisme sec, on recalcule, niveau par niveau, la température, et on compare avec la donnée fournie. On admet qu'une inversion ne doit pas être supérieure à 10°C et que le profil de température ne doit pas être super-adiabatique.

- On recalcule les paramètres aux niveaux standards en partant de ceux connus aux niveaux significatifs.

- L'équation de l'hydrostatique permet de contrôler la cohérence des couples température / géopotential. Si possible, les données manquantes sont interpolées.

- Le cisaillement du vent est contrôlé pour la force seule et pour l'ensemble direction / force.

Lorsqu'une erreur est rencontrée, une valeur de remplacement est - si possible - calculée et proposée. Lorsque le traitement est fait en temps réel, la valeur erronée est automatiquement remplacée et cette correction est signalée sur le fichier d'archives.

Contrairement aux données synoptiques qui sont reportées sur support traitable directement en station, les données de pluies font l'objet d'un traitement un peu particulier.

Tout d'abord, chaque poste faisant des mesures de hauteur de pluie (postes pluviométriques ou postes climatologiques), reporte les relevés quotidiens sur un carnet spécialement créé à cet effet. Les carnets sont ensuite transmis, chaque mois, au service climatologique de la Direction de la Météorologie de l'Etat qui procède à un premier contrôle. C'est à ce niveau que les données sont encodées sur support traitable. Il n'y a guère, nous faisons appel à la technique des cartes "graphitées". Ces cartes devaient ensuite être "traduites" pour donner des cartes perforées classiques. Outre que ce procédé était long et générateur d'erreurs, le matériel devenait de plus en plus difficile à entretenir. Nous avons donc choisi de porter directement les données sur des coupons de lecture, sous forme de "marques" lues par un lecteur optique. Au cours de la lecture, les coupons subissent un premier contrôle formel (absence de codage, codage erroné) permettant de rejeter ceux comportant des erreurs grossières (identification notamment). Les coupons admis sont transcrits automatiquement sur bande magnétique, puis soumis à un contrôle de cohérence interne (concordance des totaux décennaires et mensuels, tant pour la hauteur que pour le nombre de jours de pluie). De plus toute donnée dépassant un record connu est extraite pour vérification auprès de la station d'origine.

Ce contrôle est encore imparfait, la critique des relevés de hauteur de précipitations est extrêmement délicate et demande la mise en oeuvre de méthodes statistiques assez lourdes.

De plus, comme cela a déjà été souligné, le caractère très "individuel" des pluies dans nos régions (pluies d'orage) ne se prête guère aux tests de cohérence spatiale.

Le traitement des données pluviométriques ne se limite pas à un simple contrôle avant archivage, ni à la publication d'un état quotidien ou mensuel.

Les besoins exprimés par les divers usagers nous ont conduit à effectuer trois types d'analyses :

a) - Une "annexe pluviométrique" au résumé mensuel d'observations en surface. Ce document donne, pour chaque pays et pour chaque poste :

- le total mensuel
- la normale et sa période de référence
- le quintile dans lequel se situe le total du mois
- le rapport à la normale
- le nombre de jours où les précipitations ont été égales ou supérieures à certains seuils (1, 5, 10 mm, ...)
- le maximum quotidien du mois
- la valeur et la date du record quotidien

Ce type de renseignements est demandé assez souvent par des industries (construction notamment).

b) - Une carte des isohyètes mensuelles qui permet de visualiser la quantité et la répartition des précipitations ;

c) - Des cartes de pourcentages d'eau recueillie par rapport à la normale. Ces cartes sont établies mensuellement, de Mai à Octobre, pendant la saison des pluies ("hivernage" de l'Afrique Occidentale). On établit également les pourcentages cumulés sur 2, 3, 4 et 5 mois.

Ce type d'analyse a été expérimenté pour la première fois pendant l'ETGA (été 1974), pour les besoins de nos propres recherches. Il s'agissait d'étudier les liaisons entre la distribution et l'intensité des pluies en Afrique de l'Ouest et les lieux de formation des phénomènes convectifs étendus (lignes de grains). Pour ce faire, les stations synoptiques envoyaient - et envoient toujours - des relevés décennaires par messages.

Il faut toutefois manier ce type de cartes avec beaucoup de précaution. En effet, un rapport à la normale n'a de véritable signification que si la valeur de la normale est elle-même représentative, c'est-à-dire, d'une part, qu'elle ne soit pas trop faible, et, d'autre part, qu'elle ait été calculée à partir d'un nombre suffisant de jours de pluie. (on se heurte toujours au problème de la "normale" établie à partir d'une pluie unique dans le mois, ce qui est le cas dans les endroits semi-désertiques).

Néanmoins, cette visualisation continue et quasi instantanée de la distribution des pluies tout au long de la saison des pluies, permet quelquefois avant toute analyse "approfondie" (forcément a posteriori), de définir une stratégie de planification, notamment pour les Services de l'Agriculture.

De fait, si ces analyses sont régulièrement transmises aux Représentations de l'ASECNA, elles le sont aussi, et à leur demande, à certains services nationaux (RWANDA par exemple), à des organismes multinationaux à vocation agricole comme l'OCLALAV (Organisation Commune de lutte anti-acridienne et anti-aviaire), et même à des Instituts de recherche (pluie provoquée).

En plus de ces activités "institutionnelles" l'ASECNA prête son concours aux divers organismes internationaux ou multinationaux, notamment en matière de fourniture de données.

Actuellement deux études sont en cours, conjointement avec l'ORSTOM et le CIEH.

a) - L'ORSTOM nous a communiqué toutes les données de pluies dont il disposait. Certaines remontent à la fin du 19ème siècle. Nous sommes donc en train d'intégrer ces données à notre fichier qui, lui, débute en 1966, de manière à constituer des séries chronologiques aussi complètes que possible ;

b) - Toujours avec l'ORSTOM, sous l'égide du CIEH, nous sommes en train de préparer une publication des pluies quotidiennes. Inutile de préciser qu'il s'agit d'un travail très lourd qui demandera des missions spécialisées pour la collecte des données manquantes et la vérification, au passage, de certaines données litigieuses et, last but not least, la critique de ces données.

Il est normal que la Direction de la Météorologie de l'ASECNA s'occupe de la gestion des données météorologiques. Il est très heureux qu'elle puisse contribuer, aux côtés d'institutions aussi réputées que le CIEH et l'ORSTOM, à l'amélioration de ce capital inestimable que constitue une banque de données climatologiques.

12^e CONSEIL DES MINISTRES
DU COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES
YAOUNDE 20-26 FEVRIER 1984

**PROGRAMME D'ETUDES
DU BUREAU CENTRAL D'ETUDES
POUR LES EQUIPEMENTS D'OUTRE-MER (BCEOM)
DANS LES PAYS MEMBRES DU CIEH**

Secteur d'activité : Hydraulique et Développement Rural

M. DIOP



BCEOM

FEVRIER 1984

12^e CONSEIL DES MINISTRES
DU COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES
YAOUNDE 20-26 FEVRIER 1984

PROGRAMME D'ETUDES
DU BUREAU CENTRAL D'ETUDES
POUR LES EQUIPEMENTS D'OUTRE-MER (BCEOM)
DANS LES PAYS MEMBRES DU CIEH

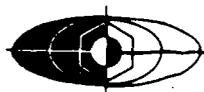
Secteur d'activité : Hydraulique et Développement Rural

M. DIOP

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (IRC)
P.O. Box 93130, 2509 AD The Hague
Tel. (070) 814911 ext. 141/142

RN: 04806
LO:

LIBRARY
KD 4806
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (IRC)
P.O. Box 93130, 2509 AD The Hague



BCEOM

FEVRIER 1984

S O M M A I R E

PREAMBULE

I - PRESENTATION DU SECTEUR D'ACTIVITES ET DE SES SPECIFICITES

- I.1. - Etude du régime des eaux, de leur contrôle et de leur utilisation
- I.2. - Aménagement des eaux et Développement rural
- I.3. - Etudes économiques et financières - Aide à la décision.

II - PRINCIPALES ETUDES MENEES PAR LE B.C.E.O.M.

- II.1. - Pour le C.I.E.H.
- II.2. - Au CAMEROUN
- II.3. - En COTE D'IVOIRE
- II.4. - Au GABON
- II.5. - Au NIGER
- II.6. - En MAURITANIE
- II.7. - Au SENEGAL
- II.8. - Au TOGO

III - PROPOSITION D'ETUDE

P R E A M B U L E

Les pays membres du CIEH dont la plupart sont Sahéliens, ont une économie qui repose sur l'agriculture dont la productivité reste faible, eu égard à la sécheresse qui est devenue un caractère commun à ces Etats. L'élevage qui est une des principales ressources se pratique de façon extensive. Seuls quelques pays exploitent des ressources minières : fer, cuivre, phosphates, manganèse

Devant les effets nefastes des aléas climatiques, il s'agit de mobiliser toutes les ressources humaines et naturelles disponibles, tant à l'intérieur des pays du CIEH qu'à l'extérieur, pour redresser, reconstruire, et surtout pour prendre les mesures indispensables afin de mieux contrôler ces situations si elles se reproduisent dans l'avenir, comme cela est malheureusement probable.

L'un des objectifs prioritaires des pays membres étant l'auto-suffisance alimentaire, il convient pour y parvenir d'orienter davantage les efforts vers la recherche et la maîtrise de l'eau, source essentielle de vie, l'accroissement de la production agricole par la mise en valeur de nouvelles terres, l'amélioration des rendements, la protection des cultures, et la mise en place des magasins de stockage, l'extension et la modernisation des moyens de transport.

Le BCEOM par ses interventions dans différents domaines connaît les problèmes qui se posent à la plupart des pays du CIEH pour y avoir travaillé de façon continue depuis sa création en 1949.

Mais dans chacun de ces domaines, qu'il s'agisse de développement rural, de développement urbain ou de transports, il ne suffit pas de traiter les problèmes techniques et économiques. D'une manière générale, en matière de développement c'est l'homme qui doit être pris d'abord en considération : s'il

n'est pas associé à l'étude et à la réalisation d'un projet, celui-ci, aussi bon soit-il, est compromis.

A cet égard, l'expérience que nous avons acquis sur le terrain et dans les actions de formation est précieuse.

Le but de cette note est d'exposer succinctement ce que le BCEOM a déjà fait, est en train de faire ou doit entreprendre, dans les pays du CIEH pour participer à la grande oeuvre de coopération humaine qui se manifeste actuellement dans le monde entier.

Cette note est axée sur l'une des activités importantes du BCEOM : l'hydraulique (aménagement des eaux) appliquée aux projets de développement rural (irrigation, drainage) ou urbain (assainissement).

I - PRESENTATION DU SECTEUR D'ACTIVITE ET DE SES SPECIFICITES

Dans le secteur de l'hydraulique, le BCEOM intervient dans trois grands domaines :

- étude du régime des eaux, de leur contrôle et de leur utilisation
- aménagement des eaux et développement rural
- études économiques et financières, études d'aide à la décision.

I.1. - Etudes du régime des eaux, de leur contrôle et de leur utilisation

- Ces études permettent de caractériser le régime d'écoulement des eaux et de mettre à la disposition des aménageurs des renseignements fondamentaux qui leur sont nécessaires pour utiliser ces eaux et au besoin s'en protéger.
- Elles permettent une application sur l'annonce des crues et la protection contre les inondations.

Il s'agit ici, sur le plan technique, après un inventaire des zones inondables, de définir les mesures de défense envisageables et de dimensionner les ouvrages en fonction de la sécurité que l'on veut obtenir (barrages, endiguements, calibrage, curage, etc...).

Il faut souligner que la seule étude de ces ouvrages n'est pas suffisante et qu'il faut, pour aboutir à un plan plus cohérent de défense contre les inondations, la coordonner avec des mesures plus légères (mesures temporaires) et réglementaires (utilisation des sols en fonction du risque d'inondation) avec bien entendu une analyse économique parallèle.

- Un autre domaine concerné est l'application à l'hydraulique routière pour le calcul des débouchés d'ouvrages de franchissement des cours d'eau et de l'assainissement des chaussées. On mentionnera également les recherches accompagnées relatives à la fixation des lits des cours d'eau et à leur correction (épis, seuils) et à la protection des berges (gabions).

- La planification des ressources en eau et la maîtrise des eaux est également une des composantes de ce chapitre qui mérite d'être évoqué. Les études relatives à ce domaine impliquent l'inventaire des besoins de toute nature (en quantité avec sa modulation et en qualité) ainsi que leur projection et leur comparaison avec les disponibilités mises en évidence par les études préalables en tenant compte, par ailleurs des eaux souterraines. Après le bilan d'ensemble, il est ainsi possible de dégager un premier schéma de répartition et de mettre en évidence les insuffisances régionales. Les moyens d'accroître ces ressources peuvent être définis par l'étude de barrages réservoirs, des barrages souterrains etc... Suivent alors les études de meilleure utilisation des ouvrages à buts multiples faisant intervenir une analyse économique et la définition de la séquence d'investissements nécessaires pour planifier les réalisations en fonction des besoins.

I.2. - Aménagement des eaux et développement rural

Dans ce domaine non moins important, le BCEOM réalise des études d'irrigation et de drainage, ainsi que des études d'ouvrages de petite hydraulique pour l'alimentation en eau des populations et des troupeaux. .

- Irrigation et drainage : Les études relatives à ce domaine comportent trois étapes principales :

- . Etude du milieu physique
- . Etude du milieu humain
- . Etude des systèmes d'aménagement.

. Etude du milieu physique traitant différents aspects :

* Les problèmes d'eau pour connaître, avec quelle sécurité un volume d'eau peut être assuré et si nécessaire régularisé par des ouvrages,

* aspect climatologique, afin de connaître le milieu dans lequel pousse la plante,

* étude des potentiabilités en sols classement par types, ap-

titudes culturelles, contraintes de mise en valeur (salinité, drainage, texture ...).

* Topographie en fonction des types de sols et influant sur l'aptitude à l'irrigation, le mode d'irrigation et les façons culturales à préconiser.

. Etude du milieu humain : Cette étude est d'importance capitale car il est nécessaire de bien comprendre les motivations des populations et leurs capacités, afin de pouvoir les associer aux actions de développement de leur terroir et les faire évoluer vers des techniques plus performantes et maîtrisables par elles. Cette étude porte plus particulièrement sur l'aspect socio-démographique et économique, complétée par un examen détaillé des activités agricoles et d'élevage, les techniques culturales utilisées, des rendements, du système foncier ainsi que de l'organisation de la production.

. Etude des systèmes d'aménagement : Cette troisième étape porte sur un ensemble d'investigations tels que le choix des cultures et des assolements, le choix du procédé d'irrigation (en veillant sur l'économie de l'eau), les infrastructures (réseaux et ouvrages d'irrigation et de drainage), les supports de commercialisation et de traitement, l'organisation des exploitations agricoles et la gestion des périmètres l'encadrement et enfin les expériences d'accompagnement.

L'ensemble aboutit à une estimation des coûts d'infrastructures et des frais de fonctionnement correspondants. Ces études techniques et d'organisation se font à divers stades : schéma directeur, avant-projet (qui du point de vue économique correspond à l'étude de factibilité), projet d'exécution.

- Hydraulique Rurale :

Dans ce domaine, le BCEOM peut apporter un complément sur l'inventaire des ressources en eaux souterraines lorsque celui-ci est insuffisant, définit des types d'ouvrages nécessaires pour en assurer la meilleure exploitation possible et, enfin d'étudier les possibilités d'améliorer le stockage des eaux souterraines (barrages souterrains) ou superficielles (mares artificielles, retenues collinaires).

- Micro-centrales hydroélectriques :

L'énergie hydraulique représente un potentiel énorme d'énergie renouvelable dans un grand nombre de pays. Cette énergie connaît un regain d'intérêt depuis la crise pétrolière, ce qui entraîne une évolution des techniques et des moyens d'intervention à laquelle le BCEOM apporte sa contribution depuis 1972.

Les interventions spécifiques dans ce domaine porte sur :

- . L'analyse des besoins en énergie électrique des centre urbains ou ruraux et prévisions de l'évolution de la demande,

- . l'inventaire des sites hydroélectriques par photo interprétation, étude hydrologique et topographique,

- . l'étude de factibilité technico-économique, des sites, choix des puissances à installer et du matériel adapté, analyse des coûts (production, transport, distribution), comparaison économique avec d'autres sources d'énergie alternatives,

- . le choix et l'étude des équipements (génie civil, matériel hydraulique, matériel électromécanique, lignes de transport d'énergie ...),

- . le contrôle des travaux et la formation du personnel.

- Conservation des eaux et du sol (CES) - Défense et restauration des sols (DRS)

Dans certaines régions d'AFRIQUE toute action de développement doit nécessairement passer par la protection et la conservation du milieu naturel (exemple de la MAGGIA au NIGER).

Les phénomènes d'érosion qui agissent par altération du sol et transport des ma-

tériaux par l'eau et le vent, méritent sinon d'être freinés, du moins d'être atténués par des aménagements de CES DRS dans des zones où l'équilibre écologique est très précaire.

Dans le domaine de CES-DRS, le BCEOM peut apporter sa compétence, sous forme d'interventions légères et surtout sous forme de formation/action après identification préalable des zones à aménager.

Cette formation/action porte sur l'étude et la mise en oeuvre de techniques spécifiques de pratiques culturales, de haies d'arbres, de fossés de drainage, de banquettes isohypses, de murets de retenue d'eau ...

La spécificité de ce domaine conduit à une méthodologie d'animation, un processus de décision et un circuit de financement/réalisation en rapport avec les superficies à aménager et à partir d'initiatives villageoises et/ou des cadres de terrain ou des ONG.

I.3. - ETUDES ECONOMIQUES ET FINANCIERES - AIDE A LA DECISION

- Les études économiques complètent habituellement les études d'infrastructures mentionnées ci-dessus. Elles permettent non seulement de faire un choix entre variantes, mais surtout de comparer le flux des coûts à celui des bénéfices au moyen des calculs d'actualisation. (détermination par exemple du taux de rentabilité interne).

Suivant l'importance du projet ces études économiques peuvent avoir un impact local, ou au contraire donner lieu à des études plus générales. En effet, il faut toujours déterminer avec précision les relations du projet avec les autres activités sectorielles et replacer celui-ci dans les perspectives de développement régional, et parfois national.

Pour les études de périmètres d'irrigation, on a toujours l'habitude d'apprécier l'effet économique tant au niveau global qu'à celui de l'exploitation agricole. Les études économiques permettent également d'optimiser la taille d'un aménagement lorsque celui-ci est à buts multiples. Enfin, elles définissent la séquence optimale d'investissements pour satisfaire les différentes étapes du développement prévu.

- Les études financières ont pour but de préciser le crédits nécessaires aux différentes étapes, en comparant dépenses et recettes et en étudiant leur ventilation possible entre toutes les parties concernées. En conséquence, elles permettent de répartir les charges financières des aménagements entre ces parties. Un des principes qui nous parait important est d'accompagner les études économiques d'une analyse minutieuse des conséquences des projets qui ne peuvent être évalués en termes monétaires.

Pour prendre en considération l'ensemble de ces facteurs, il peut être utile de recourir à divers systèmes de pondération, ou à une analyse multicritères. Il peut aussi être fait appel aux techniques de raisonnement de la Rationalisation des choix budgétaires (RCB), afin d'adapter les moyens financiers aux objectifs poursuivis.

- Les études d'aide à la décision peuvent quant à elle, être utilisées dans le cadre de l'étude d'un plan de développement régional. Dans un tel cas, des équipes pluridisciplinaires de spécialistes sont constituées dans les différentes divisions techniques du BCEOM.

II - PRINCIPALES ETUDES MENEES PAR LE BCEOM

II.1. - Pour le CIEH :

Etude en cours : "Conception générale des systèmes d'assainissement urbain dans le contexte Africain".
(Aspect technique).

Financement : FAC : Projet 121/CD/82/VI/160/12

Durée : 10 mois

Etat d'avancement : Edition du rapport provisoire.

. Généralités :

Le Comité Inter Africain d'Etudes Hydrauliques a confié au B.C.E.O.M. la phase 2a ("analyse des aspects techniques") de l'étude préliminaire que le C.I.E.H. a engagée (référence A S 2/3 + 4) : "Critères de choix et dispositions à prendre pour assainir les agglomérations dans le contexte économique et socio-culturel africain". L'étude est financée par le Ministère français de la Coopération et du Développement sur projet FAC 121/CD/82/VI/160/12.

Les débats relatifs aux problèmes posés par l'assainissement des zones urbaines au cours du 11ème conseil du C.I.E.H. à YAOUNDE en février 1982 ont mis en évidence les insuffisances dont souffraient les services techniques des Etats Membres lors de mise en oeuvre d'une opération d'assainissement, du fait :

- " - de l'absence d'informations et de critères permettant le choix entre diverses options d'assainissement et la conception de systèmes adaptés au contexte local ;
- des difficultés de fonctionnement et d'entretien des systèmes d'assainissement ;
- de la faiblesse de l'organisation du secteur et de l'absence de réglementation ;"

. Contexte de l'étude :

L'étude confiée au B.C.E.O.M. s'inscrit ainsi dans le cadre plus général de l'étude engagée par le C.I.E.H. qui comporte les phases suivantes :

- 1 - Enquête d'évaluation dans les Etats Membres du Comité.
- 2 - Outre la présente étude relative aux seuls aspects techniques, une étude des aspects institutionnels et financiers.
- 3 - La synthèse des études précédentes permettant de présenter des recommandations pour la conception et la réalisation d'aménagements adaptés, et la définition d'un programme de recherches ultérieures.

. Position du problème :

Les spécificités des objectifs et des contraintes d'une opération d'assainissement urbain dans le contexte africain n'ont pas toujours été suffisamment analysées avant l'élaboration des projets. La transposition de solutions techniques qui ont pu faire leur preuve en EUROPE, même si, pour leur mise en oeuvre en Afrique, elles comportent quelques adaptations, conduit assez souvent à un échec d'autant plus grave que les investissements d'assainissement sont lourds pour des économies fragiles.

Il apparait qu'une part importante des échecs constatés est due à la faiblesse des études préalables. Les projets élaborés se contentent le plus souvent de définir à priori des technologies et des dispositifs techniques qui sont ensuite plus ou moins adaptés aux contraintes locales, sans s'être demandé au préalable à quels objectifs spécifiques ils devaient répondre ni dans quel contexte particulier ils devaient s'insérer.

De cette constatation, découle la nécessité d'aborder beaucoup plus en amont les études d'assainissement, l'assainissement n'étant plus conçu comme une fin en soi, mais replacé dans un contexte plus général. Cette approche nouvelle

du problème de l'assainissement, conduit ainsi à l'identification des contraintes et à la définition des objectifs, après diagnostic de la situation actuelle, indépendamment de toute intention technique sur la solution à proposer.

Une telle démarche peut aussi bien aboutir à la proposition de solutions classiques qu'à la mise en évidence de réponses plus originales que n'aurait pas permis une approche plus conventionnelle de l'assainissement. Logiquement, il n'est donc pas exclu qu'une telle analyse aboutisse à la conclusion de l'inutilité d'un aménagement particulier dans un secteur donné.

Cette démarche montre également que même les solutions techniques les mieux adaptées (qui ne peuvent être que le meilleur compromis entre les objectifs et les contraintes) n'apporteront pas seules la réponse au problème de l'assainissement, mais qu'elles doivent être conçues comme faisant partie d'une action plus générale qui devra inclure des mesures complémentaires au niveau institutionnel, réglementaire et financier. Ces mesures qui conditionnent la pérennité des ouvrages projetés, doivent aller de pair, voire précéder l'élaboration du projet pour ne pas se limiter, comme c'est le cas lorsqu'elles sont mises en oeuvre ultérieurement, à tenter de pallier aux insuffisances des solutions techniques.

. Objet et orientation de l'étude :

La présente étude ne s'attache qu'aux aspects techniques de la démarche évoquée ci-dessus. Elle a pour objectifs essentiels de sensibiliser le Maître d'Ouvrage en lui présentant la diversité des solutions techniques et un cadre de réflexion lui permettant par étapes successives de choisir la solution la plus adaptée.

Dans sa démarche, l'étude prévoit les principales étapes de réflexion suivantes :

- Analyse des objectifs et des contraintes, diagnostic de la situation actuelle.

- Fixation des grands choix préliminaires sur l'échelle de l'aména-

gement et le niveau de satisfaction.

- Choix des principales filières.
- Présentation des technologies et dispositifs adaptés aux résultats de l'analyse précédente et choix final des ouvrages.
- Conception des ouvrages retenus : méthodes de calcul et dispositions constructives particulières.

L'expérience se révélant parfois insuffisante pour fixer certains critères de choix ou pour le quantifier, l'étude propose enfin un certain nombre de directions dans lesquelles des recherches ou des études complémentaires devraient être entreprises.

II.2 - AU CAMEROUN : "Etude des conséquences de la mise en eau du barrage hydro-électrique d'IKOM sur la CROSS RIVER".

- Etude en projet
- Groupement : SEDA - BCEOM - GERSAR
- Limites géographiques et périmètre de l'étude (cf carte jointe).

Le secteur de l'étude comprend :

- . la zone centrale, constituée par les Arrondissements de MAMFE et d'EYUMUDJOCK, est limitée :
 - au Nord et à l'Est par les Provinces du Nord-Ouest et de l'Ouest
 - au Sud par les Départements de NDIAN et de MEME
 - à l'Ouest par le NIGERIA.

- Objet de l'étude :

L'étude vise à déterminer les effets de toute nature résultant de la mise en

eau du barrage hydro-électrique que le NIGERIA se propose de construire sur la CROSS-RIVER à IKOM, en frontière Camerounaise, ainsi que les actions et programmes de développement à mettre en place pour rendre supportables les conséquences négatives du barrage, tant au milieu humain qu'au milieu naturel.

Un schéma d'aménagement déterminera le processus de mise en valeur à observer pour assurer un développement cohérent et équilibré de cette région frontière très sensible et vulnérable après la mise en eau du barrage d'IKOM.

Cette région est très mal connue, car n'a jamais été "balayée" dans le cadre d'une étude socio-économique ayant nécessité un inventaire préalable des potentialités agricoles, pastorales et autres, précédé par un recensement des ressources humaines dans leur répartition spatiale.

Les différentes actions administratives et économiques actuellement en cours, ainsi que les infrastructures et les équipements en place, seront aussi identifiés et évalués.

CONSISTANCE DES ETUDES

A - Etat des lieux

1. Présentation physique de la région

- . Situation et relief
- . Hydrographie
- . Régime des eaux de la MANYU et de ses principaux affluents
- . Climat et végétation
- . Reconnaissances géologiques et pédologiques

2. Population (indicateurs démographiques)

- . Population dans le Département de la MANYU
- . Effectif
- . Groupes ethniques
- . Répartition et structures démographiques

- . Mouvements de la population
- . Etablissements humains.

3. Indicateurs socio-économiques

- . Organisation sociale
- . Régime foncier
- . Organisation de l'espace rural
- . Revenu monétaire des habitants.

4. Activités économiques

- . Inventaire de la production dans les secteurs
- . Agriculture (cultures pérennes, annuelles, fruitières et diverses)
- . Forêt
- . Pêche
- . Chasse
- . Artisanat
- . Industrie.

5. Echanges

- . Commercialisation
- . Crédit
- . Flux commerciaux.

6. Infrastructures de transport et de communication

7. Situation sanitaire

- . Etablissement d'une carte sanitaire .
- . Informations sur les endémies courantes.

Mesures à prendre

- . Mesures d'hygiène et de prévention
- . Infrastructures sanitaires à mettre en place.

B - Zone sinistrée

1. Recensement de la population (Arrondissements de MAMFE et EYUMUDJOCK)
Affinités ethniques dans la perspective de leur réinstallation.

2. Recensement physique des pertes matérielles possibles
 - . Case
 - . Plantations (cultures pérennes et annuelles, fruitières ...)
 - . Elevage (bovins, ovins, caprins ...)
 - . Infrastructures et équipements
 - . Eaux et forêts : désordres écologiques
 - . Mines
 - . Barrage de MAMFE.

3. Evaluation financière des sinistres

C - Schéma d'aménagement de la zone sinistrée

1. Inventaire des potentialités et des ressources naturelles

2. Propositions d'aménagement à court terme à partir des opérations de recasement

3. Opérations de recasement (avec une carte (au 1/50 000è)
des propositions d'aménagement à court terme) présentant :
 - . Les zones de recasement
 - . les réseaux d'infrastructures de transport à construire
 - . les équipements socio-collectifs à promouvoir (centres de santé, points d'eau, écoles, marchés ...)
 - . les affectations des sols à diverses vocations
 - . programme de mise en valeur et opérations d'urgence.

4. Perspectives de développement à long terme et intégration de la zone sinistrée à la zone centrale.

5. Autres recommandations.

II.3. - EN COTE D'IVOIRE : "ETUDES DES RELATIONS PLUIE-DEBIT SUR BASSIN VERSANT URBAIN EXPERIMENTAL A ABIDJAN".

- Etude en cours

- Financement : FAC

- Durée : 2 ans

- Maître d'oeuvre : Direction Centrale de l'Assainissement et du Drainage

- Objet de l'étude :

L'extension rapide de l'urbanisation sur les zones périphériques d'ABIDJAN a mis en évidence l'importance des investissements nécessaires à l'assainissement pluvial comparativement aux autres équipements.

Les observations et mesures expérimentales sur grands bassins ont montré que les anciennes méthodes de calcul des réseaux conduisent à surdimensionner les ouvrages de 40 à 100 %.

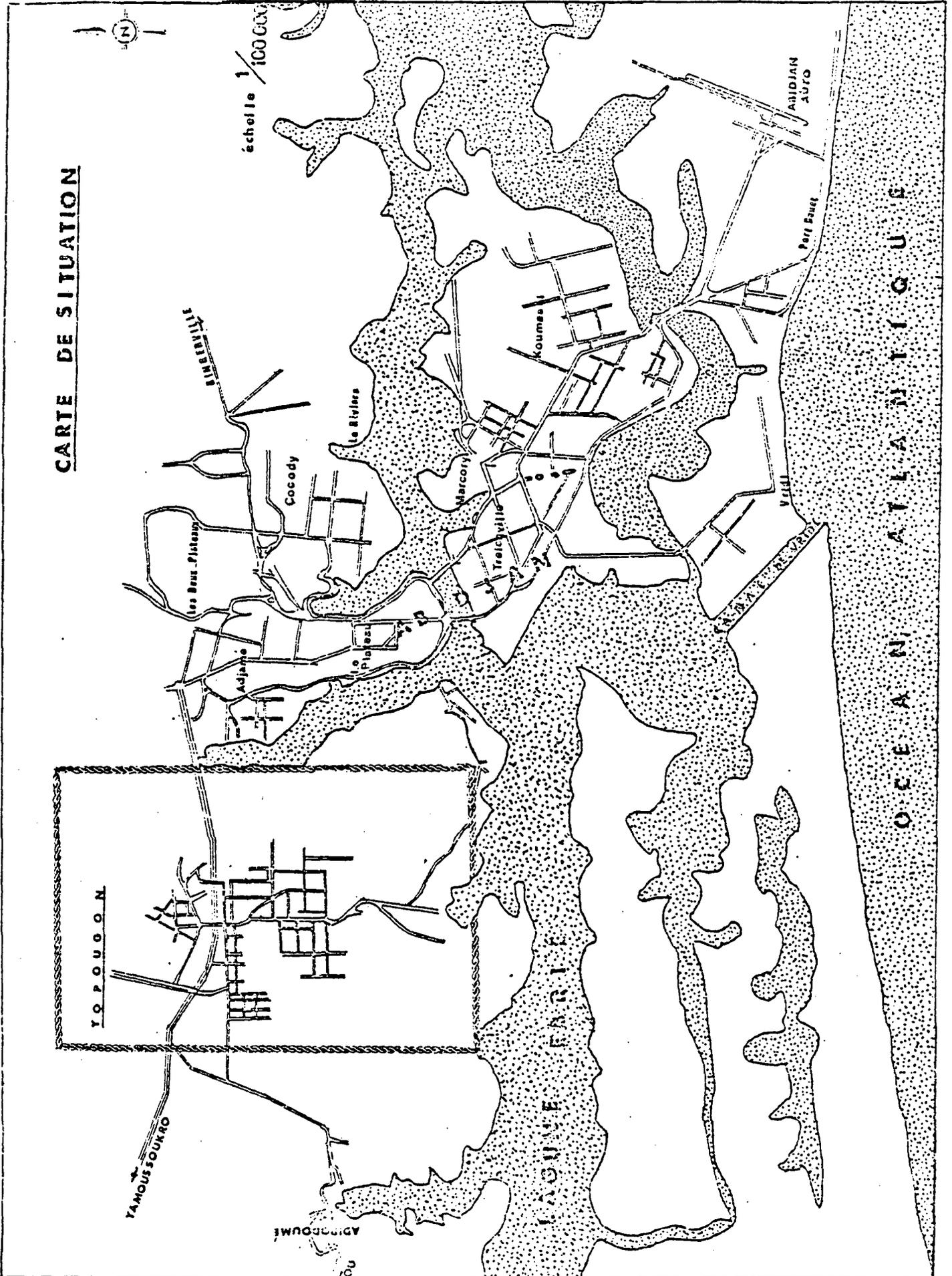
Cette étude a pour objet, à partir des mesures des pluies et de débits sur des bassins de taille variable, d'établir de nouvelles formules de dimensionnement et de caler un modèle mathématique adapté à la COTE D'IVOIRE et utilisable avec les moyens informatiques de l'Administration. (cf carte de localisation fig. 1).



BCEOM

ETUDE DE SIMULATION PLUIE-DEBIT

SUR BASSIN-VERSANT EXPERIMENTAL A ABIDJAN



- CONSISTANCE DE L'ETUDE :

A) Travaux préliminaires

- Choix des bassins versants (fig. 2)

Le bassin versant expérimental a été choisi sur ABIDJAN, en accord avec l'Administration, et correspond à une superficie de 600 à 1 000 hectares.

Les critères de choix de ce bassin versant ont été les suivants :

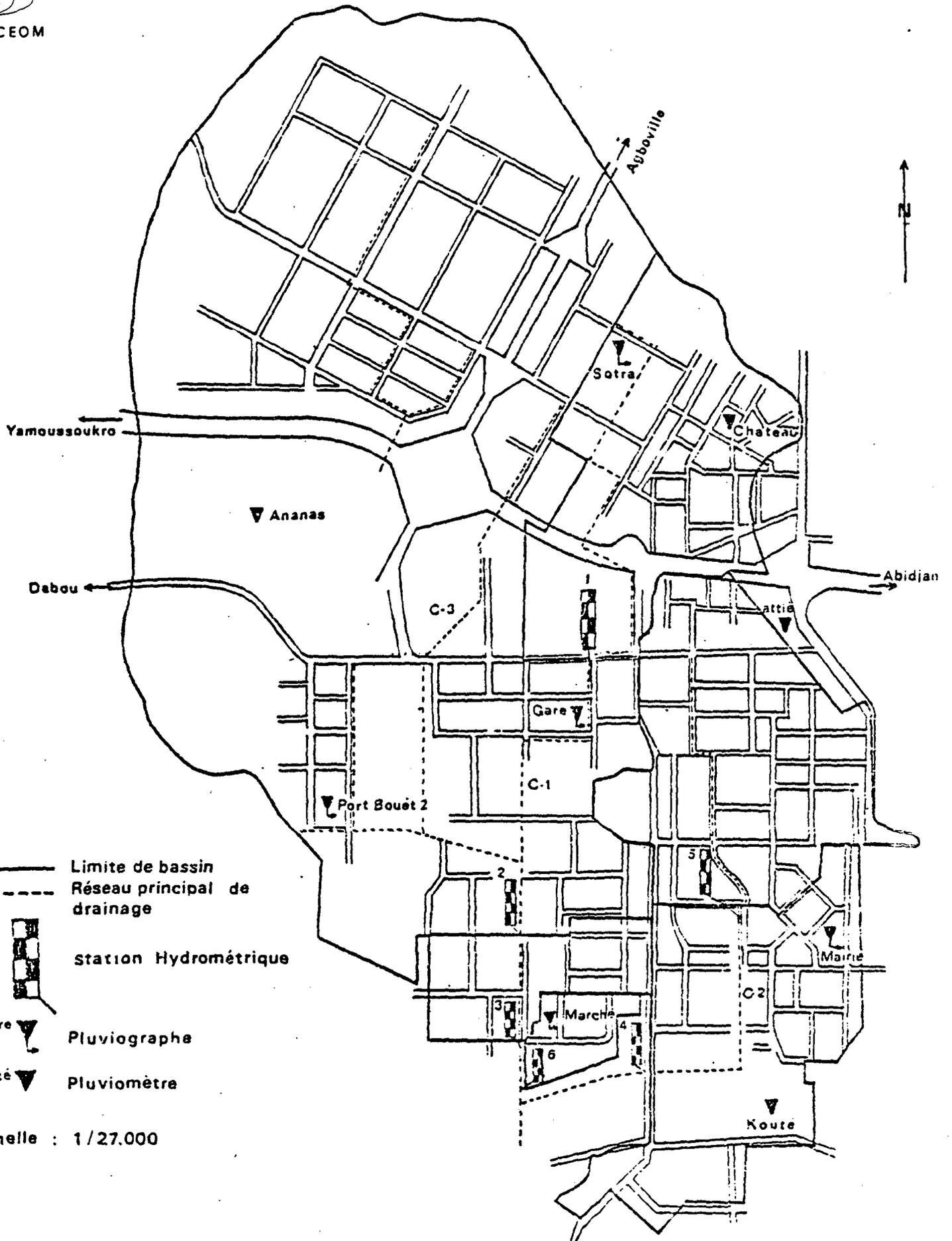
- . bassin avec état d'occupation du sol représentatif des divers types d'urbanisation
- . possibilités de découpage du bassin en sous-bassin de caractéristiques et d'état d'occupation de sol homogènes
- . réseau primaire et secondaire sur la plus grande longueur de manière à mieux appréhender les phénomènes de propagation des crues
- . réseau secondaire représentatif des divers types d'assainissement (réseau enterré, réseau à ciel ouvert, etc....)
- . possibilité d'implanter des stations de mesure de débit.

- Choix des sites de mesures (cf. fig. 2)

Pour connaître de manière précise les hyétogrammes ainsi que les hydrogrammes de crue correspondants en divers points du bassin versant, la pluie est enregistrée à l'aide de 5 pluviographes répartis sur le bassin afin d'intercepter tous les épisodes pluvieux et de définir l'hétérogénéité spatiale de la pluie.

L'enregistrement des débits est réalisé à l'aide de 5 limnigraphes en des points de réseaux d'accès facile permettant un étalonnage aisé et répartis de façon à intercepter la propagation des hydrogrammes.

BASSINS VERSANTS DE YOPOUGON ET EQUIPEMENT HYDROPLUVIOMETRIQUE



- Equipement des stations de mesures (cf. fig. 2)

Le BCEOM a chargé l'ORSTOM de fournir et installer le matériel nécessaire :

- . 5 limnographes A-OTT R 10
- . 5 pluviographes à augets basculeurs PRECIS MECANIQUE à bande déroulante 60 mn/h
- . rouleaux et plumes de rechange
- .. accessoires de mise en place.

- Recueil des caractéristiques des bassins et du réseau

A partir des photos aériennes, des plans et des enquêtes sur le terrain, il sera procédé à la description des bassins (type d'habitat, coefficient d'imperméabilisation, topographie du bassin, réseau de drainage, etc....)

B) Recueil des données - Exécution des jaugeages

Il sera établi pour chaque point de mesure des débits la courbe de tarage hauteur-débit.

L'Administration sera associée, à titre de formation, à ces diverses phases.

La période de mesure comprendra une saison des pluies.

Une attention particulière est portée sur la nécessité d'avoir une très bonne synchronisation du temps entre les divers appareils, pour définir le paramètre principal "K" du modèle et de définir avec exactitude les limites réelles de bassins versants.

C) Exploitation des données - calage du Modèle

- Modèle proposé

Le modèle proposé est un modèle dérivé de l'analyse des systèmes, il restitue

par simulation les hydrogrammes de ruissellement superficiel à l'exutoire d'un bassin versant.

- Calage du modèle

Le calage du modèle sera réalisé à partir des mesures expérimentales obtenues sur les bassins versants de superficie supérieure à 200 hectares.

Le calage du modèle consistera à ajuster les divers paramètres entrant dans le calcul du paramètre "K" de manière à reproduire le plus fidèlement possible les hydrogrammes de crue observés, par simulation des pluies les engendrant. Une première exploitation des mesures effectuées en 1983 ont permis un précalage du modèle sur 2 des 5 stations équipant le bassin expérimental. Les figures 3 et 4 illustrent les premiers résultats obtenus.

Par corrélations multiples, il sera donc ajusté les paramètres caractérisant la pluie ainsi que le bassin versant, à savoir :

- la durée de la pluie efficace
- la hauteur de pluie efficace
- la pente du bassin
- la longueur du bassin
- le coefficient de ruissellement

A cette occasion, il sera étudié les relations entre le coefficient de ruissellement et les caractéristiques du bassin (coefficient d'imperméabilisation, pente, nature des sols, etc....) et proposé une réglementation.

Il sera éventuellement tenu compte d'autres paramètres jugés déterminant dans la genèse des crues.

D) Recherches annexes

Les phénomènes de dispersion spatiale et temporelle de la pluie en fonction

Fig. 3

EXEMPLE DE SIMULATION DE LA CRUE DU 27/05/1983
STATION N°5

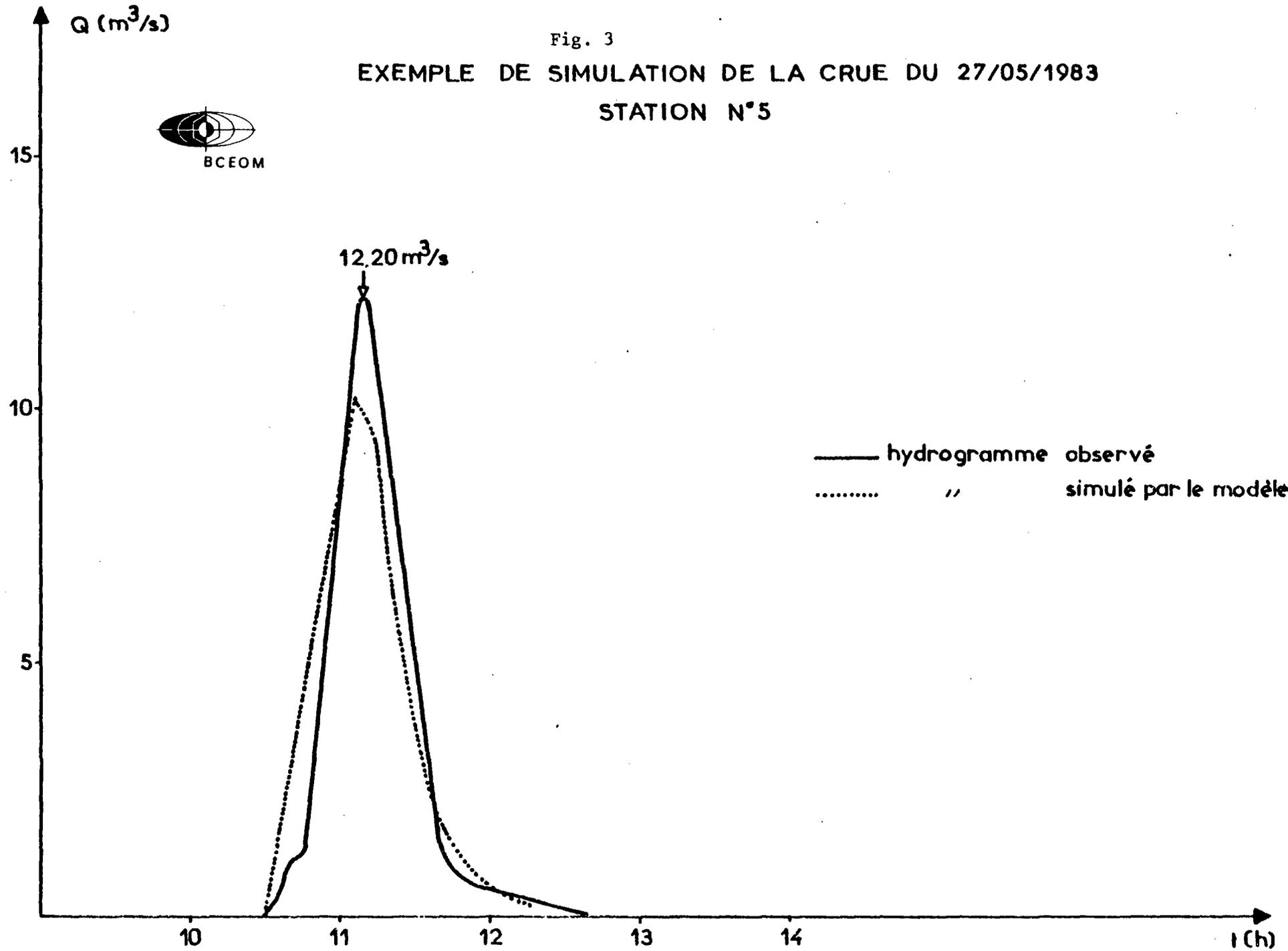
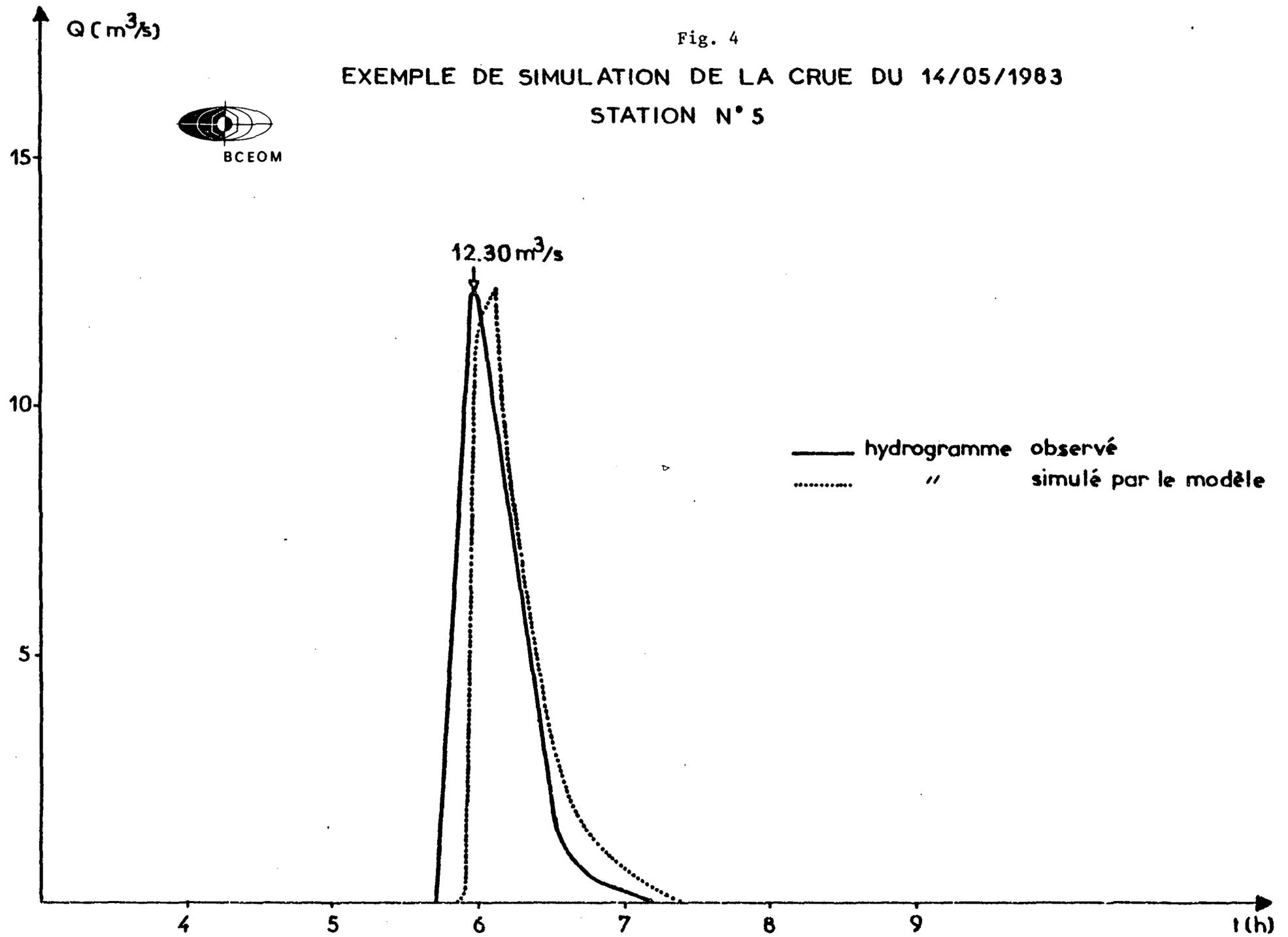


Fig. 4

EXEMPLE DE SIMULATION DE LA CRUE DU 14/05/1983
STATION N° 5



de son intensité et de sa durée, seront étudiés.

Pour les bassins versants urbanisés inférieurs à 200 ha, il sera recherché une formule type CAQUOT permettant une estimation fiable et précise des débits de pointe. Les paramètres entrant dans ces calculs et relatifs au bassin versant et à la pluie seront ajustés par corrélations multiples à partir des observations réalisées sur les sous-bassins inférieurs à 200 ha.

A partir de l'ensemble des investigations résultant de l'exploitation des données pluviographiques et hydrométriques, il sera établi les méthodologies de calcul à prendre en compte pour le dimensionnement des réseaux Urbains pour les bassins de diverses superficies.

En utilisant les données existantes et avec l'aide de l'Administration, le BCEOM établira les "pluies-projets" à prendre en compte dans le programme.

E) Implantation du Modèle en COTE D'IVOIRE

A l'issue des études expérimentales, il sera étudié les adaptations nécessaires du modèle pour l'utiliser par les moyens informatiques de l'Administration, en particulier sur un mini-ordinateur fourni dans le cadre du marché.

L'implantation du programme sera effectué dans le cadre d'une étude d'assainissement sur un grand bassin en COTE D'IVOIRE avec participation étroite d'ingénieurs et techniciens de l'Administration Ivoirienne. Cette phase présentera l'avantage d'assurer la formation sur place d'une équipe apte à exploiter le modèle hydrologique à l'issue de la formation reçue.

II.4. - GABON : CHEMIN DE FER TRANSGABONAI
ETUDES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES
POUR LE COMPTE DE L'OCTRA

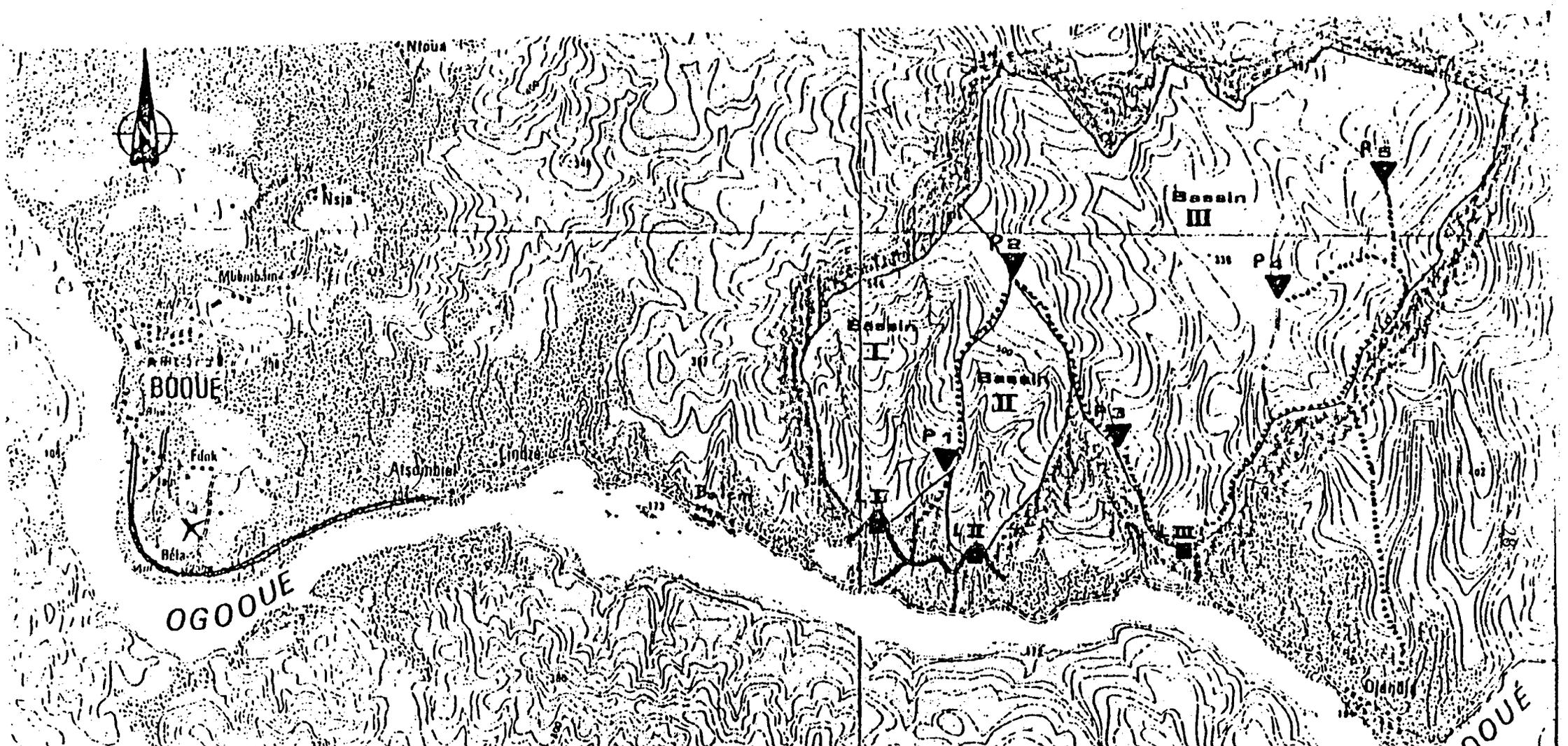
- Etude en cours - durée 2 ans -

A la demande de l'OCTRA, le BCEOM est intervenu à plusieurs reprises pour effectuer les études hydrologiques nécessaires au projet de tracé du chemin de fer.

OBJET DE L'ETUDE

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques est un problème de première importance dans la construction du chemin de fer Transgabonais. Si le régime de mise en contraintes des remblais ou des ponts est très précisément connu et modélisable, il n'en est pas de même du régime de crue des cours d'eau qui coupent le tracé de la voie. Or il importe d'évaluer avec précision les crues de différentes fréquences : un dimensionnement insuffisant d'une buse pourra causer des dégâts considérables au remblai, voir couper la voie. Par contre, un surdimensionnement trop important risque de coûter très cher en investissement. La recherche d'un équilibre entre ces deux contraintes a conduit à choisir de dimensionner les ouvrages hydrauliques (OH) pour écouler dans de bonnes conditions la crue de fréquence décennale, une marge de sécurité importante garantissant de plus contre les écarts statistiques. Encore faut-il obtenir une évaluation correcte de la crue décennale. Les grands cours d'eau ne posent pas de problème particulier car ils sont depuis des années l'objet d'études partout en AFRIQUE, et sont moins sensibles à des irrégularités statistiques. En outre ils sont généralement franchis par des ponts, très au-dessus de la ligne rouge des plus hautes eaux possibles. Par contre les petits bassins versants (surface inférieure à 100 km²) sont relativement mal connus.

Outre qu'aucune donnée hydrométrique n'existe sur les petits cours d'eau rencontrés, l'influence des paramètres locaux - morphologie, couvert végétal, hydrologie - est très importante, et rend malheureusement assez imprévisible le comportement de bassins pour lesquels on ne dispose d'aucun modèle de référence.



II.1b. BASSIN EXPERIMENTAUX DE BOOUE

▼ Pluviographe

■ Limnigraphe

..... Layon

— Limite de Bassin Versant

échelle 1/50 000

Les études hydrologiques menées de 1976 à 1981 ont donc choisi la sécurité en proposant des méthodes de calcul des débits de crue décennale qui, à partir de l'expérience déjà acquise sur l'étude de bassins versants dans d'autres régions d'AFRIQUE, prennent en compte les valeurs les plus défavorables pour les paramètres de terrain.

Rappelons les 2 méthodes retenues :

- Méthode de RODIER et AUVRAY (ORSTOM) appliquée aux bassins versants de superficie comprise entre 4 et 200 km².
- Méthode rationnelle pour les bassins de superficie inférieure à 4 km².

Le problème essentiel réside dans la détermination du coefficient de ruissellement.

Les études hydrologiques de 1976 à 1980 ont été faites en prenant pour ces coefficients locaux des valeurs pessimistes mais réalistes, compte tenu de ce que l'on pouvait savoir du comportement des bassins après reconnaissance du terrain et comparaison avec des situations voisines.

Toutefois, l'importance de la forêt dans les régions traversées par le Transgabonnais, la relative unité morpho-pédagogique de cette forêt, ajoutées à l'absence totale d'informations que l'on avait sur le comportement des rivières dans ce milieu rendaient très intéressante la mise en place d'une étude de terrain suivie sur quelques bassins représentatifs des conditions générales rencontrées.

Il a donc été décidé de mettre en place en octobre 1981 une étude d'une durée minimale de 2 années sur 3 bassins versants expérimentaux représentatifs. Le but de l'étude était donc :

- de vérifier la validité qualitative des méthodes proposées (quant au principe de génération des crues) ;
- de préciser et éventuellement modifier le mode d'évaluation quantitative des

paramètres pris en compte, et notamment le coefficient de ruissellement, qui est comme chacun le sait le monstre du Loch Ness de l'hydrologie ;

- de proposer une méthodologie de calcul tenant compte de ces résultats pour le dimensionnement des ouvrages des tronçons BOOUE-FRANCEVILLE et BOOUE-BELINGA.

Le principe retenu a été le suivant :

- installer des pluviographes enregistreurs en nombre suffisant pour avoir une représentation précise (dans le temps, en volume et en répartition spatiale) de la pluviométrie sur les bassins étudiés ;

- installer sur chaque cours d'eau un limnigraphe enregistreur de façon à avoir un suivi continu des débits (la relation hauteur limnigraphique-débits étant établie grâce à des tarages réalisés en saison des pluies).

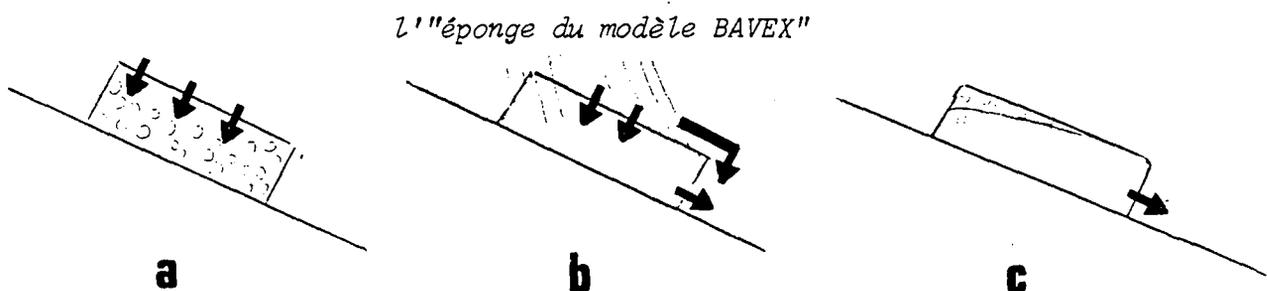
Ce dispositif permet ainsi d'enregistrer toutes les crues sur une année, en déterminant à la fois le débit de pointe, le temps de montée, le temps de base, et la pluviométrie correspondante.

Les premiers résultats obtenus de mesures réalisées sur les bassins expérimentaux nous ont conduit à modifier la méthodologie de calcul pour les bassins forestiers et à mettre au point un modèle de calcul, le modèle "BAVEX".

- Principe du modèle BAVEX :

On considère dans ce modèle que le terrain se comporte en gros comme une éponge : si l'on arrose une éponge sèche ou peu humide installée sur une surface penchée, il ne ruissellera d'abord rien (a), puis un ruissellement apparaîtra qui sera d'autant plus fort que l'éponge sera gorgée d'eau (b).

Enfin, si l'on arrête l'arrosage, un écoulement continuera, qui sera le resuyage jusqu'à un certain taux d'humidité de l'éponge gorgée d'eau (c).



Nous n'avons pour notre part modélisé que la montée en crue, sans nous occuper de la période de ressuyage du terrain ; nous nous intéresserons en effet à la génération des débits de pointe, et faisons l'hypothèse que le débit est physiquement pratiquement le cas pour les petits bassins versants.

Nous proposons la formule suivante pour le calcul du débit instantané, à l'instant t :

$$dQ(t) = k \frac{H(t)}{H_0} \cdot i(t) \cdot dS$$

où : dS = surface d'une parcelle élémentaire du bassin

$i(t)$ = intensité pluviométrique (constante au cours du temps)

$dQ(t)$ = débit instantané généré entre les instants $t-dt$ et t sur la parcelle dS

k = coefficient de pente

H_0 = hauteur de stockage initiale

$H(t)$ = hauteur stockée à l'instant t .

La "hauteur de stockage" est une variable ayant la dimension d'une longueur et rendant compte de la capacité de stockage instantané du terrain (c'est-à-dire du système sol + végétation) (c'est en quelque sorte l'épaisseur de notre éponge). $H(t)$, hauteur stockée représente la hauteur équivalente déjà stockée à l'instant t dans cette capacité de stockage (de même que l'on peut définir pour une éponge humide une hauteur d'eau équivalente égale au volume total d'eau stockée divisé par la surface de l'éponge). Ainsi tout ce qui ne s'écoule pas contribue à l'alimentation de ce stock.

Cette formule revient donc à considérer que le coefficient de ruissellement est directement proportionnel à l'état de saturation du sol. Le coefficient de pente K rend compte du fait qu'à état de saturation et intensité pluviométrique donnés, le ruissellement sera d'autant plus grand que la pente sera forte.

Les formules mathématiques qui régissent le bilan hydrique de la parcelle élémentaire dS du bassin, sont des équations différentielles du 1er ordre dont la solution permet de calculer le débit de pointe élémentaire.

Le débit de pointe à l'exutoire du bassin versant à l'instant t_c est obtenu en faisant la sommation de tous les débits générés sur les parcelles élémentaires dS à l'instant $t_c - t(dS)$, $t(dS)$ étant le temps de parcours de l'eau entre la parcelle dS et l'exutoire.

On obtient pour le débit de pointe la formule :

$$Q = I.S. \frac{t}{t_c} . C$$

avec

$$C = 1 - \frac{1}{i \times t_c} \times \frac{(H_o - H_i)}{K} (1 - \exp(-\frac{I \times k \times t_c}{H_o}))$$

Le modèle BAVEX est ensuite calé au moyen des trois paramètres k , H_i et H_o . K et H_o interviennent par leur rapport ; un des paramètres peut-être choisi de façon arbitraire.

H_i est la quantité d'eau stockée dans la capacité du terrain à l'instant $t = 0$ de la pluie.

L'expérience a montré dans ces cas précis, que $H_i = 0$ (il n'y a pas de ruissellement dans les premières minutes d'une forte pluie).

- Premières conclusions sur le modèle

. Ces résultats portent sur 1 année d'étude de bassins expérimentaux et vont avoir une conséquence sur le dimensionnement des buses (réduction des débits décennaux pour les BV $< 4 \text{ km}^2$).

. Limite du modèle : applicable pour l'instant qu'aux bassins forestiers, dans les conditions morphopédologiques des bassins expérimentaux à savoir : sous-sol de Jaspe ampélites et pélites avec affleurements gréseux.

II.5. - NIGER : PETITES OPERATIONS DE DEVELOPPEMENT RURAL
Programme de Coopération FAO/BIRD

- Etude en cours
- Durée : 7 mois
- Financement : Banque MONDIALE
- Agence d'exécution : Centre d'Investissement FAO - ROME -

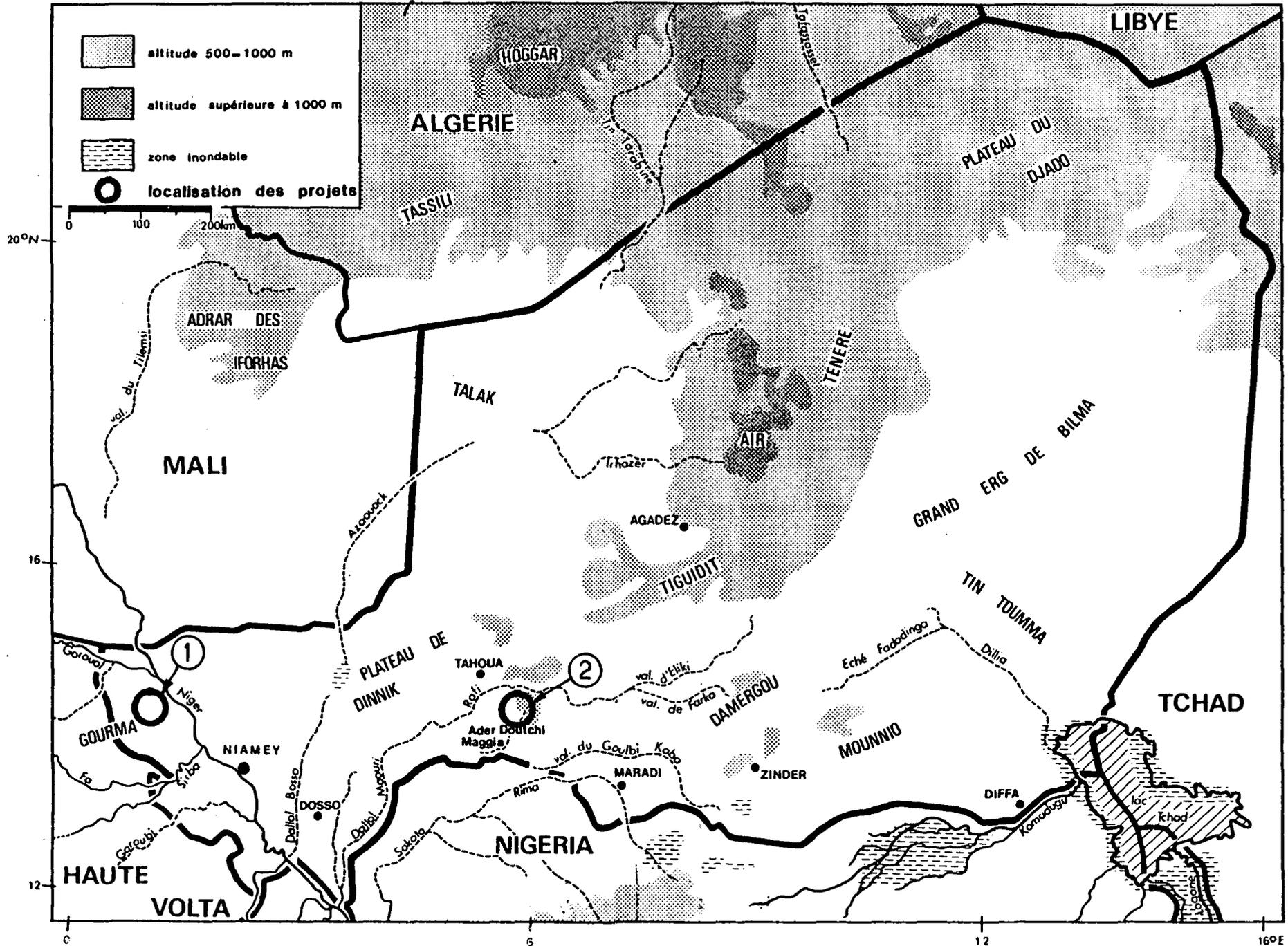
1 - INTRODUCTION

Dans le cadre de la préparation du projet "Petites opérations de développement rural", une mission d'un consultant en Génie Rural du Bureau Central d'Etudes pour les équipements d'OUTRE-MER (B.C.E.O.M.) a eu lieu au NIGER du 4 Novembre au 18 Décembre 1982.

Cette mission faisait suite à une première mission du même consultant, effectuée entre le 18 Mai et le 17 Juin 1982 et qui avait abouti à l'élaboration d'un rapport sur la définition et la programmation d'une partie des composantes de Génie Rural du projet évoqué ci-dessus.

Cette première mission qui avait consisté en un travail systématique sur le terrain avec les cadres d'arrondissement et les paysans, avait permis d'identifier et d'initier trois sous-projets expérimentaux dans les départements de TAHOUA et de NIAMEY (cf. fig. 1) :

- traitement de kori pour lutter contre l'érosion hydrique à TAMA (arrondissement de BOUZA),
- mise en place d'une banque céréalière à la coopérative de TAMA,
- aménagement d'un petit périmètre irrigué (10 ha) autour de la mare de TARA (arrondissement de TERA).



- ① projet de Tāra - petite irrigation
- ② projet de Tama - CES. DES

Fig. 1

PETITES OPERATIONS DE DEVELOPPEMENT RURAL
MDR - BIRD/FAO

NIGER

la mise en oeuvre de ces trois sous-projets test et la poursuite de l'identification de nouvelles actions selon les mêmes critères de sélection, étaient programmées en deux phases :

- première phase de 45 jours

- deuxième phase de 60 jours au NIGER pour démarrer, puis assurer le suivi/évaluation de ces petits projets.

Le présent rapport est relatif à la phase I de la mission qui s'est déroulée en fin 1982 suivant le calendrier indiqué en annexe. Ce rapport traite de la nature et de la localisation des actions en cours, des conditions de démarrage et d'évolution des travaux d'aménagement, des problèmes d'ordre organisationnel et technique. Le rapport comporte également en annexe, outre le calendrier de la mission, des notes techniques sur le tracé des banquettes isohypses, et sur les pistes rurales.

2 - OBJET DES MISSIONS DE CONSULTANT

Les missions avaient pour but d'apporter un appui technique aux populations villageoises et aux cadres d'arrondissement pour le démarrage et la réalisation des trois sous-projets précédemment identifiés.

Cet appui comportait entre autres, une action préalable de formation sur les aspects techniques et organisationnels concernant la réalisation, l'entretien et la gestion des aménagements.

En outre, était prévue une action de suivi-évaluation sur ces aspects pendant la période de démarrage des sous-projets.

En ce qui concerne les actions de génie rural, un volet "pistes rurales" et un volet "fixation de dunes" devaient également être étudiés.

3 - DESCRIPTION DES SOUS-PROJETS EN COURS DE REALISATION (cf. fig.1)

3.1. - Sous-projet de traitement de KORI à TAMA

3.1.1. * Généralités

Le village de TAMA est situé à 60 km au Sud-Ouest de BOUZA (chef lieu d'arrondissement, département de TAHOUA), sur la rive gauche d'un kori affluent de rive droite de la MAGGIA.

Le projet a comme objectif de lutter contre l'érosion hydrique, de récupérer de nouvelles terres de culture, de favoriser l'épandage des eaux de crues sur les versants mis en valeur, afin de maintenir et ou augmenter la production en vue d'accroître les revenus et le niveau de vie des populations villageoises.

En outre, le projet prévoit une action de protection de berges au niveau du village, où plusieurs habitations sont menacées de disparition au cours de chaque hivernage.

Pour atteindre ces objectifs, le projet comporte outre les infrastructures, des actions de formation, de sensibilisation et d'organisation des paysans pour permettre une meilleure exécution des ouvrages de CES-DRS prévus sur certains bras du kori principal et au niveau du village de TAMA.

Ces opérations de CES-DRS se dérouleront sur une durée approximative de 4 mois avec la participation "physique" des paysans qui bénéficient de l'appui technique du Génie Rural et de l'encadrement des agents techniques d'arrondissement.

Il est à noter que les actions en cours ne représentent qu'une partie des travaux de CES-DRS nécessaires pour traiter l'ensemble du bassin versant du kori de TAMA. Il va de soi que ces actions devront être poursuivies et étendues sur les autres affluents du kori, ceci au-delà de la période même du sous-projet. Les paysans qui auront acquis les connaissances techniques de base, confortées par l'expérience en cours, pourront valablement perpétuer ce travail avec un

appui léger et périodique des cadres locaux.

3.1.2. * Description des aménagements de CES-DRS

Ces aménagements comportent quatre types d'ouvrages :

. barrages filtres en pierres sèches

Dans les parties hautes des affluents (cours supérieurs), notamment à la confluence des lits d'écoulement et à proximité des sites de matériaux pierreux.

Ces ouvrages localisés dans des zones où les débits d'écoulement n'ont pas encore atteint des valeurs importantes ont un premier effet réducteur de vitesse en laissant passer l'eau à travers les interstices existants entre les pierres qui sont entreposées de manière adéquate.

Un déversoir central permet aux ouvrages d'évacuer des crues importantes. Dix sept (17) ouvrages de ce type sont à réaliser sur 3 bras du kori.

Leur caractéristiques géométriques et leur espacement le long d'un bras doivent respecter certaines contraintes topographiques (cf rapport Génie Rural juin 1982) qui ont été expliquées à l'équipe d'encadrement.. La figure n° 2 illustre l'un des ouvrages de ce type réalisé pendant le stage de formation.

. Seuils déversants en gabions

Sur des sites plus en aval, au niveau des étroitures des lits mineurs et avec des sections géométriques favorables. Ces ouvrages sont réalisés avec des "boîtes" en grillage métallique galvanisé ayant la forme d'un prisme rectangulaire flexible à mailles hexagonales double torsion et remplies de pierres empilées les unes sur les autres selon des critères bien définis.

Les seuils en gabions permettent de favoriser l'épandage des eaux de crue sur les terres riveraines et de reconstituer progressivement les sols érodés aux abords du lit mineur par apports d'éléments fertilisants.

Les gabions utilisés ici (cages en grillage métallique) sont de trois types de dimensions : 2 m x 1 m x 0,5 m ; 2 m x 1 m x 1 m et 5 m x 1 m x 0,5 m. Le gabion de 3 m x 1 m x 1 m initialement prévu n'était pas disponible dans le commerce au NIGER au moment de la commande.

Quinze (15) ouvrages de ce type sont prévus sur plusieurs bras de kori (cours d'eau

. Epis en gabions

Ces ouvrages qui sont prévus en rive gauche du kori au niveau du village de TAMA, ont la même constitution que ceux décrits ci-dessus. Ce sont des ouvrages longitudinaux disposés perpendiculairement à la berge à protéger. Leur longueur unitaire varie de 15 à 20 m avec un espacement égale au moins au double de cette longueur.

Les épis à réaliser sont au nombre de 4 et permettent de dévier le courant, en le renvoyant vers le milieu du lit et de favoriser ainsi la création de zones de colmatage le long de la berge à protéger.

. Banquettes anti-érosives

Ce type d'ouvrage existe déjà à TAMA et dans les environs où de nombreux aménagements anti-érosifs ont vu le jour depuis les années 60.

Si certains champs de mil ont leurs réseaux de banquettes encore en assez bon état à TAMA, on observe par contre une nette dégradation ou même une disparition totale de ces ouvrages dans certaines zones environnantes, notamment sur les moyens et hauts glacis. Cette situation est due à un manque d'entretien de la part des paysans qui s'intéressent peu ou pas à ces ouvrages situés hors de l'emprise de leurs champs.

Or, les travaux de CES-DRS formant un tout, il est nécessaire, pour obtenir un résultat positif, de réaliser et ou d'entretenir les réseaux de banquettes dans des unités géomorphologiques entières, (champs + glacis amont immédiats). Ceci a pour effet non seulement de protéger les zones cultivées contre l'érosion et éventuellement de les restaurer, mais aussi de rendre plus efficace le rôle des ouvrages réalisés dans les koris qui servent de drains à ces unités géomorphologiques.

Ainsi, les banquettes doivent sillonner à peu près horizontalement un versant ou une pente de haut en bas et être sensiblement équidistantes entre elles, sous réserve des variations topographiques.

Chaque élément du réseau ou chaque banquette intervient isolément :

- pour intercepter les eaux de ruissellement et rompre la force vive immédiatement avant qu'elles ne commencent à devenir dangereuses pour le sol,
- pour "discipliner" et canaliser ces eaux vers un exutoire naturel ou artificiel en les conduisant :
 - . assez lentement pour provoquer sur place une infiltration aussi forte que le permet la nature du sol,
 - . assez vite pour que, compte tenu de la longueur de la banquette et de son profil en travers, tout débordement des eaux soit évité lors des plus fortes précipitations prévisibles.

Donc parallèlement aux travaux de traitement de kori, le projet prévoit l'entretien et la réparation de toutes les banquettes existantes y compris celles situées hors des champs cultivés.

Une action de vulgarisation agricole est envisagée, concernant les pratiques culturales à associer au réseau de banquettes isohypes (labour en courbes de niveau parallèlement aux banquettes, culture attelée, etc...).

3.2. - Création d'une banque céréalière à TAMA

Ce projet a pour objectif d'assurer progressivement la sécurité vivrière des populations qui composent la coopérative de TAMA. Ce projet comportera pour d'autres zones, un volet magasins de stockage en fonction des besoins futurs à identifier.

La capacité et les caractéristiques de ces magasins seront déterminées selon les normes OPVN appliquées au NIGER.

3.3. - Sous-projet d'aménagement de mare à TARA

3.3.1. - Généralités

Le village de TARA est situé à 55 km au Nord de TERA, chef lieu d'arrondissement (département de NIAMEY).

Ce village est bordé dans sa partie Sud par une mare semi-permanente alimenté par les eaux de ruissellement sur une longueur d'environ 2 km.

Le remplissage de la mare se fait à partir de Juin/Juillet, avec une hauteur d'eau maximale atteinte en Août. La vidange s'opère à partir d'Octobre permettant ainsi la pratique de cultures de décrue (haricot et autres cultures maraîchères). Cette mare qui servait à l'alimentation en eau des populations avant la réalisation de 2 forages d'eau potable actuellement équipés, est également utilisée pour l'abreuvement des animaux et la pêche artisanale.

Le projet a pour objectif, de protéger les cultures maraîchères (contre les animaux et les vents), d'accroître et de diversifier la production (légumière et fruitière) en vue d'assurer un équilibre et une sécurité alimentaires aux populations villageoises et d'augmenter leurs revenus et leur niveau de vie.

Pour atteindre ces objectifs, le projet comprend des actions de sensibilisation et de formation (gestion coopérative, hygiène...) un volet infrastructures (clôture en grillage, puits bétonnés) et équipement (matériel de jardinage, intrants agricoles...).

La réalisation des infrastructures (clôture et puits en particulier) est prévue pour la première année sur une période de 4 à 5 mois, à partir de fin 1982. Toutefois, le démarrage des travaux sera retardé à cause de difficultés inhérentes au délai de commande et de mise en place de matériels et matériaux.

3.3.2. - Description de l'aménagement

L'aménagement consiste en la mise en valeur d'un périmètre de 10 ha sur la bordure Nord-Est de la mare de TARA.

Les spéculations prévues sont le niébé (haricot), la pomme de terre sur 50 % de la superficie, la patate, la courge, l'oignon et la tomate.

Les sols sont sablo-argileux à argileux en allant de la périphérie (partie haute) vers le centre de la mare.

Le périmètre sera exploité par 50 paysans à raison de 0,2 ha par paysan et répartis en 4 blocs correspondant au nombre de quartiers dans le village.

. Infrastructures

* Puits :

Le périmètre sera équipé de 16 puits en béton armé, de 6 m de profondeur (\emptyset 1,40 m) avec des débits de 2 à 5 m³/h. Les puits seront répartis suivant deux axes parallèles : une rangée de puits à la périphérie et une suivant l'axe médian du périmètre (cf fig. 4).

Les puits comporteront une dalle de propreté de 2 m de rayon, une bache de réception de 50 L une margelle de 0,80 m et seront espacés de manière à éviter l'interférence de leurs rayons d'action.

* Système d'exhaure :

Il sera manuel dans un premier temps avec la perspective d'utiliser la traction bovine à moyen terme à l'exemple de l'expérience acquise par les paysans maraîchers d'AGADEZ.

à la station agricole d'INDOUDOU (AGADEZ).

L'application et la réussite de cette technique nécessitera une formation préalable des paysans de TARA.

* Clôture :

Elle est constituée par un grillage de 1,5 m de haut sur une longueur totale de 1.500 m, soutenue par des tendeurs et piquets (fers à té) espacés de 5 m, des jambes de forces tous les 50 m (hauteur 2 m avec 0,40 à 0,50 m de fondation sur des dés en béton).

Une porte grillagée de 2 m est prévue sur la partie médiane du côté Nord du périmètre.

Une haie vive doublera la clôture grillagée à une distance de 1 m par rapport à la face intérieure. Elle comportera, deux rangées d'arbres distants de 1 m disposés en quinconce et constituera à terme la clôture définitive du périmètre.

. Parcelles et réseau d'irrigation

* Le périmètre comporte 4 blocs qui seront exploités par 50 paysans de TARA répartis en quatre quartiers. Deux parcelles supplémentaires, en reliquat seront affectées l'une au groupe scolaire et l'autre à l'encadrement de l'UNCC. Ce qui porte à 52 le nombre total de parcelles et chaque bloc sera divisé en 13 parcelles rectangulaires dont 2 auront une taille inférieure à 0,2 ha.

Les contraintes pédologiques, à savoir amélioration de la qualité des sols de la périphérie du périmètre (partie haute) vers le centre de la mare, ont conduit, à la demande des paysans, à faire le parcellaire dans le sens de la plus grande pente. Ceci permet à chaque exploitant de bénéficier équitablement du même type de sols le long de sa parcelle et d'irriguer gravitairement.

* Le réseau d'irrigation sera constitué de rigoles en terre (rigoles d'amenée et de répartition). Ces rigoles seront réalisées par les exploitants eux-mêmes encadrés par des paysans maraîchers venus d'AGADEZ et rompus aux techniques de l'irrigation à petite échelle. Les services du génie rural et de l'agriculture (maître d'oeuvre) apporteront leur appui technique.

3.4. - Illustration de la dégradation des sols et des travaux de CES - DRS
dans la MAGGIA :

Dans le cadre de ce rapport nous avons jugé utile d'adjoindre des figures .
simples, montrant d'une part les principales causes de la dégradation des sols
dans le département de TAHOUA et d'autre part le type de travaux à entreprendre
à l'échelle d'un bassin versant pour lutter contre ces dégradations (voir les
planches (a) à (e) des pages suivantes).

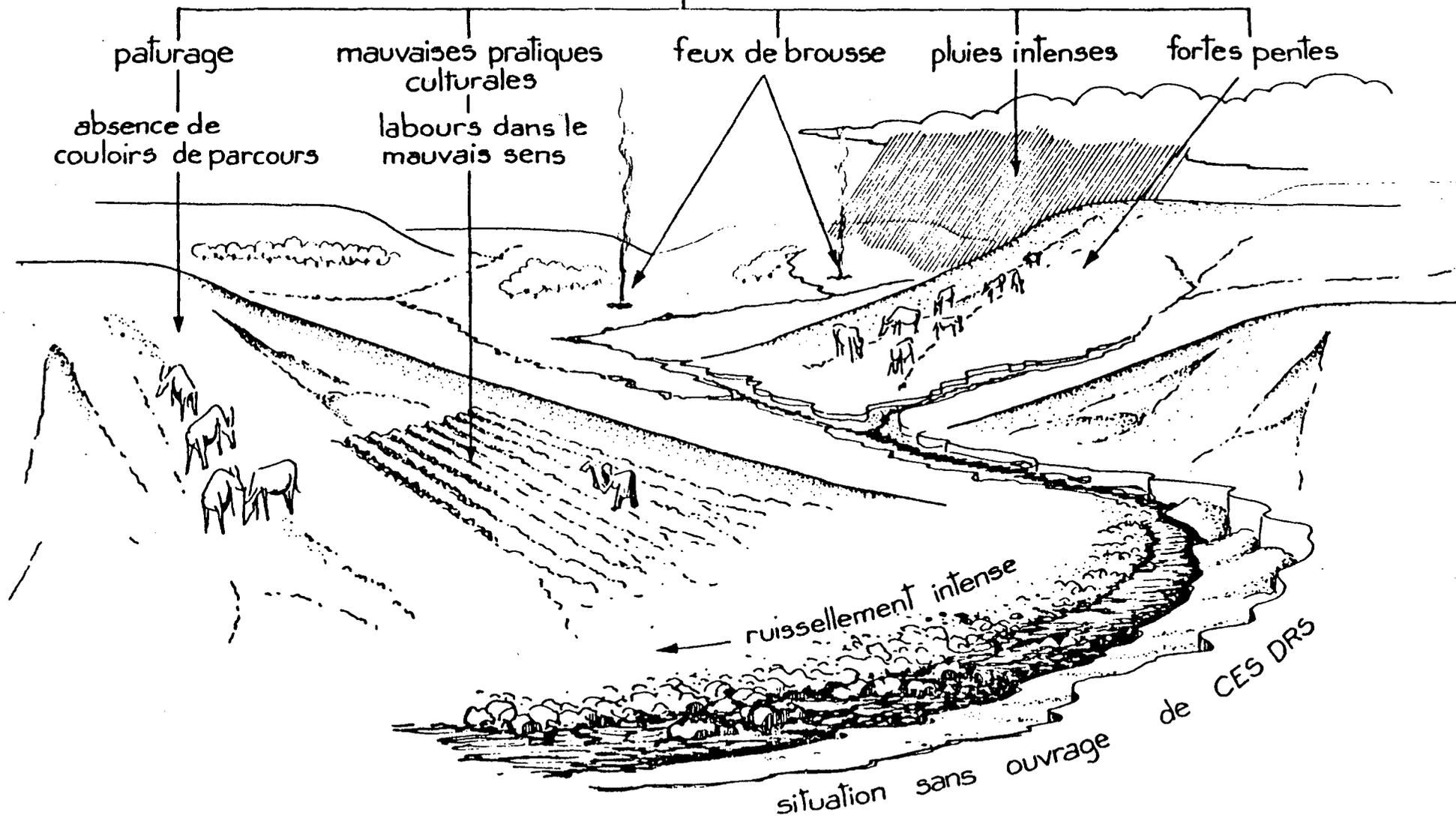
En effet le processus de l'érosion résulte principalement de l'action combinée
des facteurs suivants :

- dégradations du maigre couvert végétal par les feux de brousse (action
de l'homme) et le pâturage,
- pratiques culturales non adaptées à la configuration topographique (billons)
dans le sens des écoulements de surface)
- pluies fortes et concentrées dans le temps
- fortes pentes du terrain à l'échelle du bassin versant, occasionnant
des ruissellements intenses et des transports de terre.

L'efficacité des moyens de parade envisagés dans l'optique de techniques simples
et maîtrisables par les populations locales dépend dans une large mesure de la
sensibilisation de ces populations à adapter leurs activités champêtres à ce
type d'aménagement.

a Facteurs de la dégradation des sols dans la Maggia

Département de Tahoura (Niger)



- 44 -

b Lutte contre la dégradation des sols

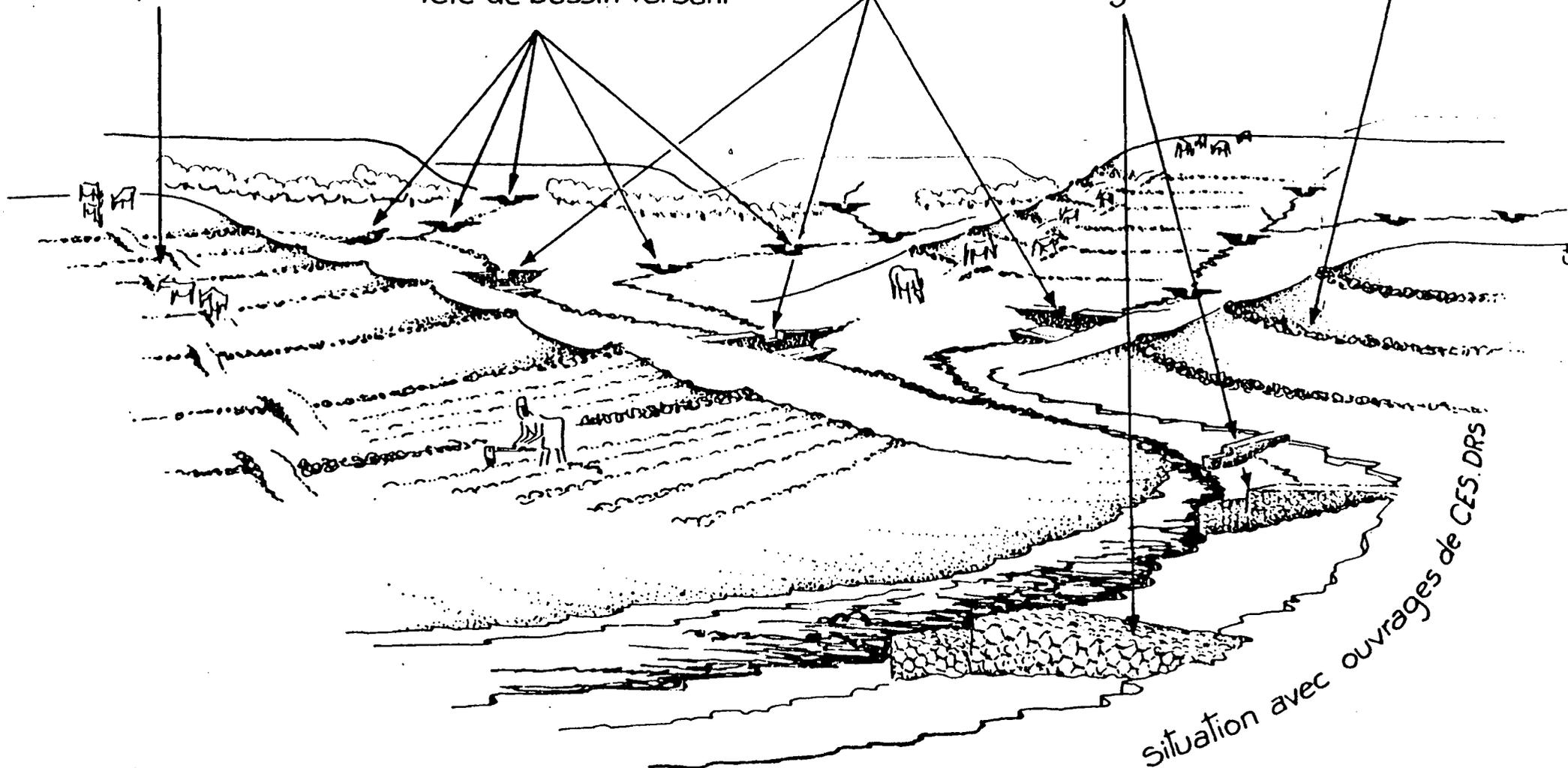
création de couloirs
de parcours avec
rampes d'accès

barrages filtres
en pierres sèches:
tête de bassin versant

seuils d'épandage
en gabions

épis et gabions:
protection des
berges

banquettes
"isohypses"



situation avec ouvrages de CES.DRS

II.6. - MAURITANIE

1. AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DE LA TAMOURT-EN-NAAJ (cf. carte de localisation)

- étude achevée en 1981.

La Tamourt-en-NaaJ est une dépression située à la bordure ouest du massif du Tagant, et à 400 km à l'est de Nouakchott à vol d'oiseau. Elle reçoit les eaux d'un bassin versant de 6 200 km².

La tâche du BCEOM a consisté à faire l'inventaire de toutes les potentialités d'aménagement, à estimer leur coût et leurs avantages socio-économiques, enfin à recommander un schéma.

Elle a démarré par une étude du milieu physique : appréciation fréquentielle des volumes d'eau ruisselés, et étude des possibilités de stockage d'eau ; reconnaissance des caractéristiques de la nappe et des volumes exploitables ; inventaire des types de sols et de leur aptitude pour l'irrigation. Celle-ci a été complétée par une étude socio-démographique, et une appréciation de l'économie agricole actuelle.

14 schémas d'aménagement possibles ont ensuite été définis. Ils permettaient soit d'utiliser séparément les eaux superficielles et les eaux souterraines, soit de les combiner, et aboutissaient à une utilisation plus ou moins intensive des sols, soit avec amélioration des cultures de décrue, soit avec introduction de cultures irriguées. Les conséquences socio-économiques de ces divers schémas, ainsi que leurs conséquences hydrauliques pour l'alimentation en eau des cultures situées à l'aval (cultures de décrue, palmeraies), et la recharge de la nappe ont été attentivement examinées.

Finalement, le schéma apportant la production maximale a été recommandé pour créer un véritable pôle de développement dans cette région durement touchée par la sécheresse. Des études sur le terrain pour aboutir au projet d'exécution correspondant à ce schéma ont ensuite été menées.

En 1979-1981, une étude complémentaire a permis de préciser les conditions d'écoulement et de définir les emplacements les plus favorables à la création de petits périmètres par pompage.

Cette étude a comporté :

- une campagne hydrologique
- une campagne géophysique par sondages électriques
- le levé de la carte pédologique au 1/5 000 d'un périmètre de 1 000 ha.
- l'établissement de compléments aux propositions d'aménagements.

CLIENT

Ministère du Développement Rural

COUT DES ETUDES

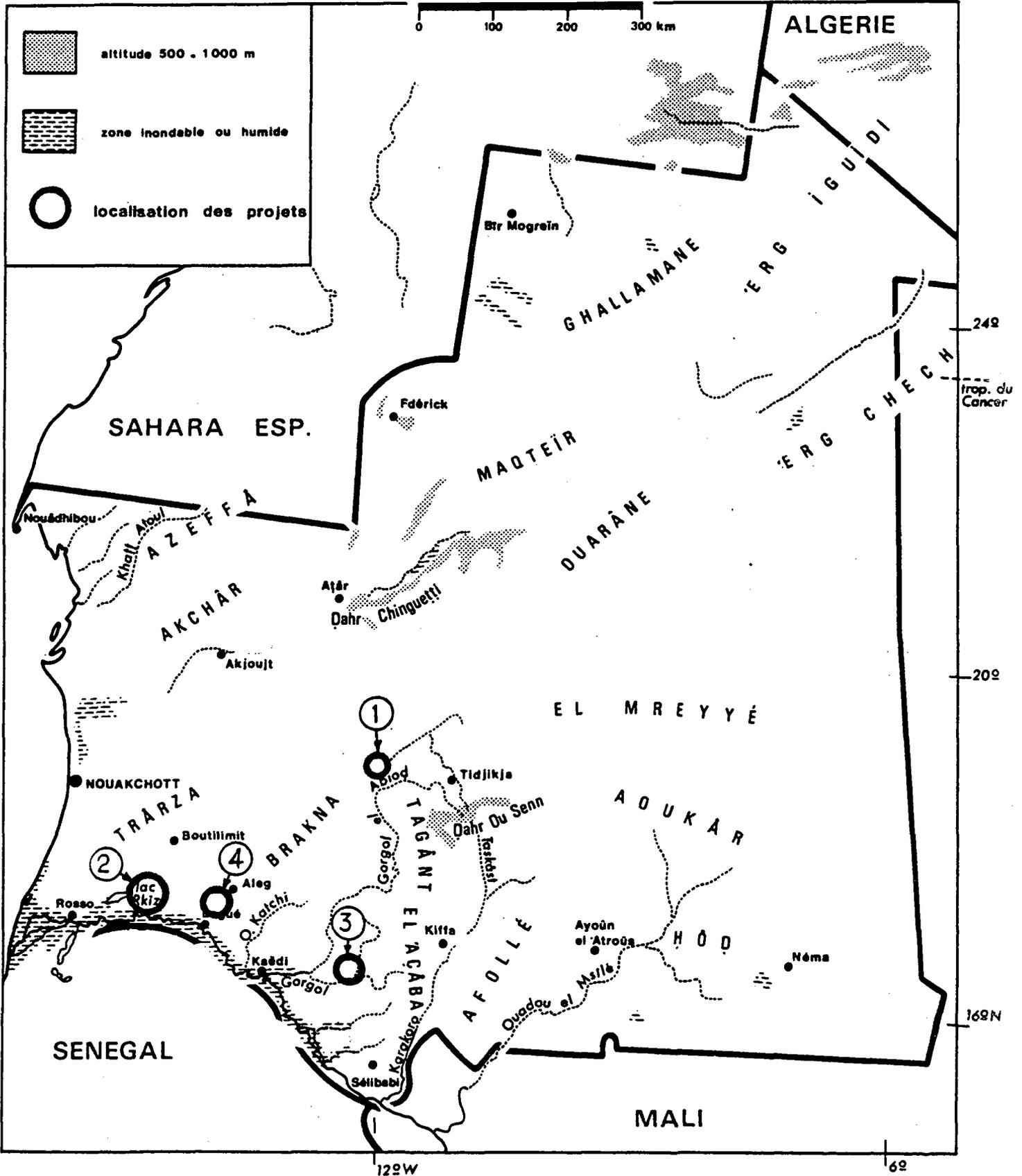
1ère phase : 1 243 000 Francs français (financement mauritanien)
2ème phase : 1 098 300 Francs français (financement FAC)

MAURITANIE

- ① Tamourt
- ② R'kiz
- ③ Gorgol
- désenclavement Boghé



BCEOM



2. ETUDE DE L'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU LAC R'KIZ

(cf. carte de localisation)

- Etude réalisée entre 1970 et 1980 :

DESCRIPTION DE L'ETUDE

Le lac R'KIZ est une vaste dépression située en bordure du fleuve SENEGAL, à proximité de la ville de ROSSO, dans la zone d'influence du barrage de DIAMA ; les terres y sont de bonne qualité. La réalisation du présent projet qui concerne la mise en valeur de la zone de ce lac a été prévue dans le cadre du schéma directeur des aménagements hydro-agricoles de la rive droite du SENEGAL.

Cette région présente de grandes potentialités et des possibilités importantes d'irrigation gravitaire.

L'étude a comporté :

- . Des levés topographiques pour arriver à un plan d'ensemble au 1/20 000 sur 20 000 hectares,
- . Une étude pédologique du fond du lac et des dépressions interdunaires,
- . Une étude agro-économique,
- . Une étude de l'élevage et de ses possibilités de développement,
- . Une étude hydraulique,
- . Une étude des schémas d'aménagement possibles et de leurs incidences agro-socio-économique.

Cette étude a permis d'aboutir à la définition d'un schéma directeur qui comporte plusieurs options :

- sans régularisation du fleuve SENEGAL, mise en valeur d'au moins 1 500 ha de cultures de décrue et de 1 650 ha de pâturages de décrue.

- avec régularisation, ces surfaces deviennent respectivement de 2 750 ha et 2 950 ha avec possibilité de mise en place d'un périmètre irrigué gravitairement de 5 000 ha ; dans cette dernière hypothèse il serait possible d'obtenir une production de 3 200 t de sorgho et 33 000 t de céréales irriguées. La population concernée par le projet compte environ 18 000 habitants.

Client : Société Nationale pour le Développement Rural (SONADER)

Financement : Fonds d'Aide et de Coopération

Montant de l'étude : 1.287.050 FF
3.605.416 Ouguiyas

3 - PROJET GORGOL NOIR (PERIMETRE DE FOUIM GLEITA)

(cf. carte de localisation)

ETUDE D'UNE PREMIERE TRANCHE D'AMENAGEMENT DE 600 HA et ASSISTANCE TECHNIQUE
A LA DIRECTION DU PROJET

- Etude en cours

L'aménagement du périmètre du GORGOL NOIR concerne une superficie d'environ 2 500 ha. Les études de base qui ont été effectuées par la Société EL NUOVO CASTORO ont conduit à l'exécution des réseaux primaires et secondaires du périmètre.

Le B.C.E.O.M. a été chargé par la SONADER de l'étude du réseau tertiaire et de l'aménagement terminal d'une première tranche de 600 ha qui seront mis en exploitation en 1984.

Le B.C.E.O.M. assure en outre l'assistance à la Direction du projet en fournissant à la SONADER un Adjoint au Directeur du projet en assistance technique longue durée.

CLIENT	:	Société Nationale de Développement Rural (SO.NA.DÉ.R)
FINANCEMENT	:	Fonds d'Aide et de Coopération
MONTANT DE L'ETUDE	:	308 000 F.
MONTANT DE L'ASSISTANCE TECHNIQUE	:	678 000 F.

4 - DESENCLAVEMENT DES PETITS PERIMETRES VILLAGEOIS DANS LA REGION DE BOGHE

(cf. carte de localisation)

- Etude réalisée en 1983

Les petits périmètres villageois situés dans la vallée du fleuve Sénégal sont isolés plusieurs mois par an par la crue du fleuve, ce qui pose de sérieux problèmes de communications et surtout d'entretien des groupes motopompes utilisés pour l'irrigation.

Le B.C.E.O.M. a été chargé d'étudier les possibilités de désenclavement du secteur de BOGHE qui s'étend sur une longueur de 130 km.

L'étude comprenait plusieurs phases :

- Une étude de factibilité technique et économique du désenclavement comprenant la recherche de variantes et l'étude économique.
- Une étude des possibilités d'améliorer les conditions de la décrue dans le lit majeur du fleuve par l'aménagement de ponts-vannes.
- Une étude au niveau projet d'exécution de 50 km de piste et d'une dizaine de ponts-cadres y compris la rédaction des dossiers d'appel d'offres.

CLIENT : Société Nationale de Développement Rural (SO.NA.DE.R)

FINANCEMENT : Fonds d'Aide et de Coopération

MONTANT DE L'ETUDE : 990 295 F.F.

II.7. - SENEGAL :

Etudes réalisées en 1982 et 1983

1. - ETUDE DE L'AMENAGEMENT DU BASSIN DE KAMOBEUL BOLON (CASAMANCE)

1.1. ZONE ET OBJET DE L'ETUDE (fig 1)

A la demande de la Direction de l'Equipement Rural du SENEGAL le groupe B.C.E.O.M.-I.R.A.T. a entrepris l'étude de l'aménagement du Bassin du KAMOBEUL-BOLON situé en CASAMANCE MARITIME.

Cette région, située au S.W. du pays (figure 1) se caractérise par sa faible altitude (inférieure à 20 mètres) et par une influence maritime marquée : à marée haute, le quart du bassin est occupé par la mer et constitue des vasières dont les sols ne se dessalent que partiellement à la saison des pluies (de Juillet à Octobre).

Autour des vasières inondées à chaque marée, se situe la zone des schorres (ou tannes) atteinte par les marées exceptionnelles, où se dépose le sel qui constitue une croûte blanche en bordure des vasières.

Ces tannes passent progressivement aux terrasses moyennes et hautes, rizicultivées et aux plateaux souvent occupés par la forêt.

Très peuplée autrefois par une population essentiellement diola, le KAMOBEUL a vu se développer une économie de subsistance qui repose sur deux activités principales : la riziculture et la pêche. Le manque de terres a conduit les paysans à mettre au point, au prix d'un dur travail, une technique de riziculture sur vasières salées, à l'abri de digues.

Depuis les années 60, une forte dépopulation a été enregistrée sur le bassin qui ne compte plus que 28 000 personnes (recensement de 1976). Les terres salées sont actuellement totalement délaissées au profit des zones hautes plus faciles à mettre en valeur et aux rendements plus élevés.

Le choix de cette zone d'étude correspond à un désir de l'administration de mettre en valeur une zone déshéritée et de la faire parvenir au moins à l'auto-subsistance, en protégeant les vasières contre les venues d'eaux salées au moyen d'un barrage, tout en développant la riziculture douce dans les zones plus hautes.

L'étude était orientée au départ vers la récupération des terres salées de vasières. Au cours de la collecte des données, il est vite apparu que les zones douces n'étaient pas cultivées comme elles le devraient. Il a été décidé de prévoir, en priorité, un aménagement de ces zones hautes qui sont le plus susceptibles d'amélioration et peuvent procurer des revenus supérieurs aux zones salées. Les aménagements de vasières ne seront réalisées que dans un deuxième temps, quand les techniques modernes de culture auront permis de dégager un excédent de main d'oeuvre.

Une analyse multicritère a conduit au choix d'une solution prévoyant la mise en valeur de plus de 8 000 hectares dont 2.468 ha en culture traditionnelle améliorée, 4.142 ha en culture attelée ou motorisée et 1.746 ha en culture de mangrove, grâce à la construction du barrage antisel de NYASSIA et de périmètres protégés par des endiguements.

L'étude a comporté en première phase le recueil de données de base destinées à la compréhension des problèmes posés. Un schéma d'aménagement a ensuite été élaboré, qui a été précisé en deuxième phase et doit déboucher sur des projets d'exécution.

1.2. DONNEES SUR L'ETUDE ECONOMIQUE ET TECHNIQUE DU BARRAGE DE KAMOBÉUL

L'étude économique et technique du barrage de KAMOBÉUL, en CASAMANCE, a permis d'abord de dégager les caractéristiques humaines et physiques d'une région mal connue, puis, dans un deuxième temps, d'élaborer le plan de développement.

Les études de base ont montré :

- La difficulté de la mise en valeur des vasières, dont les sols sont salés et ont tendance à s'acidifier sous l'action de la sécheresse et les possibilités de zones hautes non salées.
- L'importance des pluies (1.500 mm en année moyenne et 1.240 mm en année quinquennale sèche) réparties de Juin à Octobre, suffisante pour effectuer un cycle cultural normal.
- La pauvreté des ressources en eaux souterraines, qui peuvent être utilisées pour l'alimentation en eau potable, mais non pour l'irrigation.

- La faiblesse des revenus des agriculteurs : le revenu monétaire global d'une exploitation est de l'ordre de 20 000 F/CFA/an ce qui correspond à une rémunération horaire du travail de l'ordre de 30 F CFA.

L'étude des possibilités d'évolution a conduit à dégager les principes suivants :

- Les zones non salées seront aménagées en priorité puisqu'il a été montré qu'elles pouvaient assurer le plus fort revenu et la production la plus élevée. La culture manuelle sera améliorée, la culture attelée et la culture motorisée seront introduites et développées dans les exploitations où le nombre d'actifs est supérieur à 4. Restructuration foncière, création de pistes d'accès et de drains doivent faciliter l'accroissement des rendements.
- Les zones salées seront aménagées à l'abri d'endiguements (qui reprennent la technique diola traditionnelle) ou du barrage antisel, qui a prévu sur le marigot de NYASSIA, là où les apports d'eau douce sont les plus importants et suffisants pour assurer le dessalage et le lessivage des terres avant la mise en culture.
- Le projet étalé sur 16 ans prévoit la création d'une structure de mise en valeur totalement autonome destinée à assister les agriculteurs et organismes existants en les responsabilisant au maximum, puis à s'effacer peu à peu devant ces organismes.
- Les rendements devront passer de 0,9 t/ha de paddy à 2,5 t/ha (culture manuelle améliorée ou semis direct) ou 4 t/ha (repiquage).
- Les surfaces cultivées atteindront 8 488 ha en année 16 et la production dépassera 22 000 tonnes de paddy.
- Les activités annexes (forêt, pêche, cultures de plateaux...) seront encouragées.
- Deux périmètres pilotes sont prévus au démarrage du projet. Les cultures sur vasières débuteront en année 5, le barrage de NYASSIA sera construit en années 10 et 11 et le périmètre aménagé en années 12 à 16.

Le coût total du projet est estimé à 9.015,8 M. FCFA (1982, sans prévision pour inflation) qui peuvent se décomposer en deux tranches :

. Années 1 à 9 = 6 115,2 M. F.CFA

. Années 10 à 16 = 2 900,6 M. F CFA

Le maintien des subventions actuelles sur engrais et produits phytosanitaires et le renforcement du prix intérieur du paddy qui devra passer de 51 F. à 61,9 F/kg permettront d'élever à 630 F.CFA le revenu moyen journalier de l'agriculteur et rendront le projet attractif.

3. ETUDES FUTURES A ENTREPRENDRE

Périmètre de NYASSIA

Il s'agit de préparer le projet d'exécution lié au barrage antisel de NYASSIA. Alors que le barrage a été étudié jusqu'au stade "Projet d'exécution" le périmètre n'est étudié qu'au niveau A.P.S.

Aménagement des terres hautes

6.610 ha nets doivent être mis en culture sur les zones hautes, c'est-à-dire non salées. Elles ont été étudiées au niveau A.P.S. seulement, à l'exception du périmètre pilote de TANBAKOUTA.

Endiguements : 758 ha nets sont à aménager en endiguements.

Etude de restructuration foncière :

L'ensemble du bassin du KAMOBÉUL est à étudier sous l'angle de la restructuration foncière, portant sur :

- l'inventaire foncier pour l'établissement d'un cadastre,
- la classification des terres,
- l'étude socio-économique des exploitations,
- l'élaboration du plan de remembrement.

Etude de la structure de mise en valeur

La structure de mise en valeur est destinée à assister les attributaires dans la gestion des aménagements.

REALISATIONS

Les réalisations peuvent être exécutées dès maintenant sur les projets suivants dont les projets d'exécution ont été établis :

- . Barrage antisel de NYASSIA : 1.200 ha nets
- . Périmètre pilote d'ETOME : 46,4 ha nets
- . Périmètre pilote d'EDIOUNGOU : 26,3 ha nets.

2. AMENAGEMENTS HYDROAGRIQUES EN MOYENNE CASAMANCE (cf FIG.2.)

L'étude réalisée par le B.C.E.O.M. sur financement F.A.C. porte sur l'aménagement hydro-agricole d'une zone de 1.500 km² située en Moyenne Casamance.

Cette étude propose, outre un schéma d'aménagement à long terme, une série de réalisations de 8 petits projets définis comme prioritaires, couvrant au total une superficie irrigable de 760 ha aux fins de cultures rizicoles.

2.1. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE

- . Climat : Une pluviométrie moyenne annuelle de 1.300 mm qui a chuté à 1 000 mm ces 12 dernières années.
- . Cultures : Essentiellement riziculture aquatique ou pluviale
- . Population : 156.000 Habitants répartis en environ 150 villages d'ethnies variées : Peulhs, Diolas, Mandingues, Mandjaques, Mancagnes). La population y est jeune : 45% a moins de 15 ans.
- . Ressources en eau : Les ressources en eau souterraine, encore mal connues, doivent être, sauf cas particuliers, réservées à l'alimentation en eau potable. La salinité actuelle de la Casamance interdit, même en amont de la zone d'étude, toute utilisation de l'eau pour l'irrigation.

2.2. PROJETS EXISTANTS EN COURS

La SOMIVAC, organisme étatique d'aménagement de la CASAMANCE, a fixé dans son plan directeur de 1978 les principaux axes de développement de cette région :

- autosuffisance vivrière régionale
- intégration de l'élevage à l'agriculture
- développement de la pêche et de l'exploitation forestière.

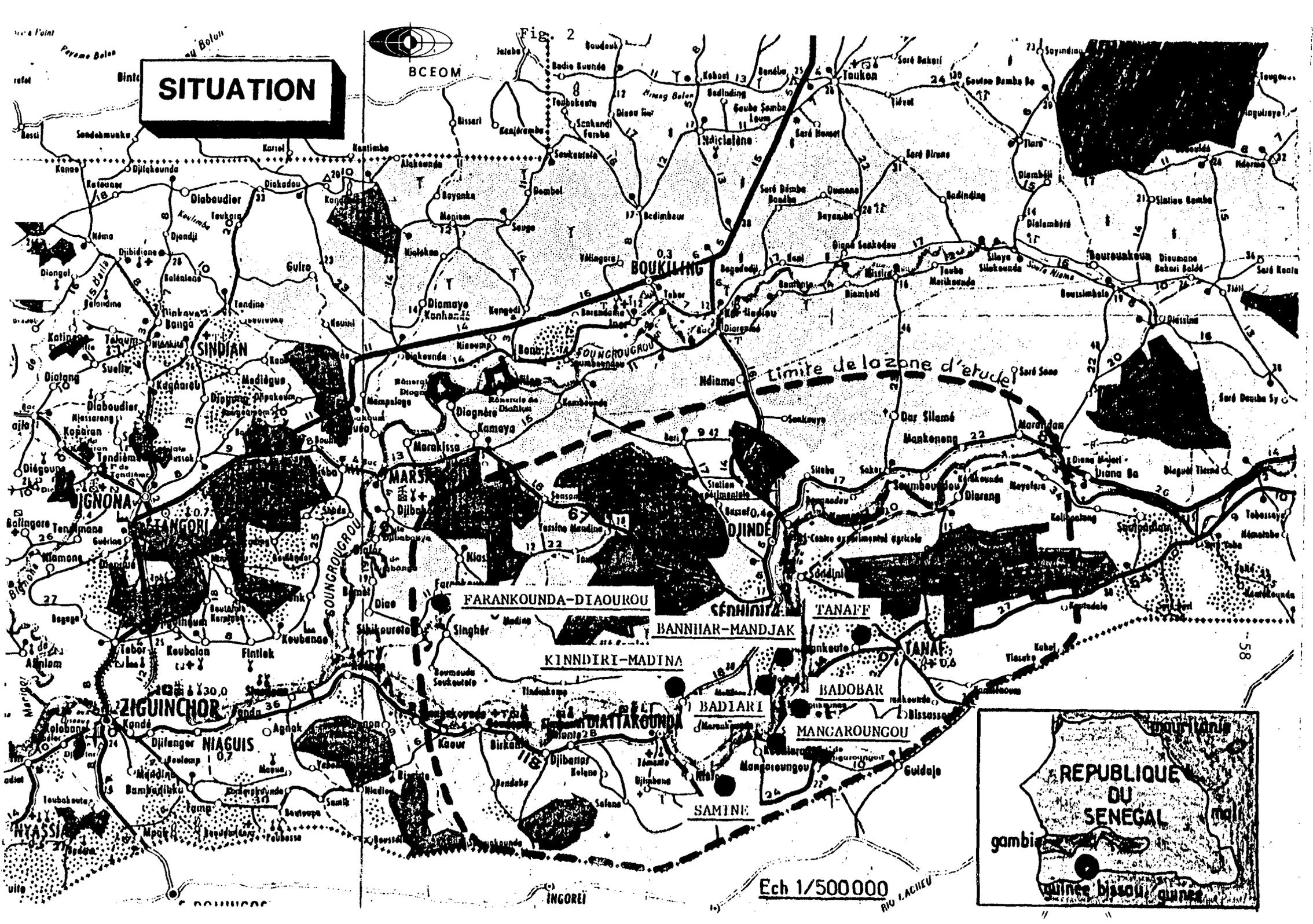
La Chine a participé à la réalisation d'un petit aménagement hydro-agricole à l'amont des barrages anti-sel : à SIMBANDI-BALANT 100 ha qui n'ont jamais été mis en culture. D'autres barrages anti-sel, DIAGNON et GUIDEL ont également été réalisés, mais aucun aménagement ou tentative d'aménagement n'a été prévu.

SITUATION

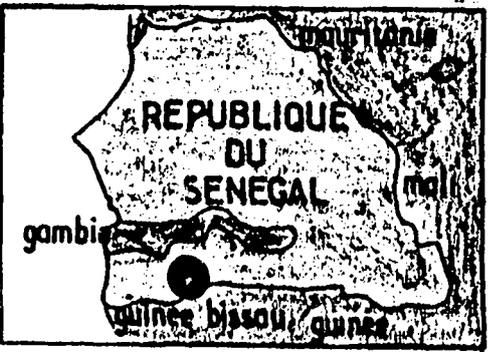


BCEOM

Fig. 2



Ech 1/500000



RU LACIUE

L'introduction de la motoculture a été tentée : 36 motoculteurs ont été distribués par la mission chinoise.

Enfin, le projet rural de SEDHIOU (P.R.S.) commencé en 1972 a permis la réalisation de nombreux aménagements hydro-agricoles destinés à protéger et récupérer les terres des vallées envahies par l'eau salée. En fait pour des raisons liées à l'organisation de la gestion des périmètres au système d'attribution des terres et à la faiblesse de l'encadrement, aucun des aménagements réalisés n'est exploité.

2.3. PROPOSTIONS POUR L'AMENAGEMENT DE LA ZONE : 8 PROJETS PRIORITAIRES

L'étude B.C.E.O.M. préconise la réalisation de 8 Projets. Ceux-ci étudiés jusqu'au stade A.P.D. et documents d'appel d'offres concernent 6 barrages antisel, 2 endiguements et leurs périmètres irrigués respectifs.

Ces projets concernant 2 types de zones : les tannes et les vasières.

Les vasières sont topographiquement les plus basses, régulièrement inondées à chaque marée. Les tannes, en bordure des vasières, ne sont atteints que par les marées les plus fortes. En bordure des zones inondées, les sels s'y concentrent et ils sont recouverts de croûtes blanchâtres en saison sèche.

Les aménagements devront respecter 2 principes :

- les sols de vasières ne peuvent être dessalés que temporairement en début d'hivernage. Ils devront être humidifiés en toutes saisons pour éviter sursalure et acidification,
- les sols de tannes peuvent être dessalés en permanence s'il y a maîtrise totale de l'eau et emploi de techniques culturales appropriées (paillage).

2.3.1. Projets avec barrages antisel

Ils concernent les fonds des vallées salées situés à l'aval des marigots, juste avant leur confluence avec le fleuve Casamance : ce sont des zones soumises à l'influence des eaux salines.

Ces surfaces à peu près planes sont libres car la riziculture y a été abandonnée au cours de la dernière décennie. En raison de leur position topographique ce sont celles qui reçoivent le maximum d'eaux de ruissellement. Par contre les sols de ces zones sont salés, potentiellement acides. Leur mise en valeur est possible à condition de procéder préalablement à un lessivage en début de cycle et de les humidifier en saison sèche. Ces techniques culturales sont délicates à mettre en oeuvre. Le coût d'aménagement est élevé.

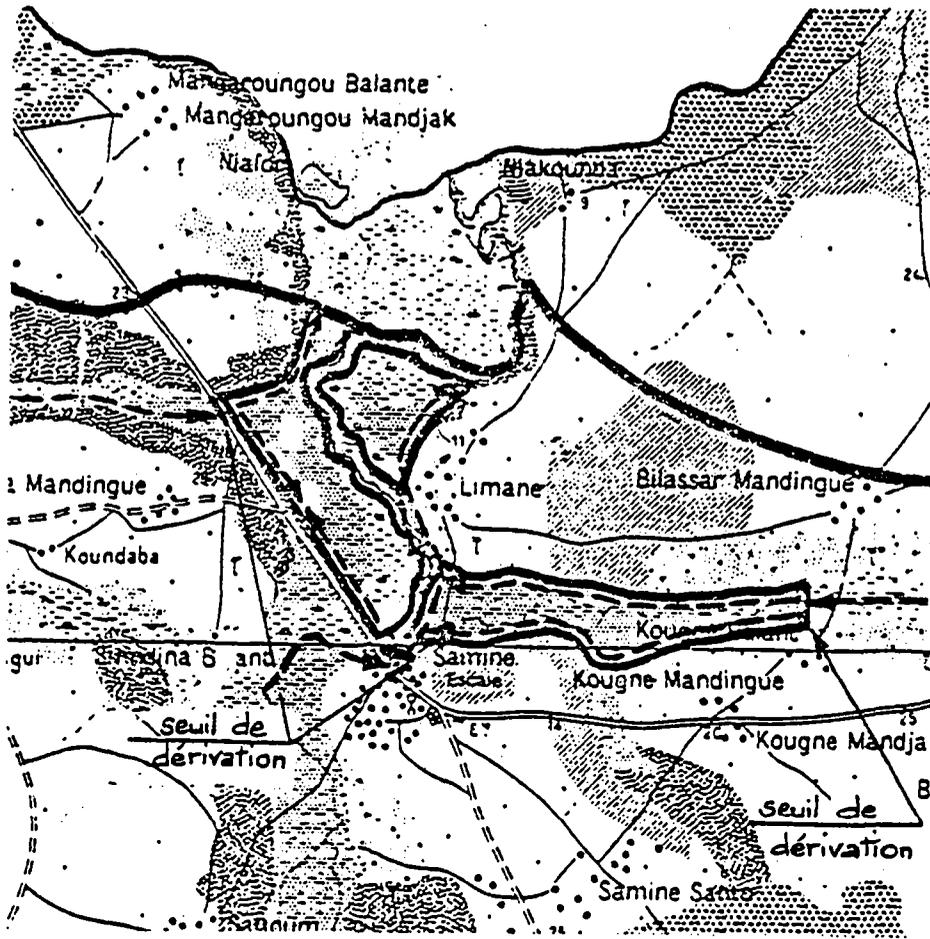
Les ouvrages hydrauliques prévus comportent :

- un barrage antisel à l-aval, interdisant les venues d'eaux salées en hivernage et permettant, grâce aux vannes murales, la mise en communication en saison sèche avec la Casamance, pour maintenir l'humidité des terres et éviter les sursalures.

- un seuil amont destiné à diriger l'eau vers deux canaux d'irrigation.

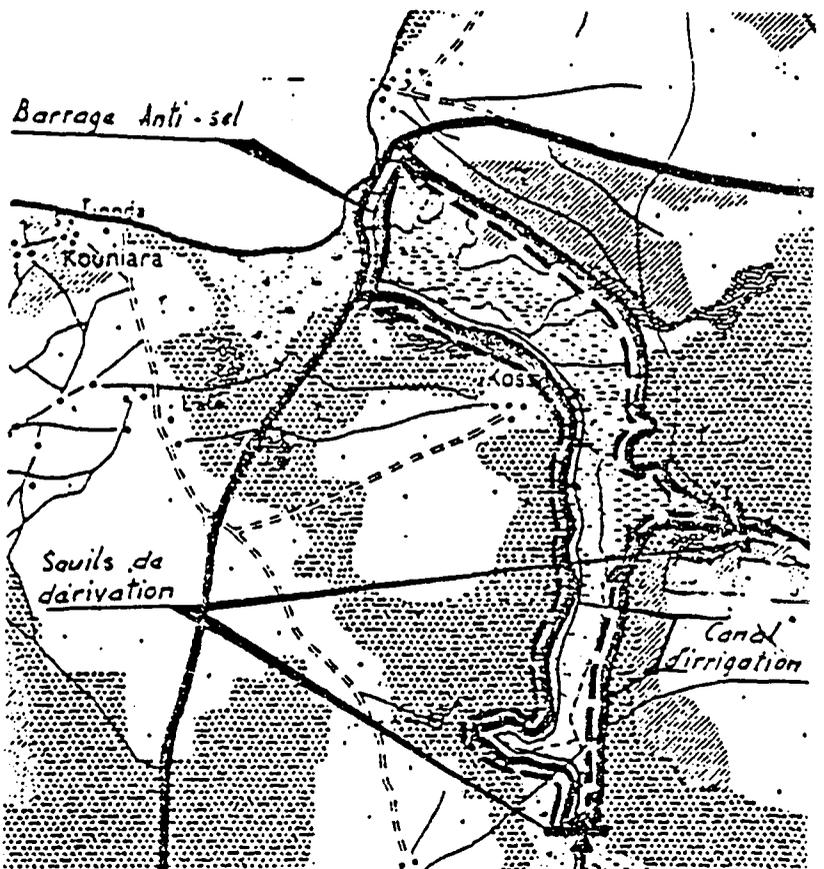
L'ensemble est drainé par un drain central qui récupère les eaux du bolon.

LES DEUX TYPES D'AMÉNAGEMENTS RETENUS



les endiguements

le barrage anti-sel



2.3.2. Projets avec endiguements

Ces aménagements ne sont que la transposition de la riziculture traditionnellement pratiquée jusqu'en 1960 en Casamance. Leur intérêt en est la rusticité et leur petite taille qui permet une gestion autonome par les attributaires eux-mêmes. Ses digues de protection ceinturent les périmètres établis sur sols salés, en bordure des zones hautes.

Projets prioritaires	Type	Surface cultivable nette (ha)	Coût en M.FCFA (estimation base 1981)
1. BADIARI	barrage anti-sel	28	56
2. BADOBAR	" "	194	205
3. BANNHAR-MANDJAK	" "	26	50
4. FARANKOUNDA-DIAOUROU	" "	65	88
5. KINNDIRI-MADINA	" "	30	49
6. MANGAROUNGOU	" "	69	100
7. SAMINE ESCALE	endiguement	155	180
8. TANAFF	" "	<u>185</u>	<u>212</u>
	<u>TOTAL =</u>	<u>752</u>	<u>940</u>

Un inventaire des sites aménageables a par ailleurs été effectué dans le cadre de cette étude. Il a recensé 41 possibilités complémentaires aux 8 prioritaires. Il s'agit essentiellement de bas-fonds, associés ou non à des retenues collinaires.

2.4. PROPOSITIONS DU B.C.E.O.M.

Deux projets, du fait de sites favorables et de l'intérêt montré par les villageois, doivent être considérés comme prioritaires :

- le projet de BADOBAR

- le projet de MANGAROUNGOU

Le B.C.E.O.M. considère que la construction des ouvrages et des périmètres doit être impérativement associée à la mise en place de leurs utilisateurs et à la mise en route de l'exploitation. Il a d'ailleurs été prévu que les attributaires participeraient à certains travaux d'aménagement. C'est pourquoi, il convient de prévoir la prestation d'un ingénieur (profil génie rural ou travaux ruraux) dont le rôle serait triple :

- 7 assurer le contrôle des travaux
- organiser et coordonner le choix des attributaires et la répartition des terres sans intervenir directement : la décision devra revenir aux chefs de village,
- coordonner la mise en route du périmètre.

Les travaux de construction du périmètre devant s'étaler sur deux ans, une troisième année sera consacrée à la mise en route.

ETUDE EN COURS : ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT DU DELTA DU FLEUVE
SENEGAL (fig. 1 et 2).

La Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du fleuve SENEGAL, et de la FALEME (SAED) a confié l'étude du schéma directeur d'aménagement du delta du fleuve SENEGAL dans l'optique du barrage de DIAMA (financement FAC).

Cette étude comporte trois volets :

- 1) Diagnostic de la situation actuelle du delta : ce diagnostic est basé sur l'analyse de l'essentiel de la documentation existante complété par des enquêtes socio-économiques sur le terrain.
- 2) Schéma directeur de développement à moyen terme (horizon 2000) : ce schéma doit définir, sur la base des objectifs fixés par le maître d'oeuvre, le système de mise en valeur intégrée du delta, à partir des potentialités et des contraintes du développement des divers secteurs d'activités de la zone intéressée.
- 3) Plan d'aménagement à court terme devant établir les programmes des réalisations prévues pour la période 1985 - 1990, et destinés à optimiser les effets de la mise en eau du barrage de DIAMA sur les aménagements et l'environnement du delta.

La démarche qui correspond à la mise en oeuvre des 3 phases de l'étude est détaillée dans les termes de référence de l'étude.

Cette étude de durée 10 mois en est à la fin de la 1ère phase (diagnostic).

Cette phase a comporté 2 étapes :

- 1) Analyse de la situation actuelle, effectuée suivant trois voies :

- . Compilation de la documentation existante
- . Enquête socio-économique sur le terrain
- . Photo-interprétation de la dernière photographie aérienne du delta

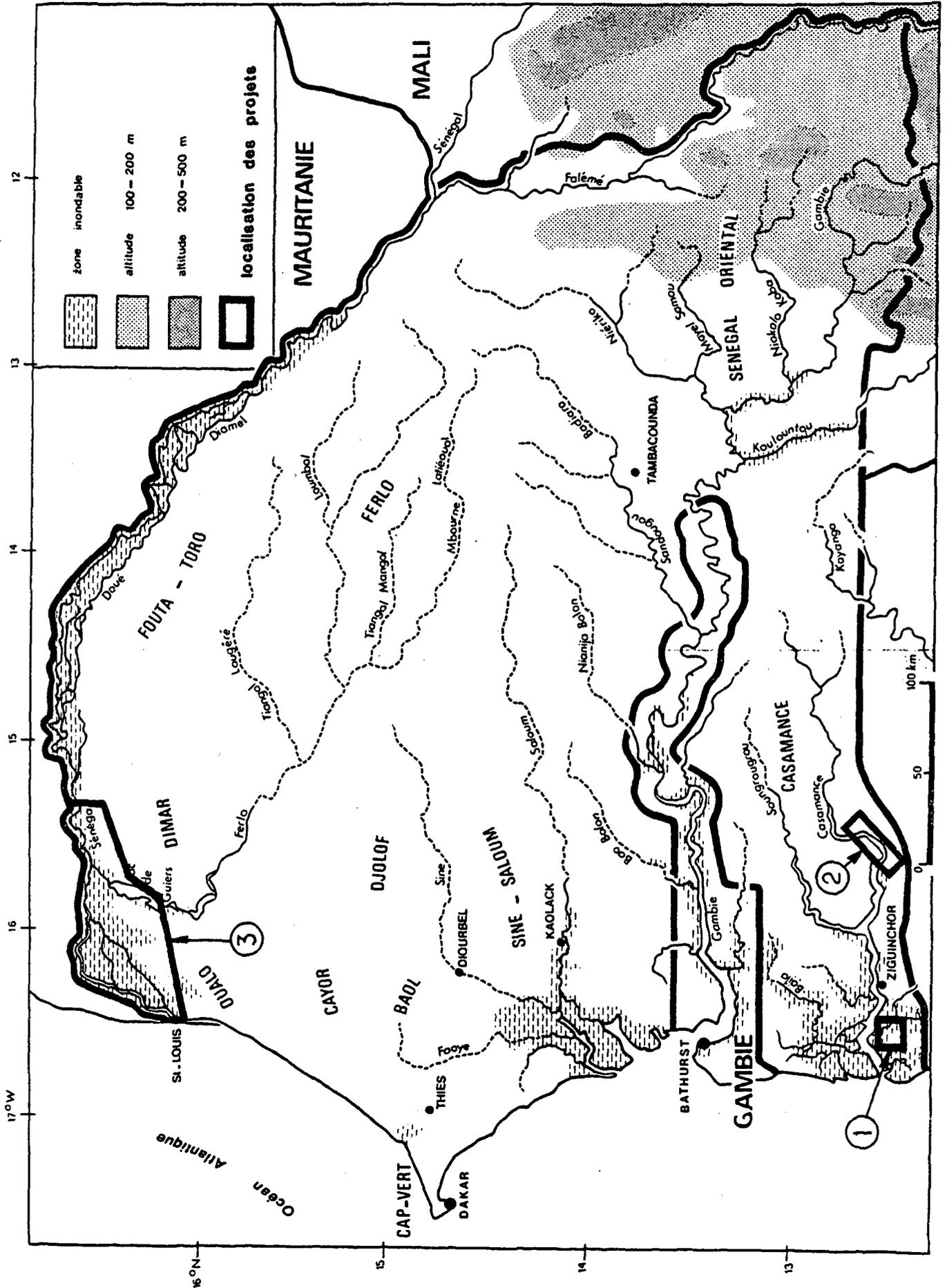
- ① aménagement du bassin de Kamobeul Bolon
- ② aménagement hydro agricole en Moyenne Casamance
- ③ étude du schéma directeur d'aménagement du delta du fleuve Sénégal MDE/SAED - FAC

FIG. 1

SENEGAL



BCEOM

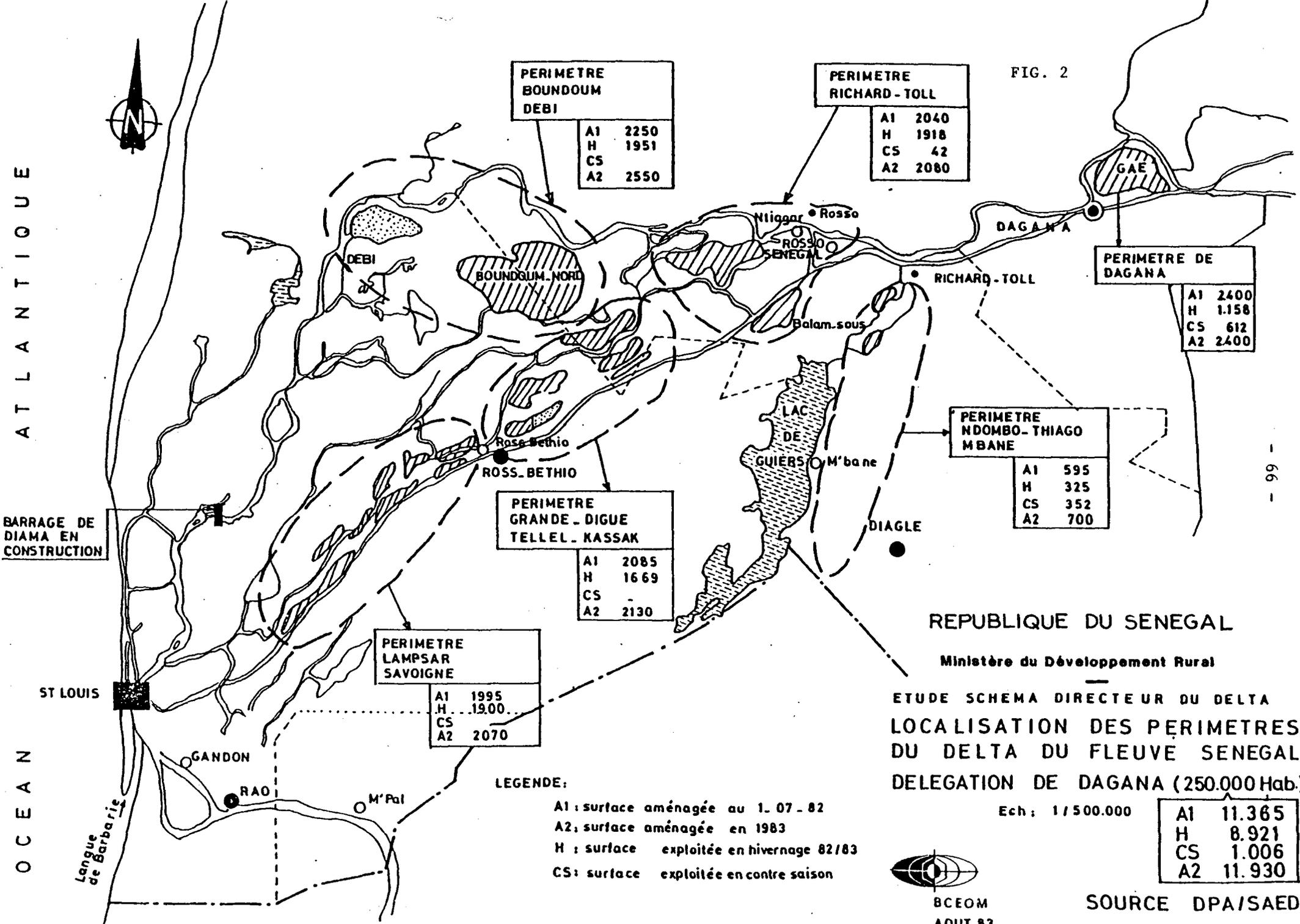


ATLANTIQUE

OCEAN



FIG. 2



PERIMETRE BOUNDUM DEBI

A1	2250
H	1951
CS	-
A2	2550

PERIMETRE RICHARD-TOLL

A1	2040
H	1918
CS	42
A2	2080

PERIMETRE DE DAGANA

A1	2400
H	1.158
CS	612
A2	2400

PERIMETRE NDOMBO-THIAGO MBANE

A1	595
H	325
CS	352
A2	700

PERIMETRE GRANDE-DIGUE TELLEL-KASSAK

A1	2085
H	1669
CS	-
A2	2130

PERIMETRE LAMPSAR SAVOIGNE

A1	1995
H	19.00
CS	-
A2	2070

A1	11.365
H	8.921
CS	1.006
A2	11.930

LEGENDE:

- A1 : surface aménagée au 1.07.82
- A2 : surface aménagée en 1983
- H : surface exploitée en hivernage 82/83
- CS : surface exploitée en contre saison

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Ministère du Développement Rural

ETUDE SCHEMA DIRECTEUR DU DELTA
 LOCALISATION DES PERIMETRES
 DU DELTA DU FLEUVE SENEGAL
 DELEGATION DE DAGANA (250.000 Hab.)

Ech : 1/500.000



BCEOM
AOUT 83

SOURCE DPA/SAED

Cette analyse se rapporte aux études concernant les données physiques et les données socio-économiques et humaines de la zone considérée.

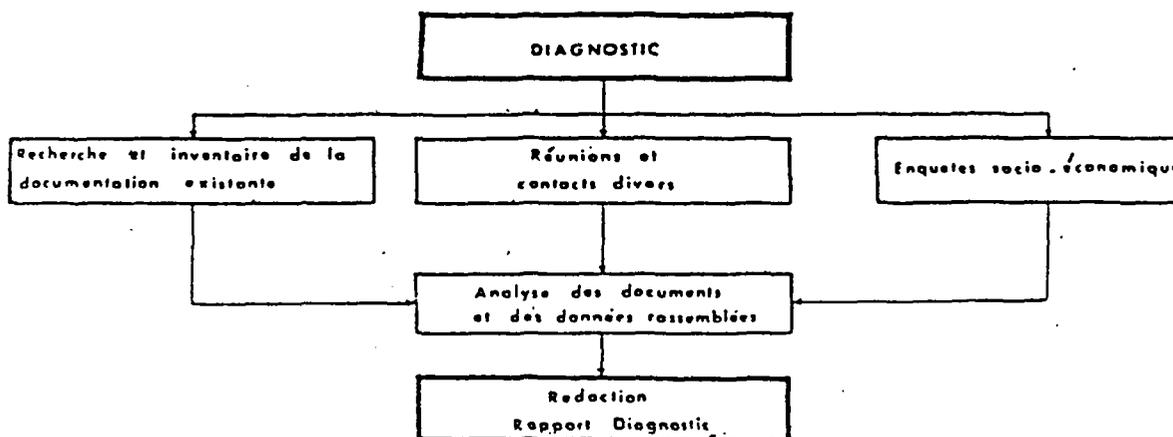
Les résultats tirés de l'analyse de ces données sont présentés sous forme visuelle, par des cartes thématiques, des tableaux ou des graphiques, accompagnés de commentaires.

- 2) Analyse des effets induits par la mise en valeur du delta, depuis notamment 1968, année qui caractérisait les premiers types d'aménagement hydrauliques simples par la SAED.

Nous avons préféré prendre l'année 1968 plutôt que l'année 1960 comme base de comparaison car seul existait en 1960 le casier rizicole de RICHARD TOLL, le reste du delta étant dévolu à l'élevage, à quelques cultures sèches, et à la pêche.

DEROULEMENT SCHEMATIQUE ET CONTENU DE LA PHASE DU DIAGNOSTIC

a) Organigramme



b) Enquêtes socio-économiques

Elles ont comporté deux phases successives de 3 à 5 semaines respectivement :

- B.1. - Enquêtes villages ayant comporté un recensement général des villages qui outre l'évolution démographique, a permis de préciser les activités principales et secondaires, les équipements sociaux, les difficultés d'accès éventuelles.
- B.2. - Enquêtes exploitations, ayant permis de préciser les caractéristiques dans les diverses zones d'action de la SAED et de réaliser une analyse d'opinion auprès des producteurs dans la perspective du développement de l'irrigation après le barrage de DIAMA.

Les enquêtes socio-économiques ont été préparées en concertation avec la SAED pour en définir les modalités, le choix de l'échantillon et pour mettre au point les questionnaires.

Les phases restantes de l'étude sont en cours de préparation et seront basées sur les contraintes identifiées lors du diagnostic ayant permis d'établir une "photographie" exhaustive de la situation actuelle.

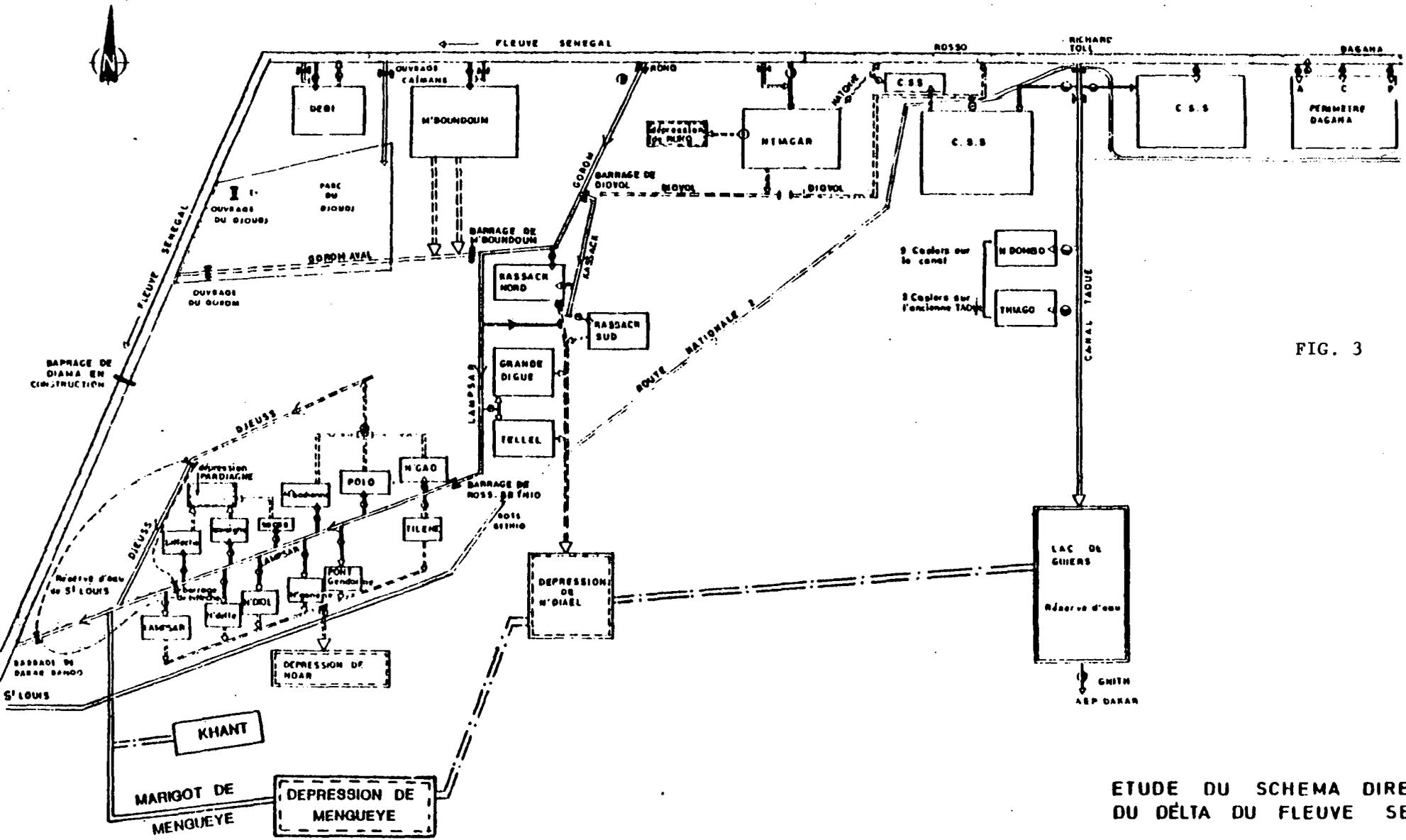


FIG. 3

ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR
DU DELTA DU FLEUVE SENEGAL

SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME HYDRAULIQUE DU DELTA

- LEGENDE
- STATION DE POMPAGE
 - STATION D'EXHAURE
 - BARRAGE VANNES
 - BARRAGE
 - COURS D'EAU
 - RESEAU DE DRAINAGE
 - MARIOT A FONCTIONNEMENT INTERMITTENT
 - PERIMETRES IRRIGUES
 - LAC
 - ZONE D'EPANDAGE

II.8 - TOGO : ETUDES DE L'AMENAGEMENT A BUTS MULTIPLES DE LA "FOSSE AUX LIONS".

- Financement FAC

- Etude réalisée en 1982

1 - INTRODUCTION

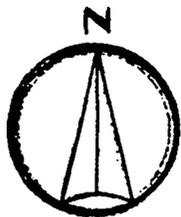
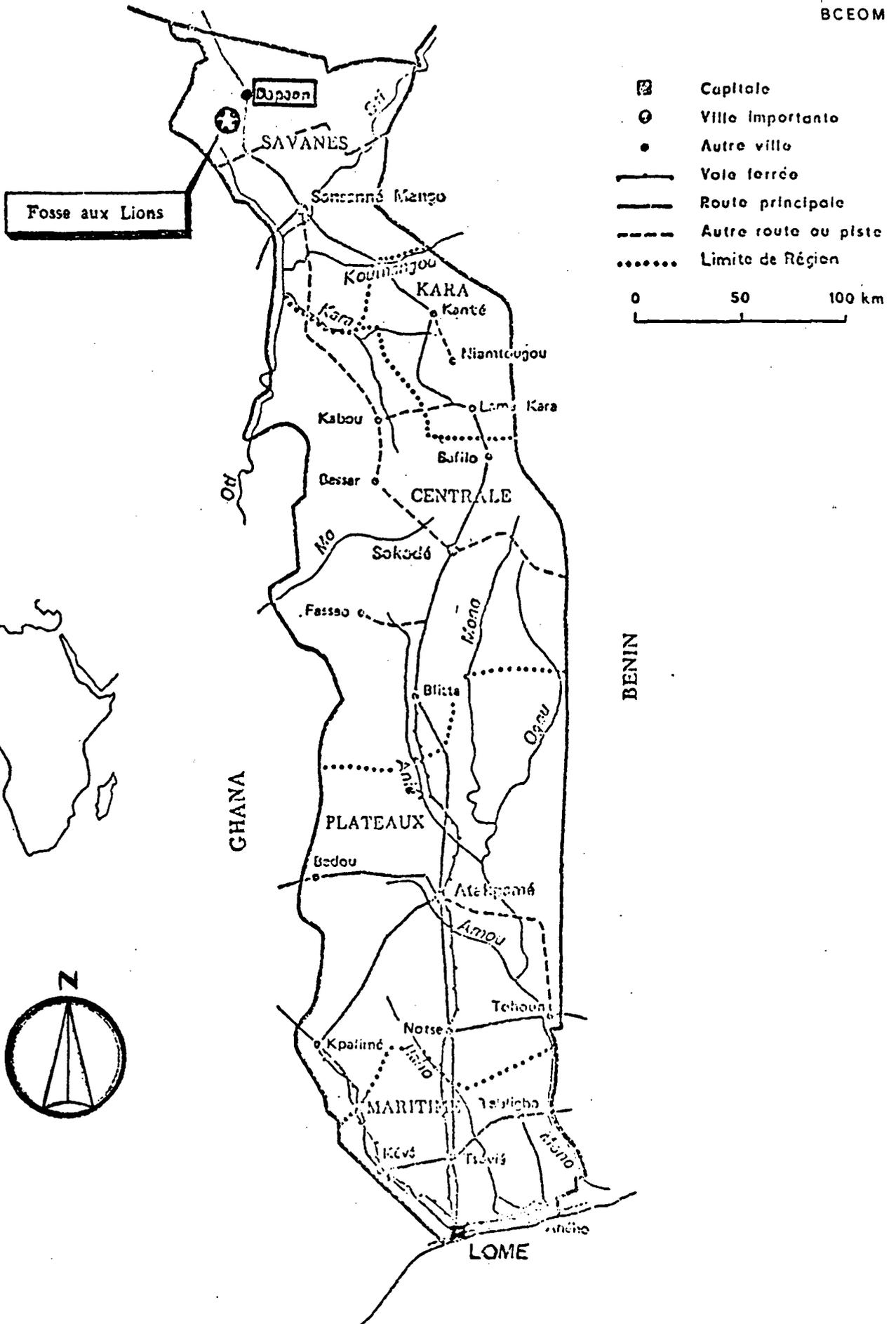
La "Fosse aux Lions" est une dépression située à l'extrême Nord de la République Togolaise à 600 km de LOME, tout près de la ville de DAPAON, chef lieu de la Province des Savannes. Le contrat, objet des présentes études, fait suite à des études sectorielles antérieures qui avaient pour but de mieux valoriser les ressources en eau de cette région par :

- la création d'un périmètre d'irrigation à proximité de la "Fosse aux Lions" et à partir d'un barrage sur la rivière KOUMFAB, déjà étudié au niveau avant-projet-sommaire en 1964,
- l'alimentation en eau de l'agglomération de DAPAON, peuplée aujourd'hui de 20 000 habitants environ, soumise à une croissance rapide et qui ne disposait en 1980 que de moins de 10 l d'eau par habitant et par jour.

Les conditions climatiques de type sahéliennes sont caractérisées par l'absence de pluie et par conséquent de ruissellements superficiels d'Octobre à Mai. Les ressources en eaux souterraines étaient faibles, essentiellement contenues dans un substratum granitique. La mise en valeur de la région et le développement urbain sont assujettis à la découverte et à la mobilisation de nouvelles ressources en eau; c'est l'objet du présent projet qui comprenait après une reconnaissance et des investigations de base, des avant-projets de construction de barrage d'adduction d'eau, d'aménagement hydroagricole et d'aménagement rural intégré.



HAUTE-VOLTA



2 - PRESENTATION DES PRINCIPAUX RESULTATS

Les études menées ont permis de déboucher sur des résultats qui sont détaillés ci-dessous :

A - RECONNAISSANCE PRELIMINAIRE

Cette reconnaissance a permis de définir, à partir de la documentation existante, les investigations de base complémentaires à mener, à savoir la topographie, une étude hydrogéologique et des forages de reconnaissance, ainsi que des études et essais géotechniques.

B - INVESTIGATIONS DE BASE

Les investigations faites en étroite liaison avec les Services Nationaux ont permis de faire apparaître les points suivants :

- La nappe des granites à proximité immédiate de DAPAON peut être exploitée à 700 m³/jour soit près de quatre fois les disponibilités de 1980. L'équipement d'un forage de reconnaissance a permis de doubler les volumes distribués quotidiennement pour la ville.
- La nappe des grès située à quelques kilomètres de DAPAON a des potentialités importantes; un forage de reconnaissance à 6 km au Sud-Est de la ville peut être exploité à 25 m³/h soit 500 m³/jour et des forages plus lointains, mais situés dans des zones de même faciès ont montré des débits de plus de 50 et même 60 m³/h. En une première estimation on peut penser pouvoir extraire de cette nappe, de l'ordre de 3 000 m³/j, ce qui permettrait largement de subvenir aux besoins de la ville de DAPAON à l'horizon 1990.

Une des conclusions est qu'une priorité absolue doit être mise sur les recherches d'eau, l'exécution des forages et leurs essais dans cette zone, tels que définis dans les études complémentaires de la variante B et qui sont donnés en annexe au présent dossier.

C - SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT

Il a pour but d'utiliser au mieux les eaux provenant des nappes souterraines et du barrage envisagé sur le KOUMFAB, de manière à satisfaire en priorité les besoins en eau potable de la ville de DAPAON en l'an 2 000, les besoins ayant continué à croître pour atteindre suivant les hypothèses des niveaux de 3 500 à 7 500 m³/jour. Les eaux excédentaires doivent être utilisées par un périmètre irrigué dans la plaine de la "Fosse aux Lions" et parallèlement à un programme général d'aménagement rural intégré de toute cette zone telle que représentée sur la carte ci-jointe. Plusieurs hypothèses ont été étudiées, les coûts d'investissements variant de 2,65 à 5,8 milliards de F. CFA comme l'indique le tableau suivant.

La variante B d'un coût de 5,65 milliards de F.CFA a été retenue par les autorités Togolaises. Une dernière variante "E" a également été esquissée uniquement pour l'adduction d'eau permettant de limiter le coût des investissements à 1,2 milliard et qui permet cependant de fournir 3 500 m³/jour d'eau à la ville de DAPAON.

Les études d'avant-projet et de factibilité ont été faites pour la variante B retenue par l'Administration.

D - BARRAGE SUR LE KOUMFAB

Le barrage est situé sur le KOUMFAB à 6,5 km au Sud-Ouest de la ville de DAPAON. Il est prévu en terre avec un déversoir en rive droite sur un seuil pour un débit écrêté de 20 m³/s. Avec une hauteur maximale de 11,6m, il a une capacité de 7,5 millions de m³ et permet de garantir en année quinquennale sèche l'utilisation de 8,3 millions de m³.

Son coût est estimé à 994 millions de F.CFA ventilés comme suit :

. barrage :	510 millions
.. évacuateur de crues	144
. ouvrages annexes	46
. pistes d'accès	<u>100</u>
	800
. Imprévus, études et surveillance de travaux :	<u>194</u>
TOTAL =	<u>994 millions</u>

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques de chacune des variantes.

Hypothèse de consommation d'eau suivant la croissance de la population	Forte		Faible		
VARIANTES	A	B	C	D	E
I° CARACTERISTIQUES DU PROJET					
. Alimentation en eau					
Capacité des installations m3/j	7.500	7.500	3.400	3.400	3.500
Satisfaction des besoins à partir des ressources :					
Nappe des granites m3/j	730	730	730	730	730
Nappe des grès m3/j	-	3.000	-	2.670	2.770
Barrage m3/j	6.770	3.770	2.670	-	-
. Périmètre irrigué (hectares)					
Saison des pluies	370	370	370	136	-
Contre saison	145	235	260	-	-
II° INVESTISSEMENTS (millions F.CFA 1982)					
1. Barrage sur le KOUMFAB	994	994	994	-	-
2. Captage et adduction d'eau					
Nappe des granites	45	45	45	45	45
Nappe des grès	-	643	-	643	643
3. Adduction d'eau à partir du barrage	1.460	670	670	-	-
4. Réseau de distribution urbaine	1.278	1.278	531	531	531
5. Périmètre irrigué	1.148	1.148	1.148	557	-
6. Aménagement rural intégré	874	874	874	874	-
TOTAL =	5.799	5.652	4.262	2.650	1.219

L'étude des avant-projets a permis de préciser davantage certains coûts qui figurent dans ce tableau et qui sont différents de ceux du schéma directeur.

E - ADDITION D'EAU

Les équipements projetés consistent :

- a) à porter la production d'eau souterraine de la nappe des granites de 300 à 730 m³/jour essentiellement en équipant 2 forages qui sont déjà réalisés mais non dotés d'équipements de pompage,
- b) à exploiter la nappe des grès à partir de 6 forages avec une adduction en Ø 200 mm sur 8 km jusqu'à un nouveau réservoir de 2 000 m³,
- c) à améliorer la distribution qui comportera deux étages :
 - un étage haut à partir d'un réservoir actuel de 250m³, trop plein à 390 m,
 - un étage bas à partir d'un nouveau réservoir, trop plein à 346,5 m.

La majeure partie de la ville et la totalité de son extension seront desservies à partir de l'étage bas.

- d) à prévoir une adduction d'eau à partir du barrage, les équipements comprendront :
 - un refoulement d'eaux brutes à partir d'une prise à l'aval du barrage,
 - une station de traitement de capacité nominale de 4 000 m³/j,
 - une adduction sous pression puis gravitaire en Ø 300 mm jusqu'au réservoir de 2 000 m³,
 - une station de reprise à partir du Ø 300 mm pour un apport complémentaire à l'étage haut de distribution.

Le montant des investissements correspondants est de 2.636 M. F CFA ventilés comme suit ;

. équipement des forages de la nappe des granites	45 M. F CFA
. captage et adduction nappe des grès =	643 M. F CFA
. réseau de distribution =	1 278 M. F CFA
. adduction à partir du barrage	670 M. F CFA

F - AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE ET AMENAGEMENT RURAL INTEGRE

Le périmètre hydro-agricole comprend un secteur amont de 136 ha nets et un périmètre aval de 235 ha nets.

En période de croisière la surface cultivée sera de 605 ha avec la répartition ci-dessous, ce qui correspond à une intensification culturale de 1,6.

<u>Saison des pluies</u>		<u>Contre-saison</u>	
Riz	370 ha	Maïs	66 ha
		Sorgho	66 ha
		Arachide	66 ha
		Niébé	37 ha

Pour des besoins de pointe de 144 m³/ha/jour et une irrigation de 8 h, le débit maximum est de 5 l/s/ha et se situe au mois de Février.

Le périmètre permettra l'installation de 370 familles et à terme la production de 1 700 t de paddy
200 t de maïs
70 t de sorgho
130 t d'arachide
40 t de niébé

dont l'écoulement sur le marché local ne posera aucun problème.

Complémentairement il est prévu un programme d'aménagement rural intégré portant sur :

- . la réalisation de 3 retenues collinaires de 700 000 m³ chacune pour l'alimentation en eau des populations et du bétail ainsi que 4 forages sur le versant Nord de la KOULOUGONA,
- . des mesures de conservation des eaux et du sol sur 930 ha,
- . des reboisements sur 150 ha
- . des zones protégées sur 999 ha.

L'ensemble des investissements d'un montant de 2. 022 M F. CFA se décomposant comme suit :

. périmètre hydroagricole	980 M. F CFA
. bâtiments	21 "
. matériel agricole	137 "
. véhicules	10 "
. retenues collinaires	364 "
. forages	18 "
. conservation des eaux et du sol	297
. zones protégées	132
. reboisement	63

RECAPITULATION ET ECHELONNEMENT DES INVESTISSEMENTS

Tous les investissements prévus ne doivent pas être réalisés en même temps puisque le barrage ne doit intervenir qu'à partir de l'année 10 du projet

Millions de F. CFA

A N N E E S .	n	n + 1	n + 10	Total
. Barrage	-	-	994	994
. Adduction d'eau	-	-	-	-
Equipement nappe des granites	45	-	-	45
Etude nappe des grès	55	-	-	55
Etudes d'exécution captage et distribution	50	-	-	50
Captage et adduction nappe des grès	-	563*	-	563
. Réseau de distribution urbaine	-	506	747	1 253
. Adduction à partir du barrage	-	-	670	670
. Périmètre hydroagricole	-	544	604	1 148
. Aménagement rural intégré	-	-	-	-
Etude d'exécution et aménagement	30	844*	-	874
<u>TOTAL =</u>	180	2.457	3.015	5.652

* investissements étalés sur plusieurs années à partir de l'année n + 1

G - ETUDE DE FACTIBILITE

Le résumé de l'étude de factibilité est donné en annexe, nous rappellerons ici les principaux résultats :

- . Le périmètre hydroagricole fait apparaître un taux interne de rentabilité économique de 5,3% en incluant dans les charges les 2/3 du coût du barrage,
- . L'adduction et la distribution d'eau ont un taux de rentabilité de 7,5%. Cependant la solution E correspondant à une desserte en eau uniquement à partir des eaux souterraines, présente un taux de rentabilité de 11,4%.
- . L'ensemble des aménagements liés au barrage : périmètre hydro-agricole et adduction d'eau de la ville de DAPAON montre une rentabilité de 6,5%.

3 - CONCLUSION

La ville de DAPAON a un rôle important à jouer dans l'avenir comme capitale régionale à proximité de la Haute Volta.

Les équipements de la ville doivent correspondre à sa vocation de ville étape et en particulier l'adduction et la distribution de l'eau sont d'une importance capitale dans ces équipements.

A cette fin différentes variantes ont été étudiées qui permettent de satisfaire l'ensemble des besoins en eau avec à terme la construction d'un barrage et la réalisation d'un périmètre hydroagricole avec double culture.

Le financement global de la solution retenue conduit à des investissements très importants, ils peuvent cependant être fractionnés dans l'espace et dans le temps.

Sans préjuger de l'avenir une première phase d'actions prioritaires (cf Annexe 1) d'un montant de l'ordre de 180 millions de F. CFA permettrait :

1. de garantir les besoins les plus urgents en eau, par équipement de la nappe des granites,
2. de garantir les ressources en eau souterraines pour les 10 prochaines années à partir de la nappe des grès,
3. d'amorcer un programme d'aménagement intégré par forages et aménagement diffus.

La deuxième phase concernera la mise en place de l'adduction et la distribution d'eau pour le moyen terme, ainsi que l'aménagement hydroagricole de première phase correspondant à la réalisation de 136 ha cultivés en riz.

La troisième phase, avec la construction du barrage permettrait de résoudre définitivement le problème de l'alimentation en eau de la ville de DAPAON, ainsi que la double culture intensive sur plus de 300 hectares.

III . PROPOSITION D'ETUDE

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

ETUDE ET MISE EN VALEUR DES MILIEUX LAGUNAIRES DE

L'AFRIQUE DE L'OUEST

APPROCHE METHODOLOGIQUE



BCEOM

FEVRIER 1984

Couvrant plus de 15 000 km², les milieux lagunaires* sont particulièrement bien développés le long du littoral de l'Afrique de l'Ouest.

Ces lagunes, formations généralement caractérisées par des flèches puissantes à crêtes de plage parallèles, s'égrènent sur plusieurs centaines de kilomètres : delta "bloqué" de la Casamance au Sénégal, mangroves et lagunes abritées de Côte d'Ivoire, du Togo, du Bénin, du Cameroun, du Gabon et du Congo.

Les lagunes côtières et leur environnement dépendent d'une marge incertaine dont on hésite à dire si elle appartient déjà à la mer ou encore au continent, si bien qu'ils ont été souvent ressentis comme des milieux défavorables, en particulier du fait de l'emprise malarienne et de l'isolement que créent les crues fluviales.

Mais, paradoxalement, du fait d'une part de leur situation au sein des plaines côtières et à la confluence des passages fluviaux et maritimes, d'autre part de leur haute productivité biologique, ces milieux ont aussi attiré l'homme.

En effet, le milieu lagunaire, abrité et calme, presque fermé, de taille réduite, souvent très peuplé et occupé par des poissons typiques, se prête à des formes d'exploitation plus aisées que le milieu marin limitrophe beaucoup plus grand et soumis aux aléas de la migration des stocks halieutiques.

* Les milieux lagunaires englobent les lagunes proprement dites, mais aussi les deltas, étangs saumâtres ou hypersalés et mangroves associés.

Aussi ces milieux ont-ils fait l'objet d'une valorisation permanente à mesure que s'affirmait la pénétration de l'homme.

C'est ainsi que l'exploitation de la matière vivante produite par les lagunes, rendue nécessaire pour assurer la subsistance des populations de pêcheurs qui continuent à y puiser les ressources permanentes d'une vie décente, a la plupart du temps correspondu à des initiatives spontanées très harmonieusement intégrées dans un contexte socio-économique de type traditionnel.

Ce type d'exploitation existe encore actuellement en Afrique Occidentale : la structure familiale des petits groupes qui vivent dans les lagunes, les préoccupations impérieuses de la subsistance, les difficultés de conservation des produits pêchés, contribuent à la persistance de formes peu évoluées. Ces méthodes, certes ancestrales et empiriques, conduisaient quelquefois à des rendements proches de l'optimum et sans indice de sur-exploitation.

Poussé par la pression démographique, l'homme a eu tôt fait de dépasser ce stade élémentaire de l'économie de cueillette : ses besoins toujours plus croissants, liés au niveau technique et au degré d'organisation sociale et politique, l'ont conduit à conquérir de nouvelles terres sur ces secteurs que se disputent le continent et la mer. Il découvre encore les possibilités de rechercher dans les sites lagunaires des matières premières "non renouvelables" (minéraux, graviers, pétrole) et "renouvelables" (ressources vivantes). Ces pratiques trop souvent spéculatives menacent de surexploiter gravement le potentiel producteur des lagunes côtières.

C'est ainsi que la création de passes artificielles, la fermeture de voies naturelles de communication avec la mer sont assorties de perturbations graves qui affectent les conditions de sédimentation, de salinité, de productivité, toutes modifications qui peuvent être à l'origine de la diminution des rendements de la pêche et du déséquilibre des écosystèmes. De même l'extension des villes en bordure des lagunes est à même d'entraîner des rejets domestiques, industriels et agricoles, sources d'un enrichissement anormal du milieu qui favorisent ainsi les tendances naturelles de

ces écosystèmes à la dystrophie.

A l'heure actuelle, l'utilisation des lagunes côtières révèle une grande diversité puisque les activités humaines que l'on y recense vont des économies de subsistance et de refuge à l'exploitation de ressources naturelles, aux concentrations massives de l'activité portuaire jusqu'aux opérations touristiques qui urbanisent des secteurs entiers.

Dans un tel contexte, il apparaît que certains types d'exploitation pourtant dominants par rapport aux autres activités, ont cependant peu évolué au regard du contexte socio-économique actuel.

On sait que les lagunes interviennent déjà puissamment dans la vie quotidienne des populations locales pour les nombreux produits de la pêche qu'elles offrent. Par ailleurs, l'on doit tenir compte du fait que les ressources côtières devront nourrir de plus en plus d'êtres humains et que la limitation prochaine de la pêche maritime mondiale est déjà annoncée par un appauvrissement des stocks. A ces divers titres, l'exploitation halieutique en milieu lagunaire, loin d'apparaître comme un vestige pittoresque d'activités artisanales, s'inscrit bien au contraire dans une perspective dynamique où les pratiques traditionnelles de cueillette et d'élevage devront faire place à des techniques plus "aquacoles".

Les facteurs d'expansion économique, actuellement prioritaires, sont souvent peu adaptés et mal assimilés au tissu économique local : ils peuvent engendrer des conflits entre activités traditionnelles et activités nouvelles.

Ainsi la pêche traditionnelle résiste difficilement à l'urbanisation du littoral et plus généralement à la transformation du milieu qui en résulte à titre d'exemple, les rendements moyens en lagune dans la région d'Abidjan sont passés, pour la pêche industrielle, de 300 kg à 10 kg par jour et par pêcheur entre 1940 et 1973, baisse due vraisemblablement à l'ouverture du canal du Vridi et à la pollution occasionnée par l'urbanisation d'Abidjar

Le pêcheur individuel qui n'a pu changer de lieu puisqu'il travaille toujours à partir de son village, a donc souvent été obligé d'abandonner la pêche et de revenir à son occupation première, à savoir l'agriculture.

A fortiori, une activité nouvelle, telle l'aquaculture, n'a de chance de se développer harmonieusement que si le milieu est préservé de contaminations bactériennes et chimiques excessives.

La mise en valeur des espaces lagunaires exige que l'on tienne compte de l'ampleur prise par les formes actuelles d'occupation et d'utilisation telles qu'on les perçoit au travers de l'exploitation des ressources naturelles ou de l'expansion industrielle dont ils font l'objet. Les principes de mise en valeur doivent prendre en considération trois notions fondamentales :

- richesse mais fragilité de l'environnement lagunaire très vulnérable aux agressions liées aux activités des sociétés pré-industrielles ou sur la voie de l'industrialisation.
- Utilité de l'environnement lagunaire pour le développement harmonieux des populations et leur persistance.
- Accroissement permanent et rapide des éléments "agressifs".

Ils doivent s'appuyer sur un développement planifié dont les objectifs seront :

- de révéler les potentialités des milieux lagunaires, mais aussi leurs aptitudes à une gamme d'utilisations variées,
- de proposer concrètement une organisation de l'espace qui prenne en compte non seulement les besoins économiques mais aussi les données du milieu naturel,
- enfin de prévoir et de maîtriser l'évolution du milieu, compte tenu des aménagements réalisés et projetés.

Préalablement à toute mise en valeur des milieux lagunaires, il est donc nécessaire de définir la planification spatiale de l'occupation du sol et de l'espace aquatique pour utiliser au mieux leurs aptitudes sans que les utilisations et les aménagements envisagés compromettent leurs potentialité

En d'autres termes, face au modèle économique qui traduit la demande sociale il s'agit de confronter un modèle qui exprime l'offre du milieu.

La planification écologique permet d'élaborer un modèle de ce type sans pour autant constituer un substitut à la planification économique ; cette méthode vise simplement à réintroduire au niveau de l'organisation de l'espace l'ensemble des connaissances du milieu physique, naturel et socio-économique.

Les essais prometteurs réalisés depuis quelques années aux Etats Unis par l'application de la méthode mise au point par MAC HARG dès 1965, ont permis d'utiliser les données scientifiques du milieu sous une forme mieux adaptée, plus compréhensible et directement exploitable pour les problèmes d'aménagement et d'utilisation du milieu terrestre, mais aussi marin (AUGIER et VICENTE 1979) et lagunaire (BCEOM 1979-1980).

Le processus de planification écologique se déroule en trois étapes :

- la première consiste à faire un inventaire descriptif des caractéristiques du milieu naturel
- la deuxième a pour but d'évaluer ces caractéristiques au regard de ses utilisations potentielles, ce en terme d'aptitude,
- la troisième consiste à combiner les différentes analyses effectuées pour aboutir aux solutions optimales d'aménagement, de manière à combiner le mieux possible l'offre et la demande.

Phase 1 : Inventaire descriptif des caractéristiques des systèmes lagunaires

La nature même des milieux lagunaires, la variété de leurs biotopes, la diversité de leur environnement tant physique que socio-économique, implique, l'élaboration d'une typologie facilitant l'analyse d'une réalité complexe. Néanmoins, il apparaît que l'approche descriptive classique qui procède par inventaires successifs reproduisant la causalité écologique (climatologie, géologie, hydrologie, ressources naturelles etc...) doit être adaptée à l'échelle des problèmes posés. On procédera donc en deux étapes :

1ère étape : Recueil et analyse des documents existants sur les lagunes,
leur bassin d'alimentation et leur environnement

- Photographies satellite (Landsatt), aériennes (noir et blanc, couleur, infrarouge, fausse couleur)

- Plans topographiques et bathymétriques
L'examen de ces données permettrait, en première approche, de préciser les surfaces en eau, le nombre et l'importance des communications avec la mer, les apports d'eau douce, etc ...

- Mesures climatologiques, hydrologiques et hydrogéologiques : mesure des apports d'eau douce, d'eau salée, variations du niveau, salinité des eaux, qualité des eaux

- Inventaire des diverses pollutions (chimique, bactérienne, etc ...) affectant le milieu

- Etudes pédologiques : épaisseur des horizons meubles, importance de la réserve en eau, textures, caractéristiques physico-chimiques, etc ...

- Cartes de la végétation : type de formations végétales, natures des essences, disposition des strates, espèces endémiques, etc ...

- Communautés animales : inventaire des ressources naturelles renouvelables (poissons, crustacés, mollusques ...), originalités faunistiques, protection, etc ...

- Occupation actuelle et utilisation du sol : répartition des populations, nature et importance des activités agricoles, halieutiques, industrielles, touristiques, etc...

- Equipements, infrastructures et voies de communications et réseaux divers.

2ème étape : Reconnaissance de sites

Quels que soient les renseignements de base disponibles, l'inventaire sera complété par des mesures et enquêtes sur le terrain, notamment sur les sites où les renseignements de base sont insuffisants pour la simple étude de diagnostic.

Néanmoins, le nombre d'éléments fonctionnellement différents nécessaires pour "décrire" ces écosystèmes, ainsi que leurs éventuelles interactions, risquent d'apporter une difficulté majeure que ne saurait prétendre résoudre un plan d'échantillonnage, fut-il exhaustif. On peut, dans une certaine mesure, réduire cette complexité en choisissant, préalablement aux investigations sur le terrain, des descripteurs de milieu qui puissent intégrer un certain nombre de facteurs (physico-chimiques, biologiques, socio-économiques) par ailleurs peu faciles à appréhender individuellement ou directement.

L'ensemble des informations récoltées notamment par le biais des descripteurs de milieu, servira à établir une fiche signalétique regroupant les principales caractéristiques de chaque site visité, et notamment la nature de l'utilisation ou des utilisations actuelles de l'espace lagunaire, et leur rôle sur l'économie régionale.

L'ensemble des données recueillies au cours des inventaires pourrait être traduit sous forme cartographique.

Phase 2 : Evaluation des caractéristiques spécifiques des milieux lagunaires et de leur environnement au regard de ses utilisations potentielles

A l'issue de ce travail d'inventaire, on disposera, par l'intermédiaire du fichier, établi au cours de la phase 1, d'une banque de données importantes. Ces renseignements isolés seront interprétés en termes d'aptitudes ou de contraintes vis-à-vis d'un usage donné de l'espace lagunaire, qu'il soit actuel ou potentiel.

On ne perdra pas de vue que la préoccupation essentielle est de satisfaire les besoins alimentaires. Cet objectif peut, certes, être satisfait directement par une mise en valeur halieutique ou agricole du milieu lagunaire.

Néanmoins, il peut également être satisfait indirectement par d'autres utilisations du milieu qui, dans la spécificité du contexte socio-économique, peuvent générer des économies ou des revenus dont l'importance peut éventuellement être de nature à très largement compenser les stricts besoins alimentaires.

C'est en ce sens que, par rapport aux autres méthodes, la planification écologique présente un avantage considérable. Elle n'aborde pas en effet les problèmes de manière sectorielle, mais permet, au contraire, d'introduire dans la réflexion une gamme relativement étendue et variée d'utilisations possibles du milieu.

Et c'est bien pour que le caractère révélateur de la méthode puisse s'exercer en regard non seulement des caractéristiques intrinsèques des lagunes mais aussi de leur environnement socio-économique que, outre les utilisations déjà citées, il sera également envisagé d'autres fonctions d'usage, en particulier :

- utilisation hydraulique : irrigation, alimentation en eau, régulation des crues, étang de stabilisation
- utilisation comme site de tourisme et de loisirs
- utilisation comme infrastructure de transport
- utilisation énergétique (bio-énergie)
- utilisation comme réserve naturelle
- utilisation comme site portuaire
- utilisation industrielle
- utilisation comme site d'urbanisation.

De manière pratique, on procèdera ainsi à la réalisation de cartes d'aptitudes (ou de contrainte) qui permettent de traduire les potentialités de chaque lagune ou de chaque zone élémentaire à l'intérieur de celle-ci pour une utilisation donnée.

Ainsi, seront établies autant de documents de synthèse intermédiaire que d'usages définis.

A ce stade de l'étude, ils permettront de répondre aux questions principales

- l'utilisation actuelle de l'espace lagunaire correspond-t-elle à sa vocation intrinsèque ?
- quelles sont les contraintes et aptitudes liées aux utilisations potentielles du milieu lagunaire ? Les contraintes étant ici traduites en termes économiques.

Par exemple, quel sera le coût de la dépollution pour que la qualité du milieu lagunaire retrouve une valeur compatible avec tel ou tel type d'usage ?

Autre exemple, l'aménagement piscicole et aquacole du milieu lagunaire dépendra autant des caractéristiques socio-économiques de la pêche locale (structure familiale, préoccupation impérieuse de la subsistance, difficulté de conservation des produits pêchés) et des possibilités technologiques d'intensification des pratiques culturelles (technique maîtrisable par les pêcheurs ou, au contraire, sophistication technique importante) que des contraintes purement écologiques (contrôle hydrobiologique entre mer et lagunes, suppression de la pollution en provenance des bassins d'alimentation).

Phase 3 : Propositions de solutions optimales d'aménagement

En superposant les données relatives à chacun des usages établis lors de la phase 2, on obtient, pour chaque écosystème étudié, un document de synthèse finale destiné à présenter les aptitudes de chaque zone pour toutes les activités envisagées, c'est à dire un schéma "idéal

d'affectation de l'espace lagunaire. L'intérêt de ces documents de synthèse est double : ils montrent les aptitudes de chaque zone (et leur degré d'aptitude) mais aussi les zones d'aptitudes concurrentes dont l'affectation pourra être tranchée, soit par un choix politique, soit par la reconnaissance de la possibilité d'usages multiples sur un même espace, sous réserve d'une étude des compatibilités.

A ce point, la planification écologique aboutit donc à une série de propositions de localisation des activités lagunaires souvent très diversifiées, qui seront confrontées aux nécessités économiques exprimées en termes spatiaux ou en fonction des options politiques.

Elles seront concrétisées par l'élaboration d'un document final SDAL (Schéma Directeur d'Aménagement Lagunaire).

Les biotopes naturels abrités par les lagunes de la côte Ouest de l'Afrique-marais, étangs saumâtres et hypersalés, mangroves - comptent parmi les écosystèmes les plus productifs du monde. Mais leur vulnérabilité, tant aux perturbations naturelles qu'à l'action inconsidérée de l'homme, est à la mesure de leur richesse.

Dans la perspective de la valorisation des sites lagunaires, la méthode de planification écologique a pour objectif de proposer une utilisation rationnelle de ces milieux, en appréhendant de façon plus précise, les usages que l'on peut faire dans un secteur donné.

Telle qu'elle est présentée, la planification écologique doit être considérée avant tout comme un schéma général d'orientation de la gestion et de l'aménagement de l'espace lagunaire.

Ce schéma est à même de mieux orienter les actions des responsables auxquels il propose des arguments leur permettant de décider objectivement après examen des compatibilités des différentes activités entre elles et pour les différents secteurs d'utilisation du domaine lagunaire.

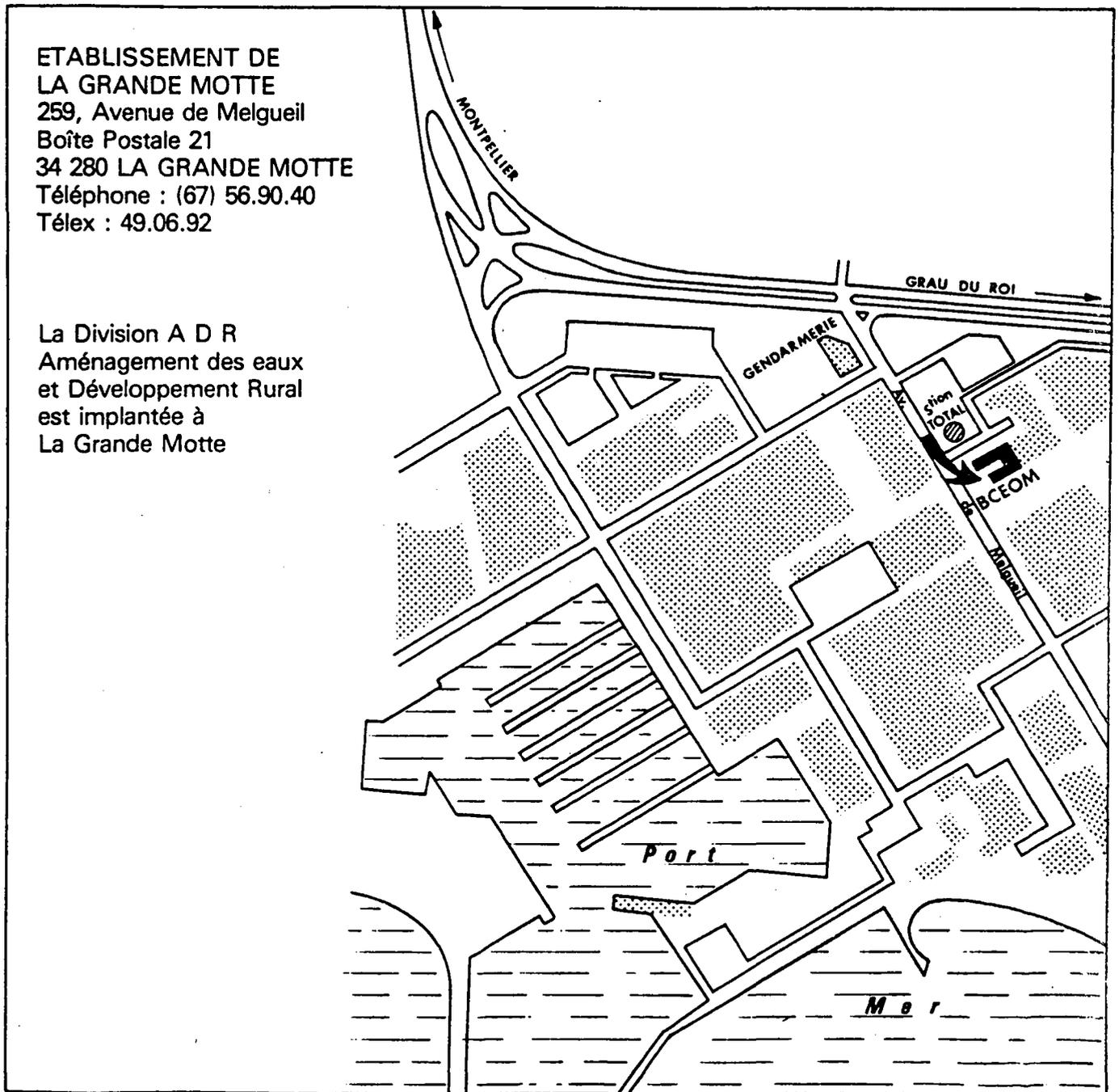
L'utilisation rationnelle des documents de planification peut, en outre, conduire à l'élaboration de programmes évolutifs épargnant certains investissements trop massifs, peut-être inutiles dans le présent mais nécessaires dans l'avenir.

comment entrer en contact avec le BCEOM

LA GRANDE MOTTE

ETABLISSEMENT DE
LA GRANDE MOTTE
259, Avenue de Melgueil
Boîte Postale 21
34 280 LA GRANDE MOTTE
Téléphone : (67) 56.90.40
Télex : 49.06.92

La Division A D R
Aménagement des eaux
et Développement Rural
est implantée à
La Grande Motte





BCEOM

Société Anonyme au capital
de 29 050 000 F
15, Square Max-Hymans
75015 PARIS
Tél. (1) 320 14 10
Télex 250618 F

CONSEIL D'ADMINISTRATION
PRESIDENT : L. ODIER
DIRECTEUR GENERAL : Ph. SEGRETAIN

CENTRE DE CALCUL : J. LURENBAUM
DOCUMENTATION : B. QUENNESSON
EXPERTS FORMATION,
ORGANISATION, MAINTENANCE

DIRECTEUR GENERAL ADJOINT
M. HENRY

FILIALES ET PARTICIPATIONS
INGERROUTE
FRANCE S F I
CAMEROUN BCEOM Cameroun
MADAGASCAR INFRAMAD
CÔTE D'IVOIRE BCEOM Côte d'Ivoire
TUNISIE STUD
GABON SNGE
HONG KONG BCEOM Hong-Kong

DIVISIONS TECHNIQUES

DIRECTION DU PERSONNEL
ET DES RELATIONS SOCIALES
Mme J. RENDU

DIRECTION ADMINISTRATIVE
ET FINANCIERE
E. de LIGNIERES

DEPARTEMENT
DES RELATIONS EXTERIEURES
P. LAGARDE

PRINCIPALES REPRESENTATIONS
PERMANENTES
Washington
Manille
Abidjan

ETUDES ET
REALISATIONS
J. C. PUJOL

ROUTES
ET INFRASTRUCTURES
DE TRANSPORTS TERRESTRES
Afrique Centrale et Océan Indien
C. ROUYEYROL

ROUTES
ET INFRASTRUCTURES
DE TRANSPORTS TERRESTRES
Afrique Occidentale
C. FAVRE

ROUTES
ET INFRASTRUCTURES
DE TRANSPORTS TERRESTRES
Opérations Internationales
J. KOCH

DEVELOPPEMENT REGIONAL
ET URBAIN
J. NALLET

PORTS ET VOIES NAVIGABLES
O. BONNIN

AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES
ET DEVELOPPEMENT RURAL
C. BIANCHI
(La Grande Motte)

CIMENTERIE DE VALLEMI
M. THILLOUX, Asuncion
J.L. SOULIER, Paris

STRUCTURES ET OUVRAGES D'ART
C. JARDIN
(La Grande Motte)

BCEOM - FRANCE
P. MAISTRE
• B.P. 21
Avenue de Melqueil
34280 LA GRANDE MOTTE
Tél. (67) 56.90.40
Télex : 490.692
• Agences en FRANCE

PRINCIPALES AGENCES, MISSIONS ET PROJETS

Abidjan	Brazzaville	Libreville	Rabat
Addis-Abéba	Casablanca	Lomé	Sana'a
Alexandrie	Cotonou	Manille	San José de Costa Rica
Alger	Dakar	Maseru	Séoul
Antananarivo	Damas	N'Djamena	Tunis
Asunción	Djakarta	Niamey	Washington
Bamako	Djibouti	Ouagadougou	Yaoundé
Bangkok	Khartoum	Port Moresby	
Bangui	Kinshasa	Port Soudan	
Beyrouth	Le Caire	Praia	

PARIS

Adresse du siège : 15, square Max-Hymans - PARIS (15^e)

Téléphone (1) 320.14.10 à PARIS

Télégramme : "BUCENETUOM" PARIS

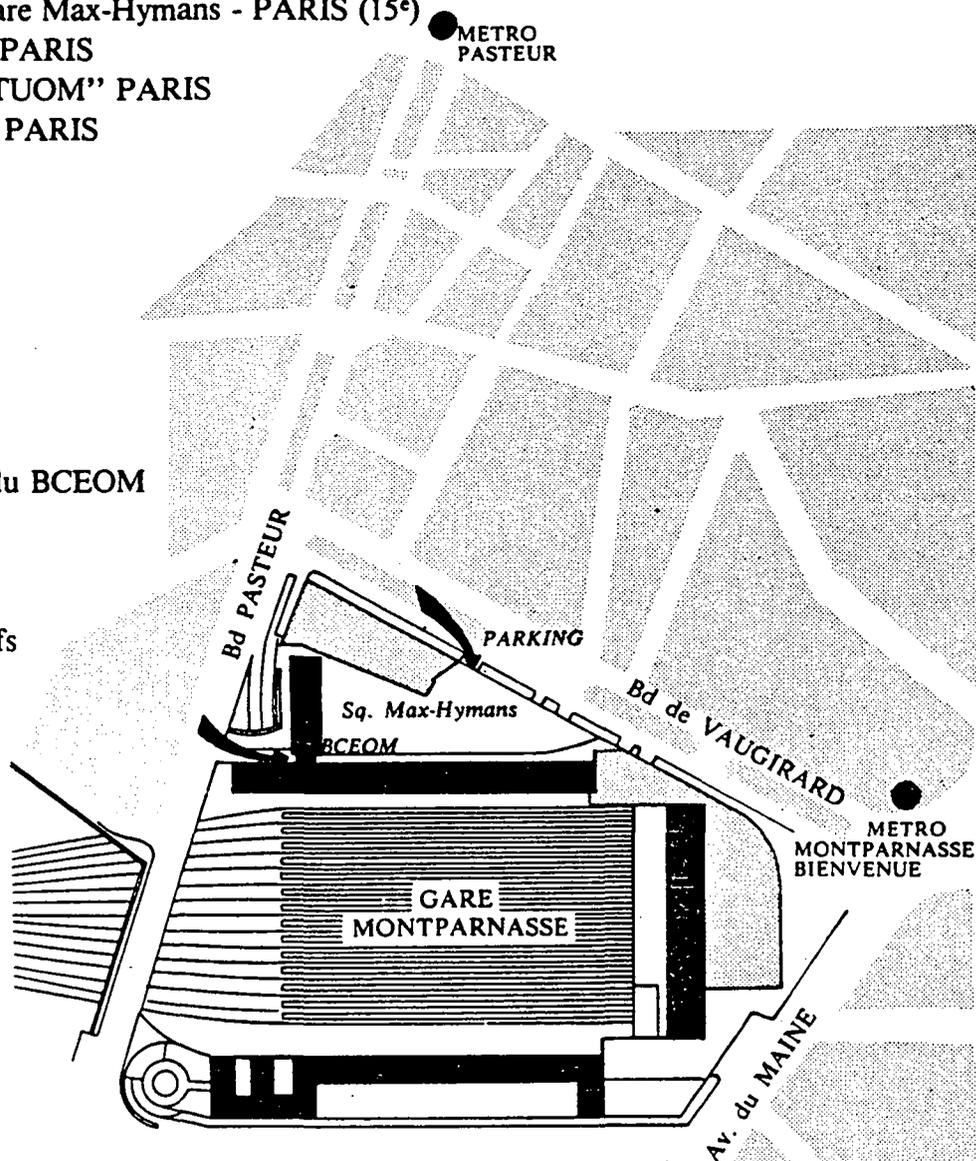
Télex : BCEOM 250618 F PARIS

A PARIS :

Le Département
des Relations Extérieures du BCEOM
vous renseignera
et vous mettra en relation
avec les Services
techniques ou administratifs
compétents
de la Société.

A L'ETRANGER

Un des Délégués
ou Représentants du BCEOM
est à votre disposition
pour vous fournir tout renseignement
qui pourrait vous être utile.



C.I.L.S.S.

INSTITUT DU SAHEL

DEPARTEMENT DE LA RECHERCHE

CELLULE ECOLOGIE/ENVIRONNEMENT

COMITE INTERAFRICAIN
D'ETUDES HYDRAULIQUES

(CIEH)

DEUXIEME CONSEIL DES MINISTRES
DU COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES
(20 - 26 FEVRIER 1984)

CONTRIBUTION A L'ANALYSE DES CONTRAINTES LIEES
AUX ETUDES ET RECHERCHES DANS LE DOMAINE DE
L'HYDRAULIQUE PASTORALE DANS LES PAYS DU CILSS

84015/DR/EE

BREHIMA DIALLO
AGRO PASTORALISTE

4806
RECEVU
LE 20/02/1984
A 10H00

DE L'IMPORTANCE DES PROBLEMES D'HYDRAULIQUE DANS LE SAHEL

Le "SAHEL", zone de transition entre les zones arides sahariennes, au Nord et les zones tropicales humides, au Sud, a toujours été caractérisé par des vicissitudes climatiques et en particulier par leurs conséquences hydriques. En effet, le régime des pluies est extrêmement irrégulier d'une année à l'autre (il y a une seule saison des pluies : débutant à des dates plus ou moins variables selon la latitude et l'année, et de durée liée aux mêmes facteurs) enfin au cours même de la saison des pluies (il peut y avoir de nombreux jours secs entre deux pluies.)

Dans ces conditions il existe une saison sèche dont la durée va de 7 à 10 mois en moyenne, saison sèche au cours de laquelle les êtres vivants ne peuvent subsister (surtout eaux souterraines, car les cours d'eau permanent ne peuvent dans un tel contexte climatique, qu'être originaires des zones plus humides ou artificielles (mares et barrages, éventuellement sur des cours d'eau temporaires) et leur survie dépend de l'importance de ces ressources en fin de saison sèche.

Toute l'histoire du Sahel est faite d'adaptation à ces vicissitudes du climat (cultures pluviales, aléatoires, élevage nomadisant à la recherche de l'eau et des pâturages) mais le plus souvent encore de privations (rationnement en eau), voire de reculs (décroissance démographique, perte de bétail, etc...).

Faute de disposer de techniques modernes de détection de l'eau (études géophysiques, sondages de reconnaissance, etc...), puis de captage (ouvrages pénétrant profondément dans les réserves d'eau pour ne pas tarir en fin de saison sèche), les populations du Sahel n'ont survécu que grâce à la création, parfois renouvelée chaque année (ouvrages non permanentes) d'un ensemble de points d'eau dits traditionnels dont la plupart tarissent 2 à 6 mois avant le début de la saison des pluies obligeant alors :

- Les pasteurs à se déplacer vers les points d'eau tarissant les derniers (et à la limite ne restent plus que les fleuves permanents) ; cette servitudes est, ajoutons la, aggravée par le fait que les animaux n'ont pas seulement soif, mais faim, et que les caprices de la nature sont tels que la satisfaction de l'un et de l'autre besoin est parfois contradictoire ;

.../...

- Les populations rurales à parcourir de très grandes distances pour ne quérir que le minimum vital nécessaire, qui semble être de l'ordre de 5 litres/personnes/jour.

Il n'est pas douteux que la "corvée d'eau représente une dépense énergétique toujours importante, et parfois excessive et sa réduction ne peut qu'avoir des conséquences positives.

DES ELEMENTS RELATIFS AU PROBLEME D'HYDRAULIQUE PASTORALE

D'après Mr REICHELT les besoins seraient de l'ordre 1 100 points d'eau pastoraux pour le Sahel, pour la période 1978 - 1980.

Mais d'une manière générale, l'importance des ouvrages nécessaires et leur implantation dépendent de la politique générale adoptée (pâturages chargés en permanence ou non ; points d'eau important ou non, piste à bétail), mais celle-ci doit bien entendu être ^{adaptée} aux conditions du milieu (existence et qualité des pâturages, existence et potentialités aquifères); seules des études très complètes permettent de répondre avec précision.

Au plan des ressources, on peut signaler des études et synthèses réalisées sur l'égide du CILSS, de la CEAO, du LIPTAKO GOURMA, du CIEH et du Club du Sahel etc... dont l'une des plus récentes est "Enquêtes et Propositions en vue d'une gestion rationnelle de l'eau" réalisée dans les pays membres du CILSS.

Au plan qualitatif, en matière d'hydraulique pastorale, les besoins se situent en général dans les zones où existent de grands aquifères problème essentiel est celui du coût des ouvrages ; lorsqu'il n'y pas des aquifères discontinus, ou très localisés.

L'étude de la BOAO, Lomé en 1984 sur "l'Hydraulique villageoise et développement rural dans le Sahel" conclut qu'au Sahel les ressources en eaux souterraines sont, dans le Sahel, largement suffisantes, et mieux à long terme pour l'Hydraulique villageoise, l'hydraulique pastorale et même l'irrigation (superficies limitées en tout état de cause par d'autres facteurs, tel le coût d'exhaure) mais ^{ceci est un} ~~plan~~ global, et il ya très souvent des difficultés locales (inégaie répartition des ressources, formations acquifères cédant difficilement de l'eau).

.../...

Dans le cadre on peut soutenir les propositions suivantes :

- contrôle de la charge (nombre d'habitants et d'animaux sur des acquifères à capacité limitée)
- régulation de la pression pastorale sur les points d'eau dans les zones d'élevage
- observation périodique de toutes les ressources (potentiel dynamique, bilan) et élaboration de mesures prévisionnelles permettant de faire face aux conséquences graves d'une soudaine aggravation climatique.

MAINTENANCE DES POINTS D'EAU ET LES MOYENS D'EXHAURE

Il est nécessaire d'assurer la maintenance des points d'eau, faute de quoi les ouvrages se détériorent inéluctablement et les moyens d'exhaure tombent tôt ou tard en panne. La maintenance apparaît alors comme un véritable préalable, et porte principalement sur les moyens à cause :

- de leur sophistication ;
- de leur panne souvent fréquente entraînant la non disponibilité du point d'eau lui-même dans le cas des structures "fermées" telles que les forages.

On peut aussi rarement enregistrer des pannes sur les ouvrages.

Les problèmes de maintenance des moyens d'exhaure (cas hydraulique pastorale) se situent souvent au niveau des modes de captage (forages notamment) que seules des pompes à moteur (que celui-ci soit à énergie conventionnelle, solaire ou autre) peuvent donner satisfaction.

L'entretien permanent qui se confond de plus avec le "fonctionnement est alors de règle ; il est estimé entre 1 à 4 millions de F CFA par ouvrage et par an (suivant les pays). Dans ce coût il faut noter que les dépenses de personnel peuvent représenter plus de la moitié.

.../...

REMARQUES ET PROPOSITIONS SECTORIELLES

Après analyse sommaire de la situation, on peut caractériser la situation de façon suivante :

- rythme de réalisation des travaux trop lent ;
- insuffisance de moyens humains et matériels
- qualification professionnelle insuffisante, parfois inadaptée au matériel disponible ;
- faiblesse dans la programmation, le contrôle-suivi, la réalisation et la maintenance des ouvrages et de leur équipement ;
- inadéquation souvent entre les zones riches en pâturages et les points d'eau à débit satisfaisant ;
- création d'un fond national de l'eau pour soutenir les programmes d'hydraulique.

JOURNEES TECHNIQUES
DU 12^{ème} CONSEIL DES MINISTRES DU CIEH
YACOUNDE 20 - 21 FEVRIER 1984

PROGRAMME HYDRAULIQUE VILLAGEOISE
DU 12 CONSEIL DE L'12 ENTENTE

RAPPORTEUR : Monsieur KONENIN AFOCO
Chef de la Cellule Hydraulique Villageoise
du Conseil de l'Entente - ABIDJAN

4806
RECEVEU
BUREAU DE L'ENTENTE
BOULEVARD DE L'ENTENTE
ABIDJAN

1. LES OBJECTIFS DU PROGRAMME ENTENTE

Le Programme Hydraulique Villageoise du Conseil de l'Entente vise à réaliser 5.000 ouvrages, soit 1.000 ouvrages par pays membre (BENIN, COTE D'IVOIRE, HAUTE-VOLTA, NIGER, et TOGO).

En réalité, au-delà de cet objectif d'aménagement de points d'eau, le Fonds de Garantie entend mettre en oeuvre avec cette opération, en complément des autres projets de Développement Rural (agriculture et élevage) qu'il réalise dans les pays membres, un véritable programme de développement économique et social en milieu villageois.

En effet, l'aménagement de points d'eau modernes doit certes apporter de bien meilleures conditions de vie pour les villageois, mais plus encore, cette action est le point de départ de nouvelles activités économiques et le catalyseur d'un auto-développement du village. Ceci suppose que les ouvrages soient, dès le départ, considérés comme la propriété des villageois et, qu'à ce titre, ceux-ci en soient responsables pour tout ce qui concerne leur bonne exploitation et leur entretien.

Cette prise en charge des ouvrages par la communauté villageoise suppose la mise en place d'un système décentralisé de maintenance dans laquelle les intervenants locaux tiendront le rôle principal.

Tous les efforts entrepris dans le cadre du programme Entente visent à parvenir à cette prise en charge par les villageois. seul moyen de garantir la pérennité des ouvrages ; ceci implique l'organisation d'une sensibilisation et d'une formation appropriées, ainsi que d'un suivi régulier sur une période de plusieurs années.

X X X

.../...

Ces actions de réalisation d'ouvrages, et plus encore celles de sensibilisation, d'animation, de formation et de suivi, sont conduites selon une démarche régionale.

Ceci signifie que les interventions, qui se déroulent pratiquement de manière simultanée dans les pays membres concernés, donnent lieu en permanence à un échange d'expérience et de résultats, permettant ainsi de corriger rapidement les insuffisances constatées et d'améliorer les résultats.

Cet échange d'expérience est facilité par le Fonds de Garantie dans le cadre des journées techniques qu'il organise semestriellement.

L'intervention d'une institution régionale dans la mise en oeuvre d'un programme d'hydraulique villageoise permet à ce type de projet de bénéficier d'un suivi prolongé dans le temps, et de disposer ainsi des meilleures chances de succès, les nombreux échecs rencontrés jusqu'à présent provenant le plus souvent d'une absence de tout suivi à l'issue de la période de réalisation des travaux.

2 - LES MOYENS MIS EN PLACE

La réalisation du Programme Hydraulique Villageoise Entente repose sur la mobilisation, sous l'égide du Fonds de Garantie du Conseil de l'Entente, de très importants moyens financiers, techniques et humains.

Les modalités retenues pour la mise en place de ces moyens, qui confèrent au Fonds de Garantie la responsabilité de maître d'ouvrage général du programme et à la Cellule Hydraulique Entente la maîtrise d'oeuvre générale, traduisent l'originalité et la dimension régionale de l'opération.

2.1 - Moyens financiers

Le montage financier repose sur l'appel au financement extérieur et sur une participation directe des pays participants, suivant le partage suivant :

participation des Etats	10%.....	630 MCFA
bailleurs de fonds	90%.....	5.700 MCFA
TOTAL		<u>6.330 MCFA</u>

Les bailleurs de fonds interviennent sous la forme de subvention (Fonds d'Aide et de Coopération - FAC) et de prêt (CCE) soit :

subvention FAC.....	500 MCFA
prêts CCE	<u>5.200 MCFA</u>
TOTAL	5.700 MCFA

Par sa part, le Fonds de Garantie du Conseil de l'Entente a participé à la mise en place des avances de démarrage, et prend également en charge les frais de fonctionnement de la

.../...:

Cellule Hydraulique Villageoise Entente ainsi que, en collaboration avec les pays concernés, le coût de l'organisation des diverses réunions ou journées techniques.

2.2 - Moyens Techniques

La réalisation des 1710 ouvrages du programme a nécessité de faire appel, en plus des capacités techniques de gestion et contrôle des Directions de l'Hydraulique de chaque pays participant, à plusieurs contractants sélectionnés après appel à la concurrence.

C'est ainsi que le Fonds de Garantie a passé 7 marchés

- avec le Groupement BRGM/BURGEAP, pour les études d'implantation des ouvrages et le contrôle des travaux au Bénin en Haute-Volta et au Niger.
- avec le Groupement INTRAFOR/FORAFRIQUE-KANAZOE pour les travaux de forage au Bénin, en Haute-Volta et au Niger.
- avec la société FOREXI SA pour les travaux de forage en Côte d'Ivoire.
- avec le Groupement ABI/NSMENGIN pour la fourniture d'équipements d'exhaure et les prestations de formation.
- avec les bureaux d'Etudes BDPA et COGEFOR-CIEPAQ ainsi qu'avec l'Organisme SOS-SAHEL pour les prestations de sensibilisation, d'animation et de formation au Bénin, au Niger et en Haute-Volta respectivement.

Par ailleurs, le Fonds de Garantie a passé un protocole avec la Direction Centrale de l'Hydraulique de Côte d'Ivoire, pour l'implantation des ouvrages et le contrôle des travaux ainsi que pour les prestations d'animation et de formation.

De par sa fonction de maître d'ouvrage, le Fonds de Garantie est à même de coordonner, par pays mais aussi au niveau de l'ensemble des pays, l'action de tous les contractants.

.../...

2.3 - Moyens humains

Afin d'assurer une bonne gestion et un suivi satisfaisant de chaque volet national, il a été décidé la mise en place, au sein de chaque Direction de l'Hydraulique, d'une Cellule Nationale responsable de la mise en oeuvre du Programme Entente dans chaque pays participant.

L'objectif recherché est l'amélioration de la formation des cadres nationaux oeuvrant dans la Cellule et la garantie de suivi de l'opération.

Par ailleurs, chaque Cellule constitue, pour la Cellule Hydraulique Villageoise Entente, l'interlocuteur privilégié pour tout ce qui a trait à la mise en oeuvre du programme.

Le programme Entente prévoit par ailleurs d'accroître les capacités techniques des cadres nationaux, en plaçant un certain nombre de ceux-ci en situation professionnelle au sein des équipes d'intervention des bureaux d'Etude.

3 - LES PREMIERS RESULTATS OBTENUS

3.1. Etudes d'implantation et contrôle des travaux

Les études d'implantation sont réalisées au Bénin, en Haute-Volta et au Niger par le groupement BRGM/BURGEAP, au sein duquel sont détachés 4 ingénieurs et techniciens nationaux.

Les études ont concerné, pour l'essentiel, des zones de socle cristallin. Les méthodes d'implantation actuellement mises en oeuvre permettent d'atteindre des taux de réussite satisfaisants (78,5% pour l'ensemble Bénin - Haute-Volta et Niger, à la date du 31/12/83) proches de l'objectif (80 %)

En Côte d'Ivoire, les prestations d'implantation et de contrôle des travaux sont entièrement à la charge de la Direction Centrale de l'Hydraulique. Cette dernière a dû faire face, localement, à des zones hydrogéologiques très difficiles, ce qui conduit à un taux de réussite (67 %) nettement inférieur à celui prévu (80 %). Le renforcement des travaux de géophysique devrait permettre d'améliorer ce pourcentage.

3.2. Actions de sensibilisation, animation et formation.

La réaction des villageois à la sensibilisation et à l'animation est très bonne. La collecte des fonds nécessaires à la création des Caisses Villageoises (50.000 FCFA) et la constitution des comités villageois s'effectuent de manière satisfaisante. La participation des villageois aux travaux d'aménagement des abords des points d'eau est bonne et, à l'issue de plusieurs mois d'exploitation, la grande majorité des ouvrages offrent un état d'entretien et de propriété tout à fait remarquables.

.../...

3.3. Travaux de forages

A la date du 31/12/83, la situation est la suivante :

	BENIN	COTE - D'IVOIRE	HAUTE- VOLTA	NIGER	ENSEMBLE
Nombre de forages	208	79	198	189	674
Nombre de forages positifs	165	53	148	154	520
Taux de réussite	79 %	67 %	74,7 %	81,4 %	77 %
Profondeur moyenne du forage	44,8 m	81,5 m	61,5 m	52,7 m	-
Coût moyen du forage (hors révision) FCFA	1.798.000	2.430.000	1.944.000	1.811.000	-

Les travaux (412 forages) seront achevés en juin 1984 au Bénin, en Haute-Volta et au Niger ; en Côte d'Ivoire, où il est prévu de réaliser 480 forages, les travaux prendront fin en décembre 1984.

A la date du 31/12/83, l'on note une productivité moyenne élevée par atelier de forage (18 forages par mois).

3.4. Equipements d'exhaure et formation

Le programme prévoit la mise en place d'environ 1600 pompes, de 3 types : ABI en Haute-Volta, VERGNET au Niger et ASM au Bénin et en Côte d'Ivoire.

A la date du 31/12/83, 400 pompes sont installées et fonctionnent de manière satisfaisante.

Il convient de noter que le calendrier de pose des pompes marque un certain retard par rapport à celui de l'exécution des forages, en raison de la nécessaire coordination qui doit exister entre la pose des pompes et la réalisation des travaux d'aménagement des abords des ouvrages par les villageois.

En matière d'entretien des matériels d'exhaure, l'originalité du Programme Entente repose sur la formation d'artisans réparateurs intervillageois (1 artisan pour 10 à 15 villages). Cette action de formation est confiée au groupement ABI/SNEM. Celui-ci a déjà procédé à l'organisation de 4 sessions de formation regroupant 80 artisans réparateurs.

Par ailleurs, le Programme prévoit une action spécifique en vue de la mise en place effective de représentants locaux des fournisseurs de matériels d'exhaure ainsi que de réseaux de vente de pièces détachées. Cette action essentielle pour la pérennité des ouvrages est en cours d'exécution et sera achevée avant la fin de la période de garantie des pompes.

3.5. Gestion et suivi du Programme

3.5.1. Cellule Hydraulique Villageoise Entente.

Cette cellule est en place au sein du Fonds de Garantie, à Abidjan, depuis Octobre 1982.

3.5.2. Cellules Nationales du Projet Entente.

Les Cellules Nationales ont été mises en place dans les quatre pays participants durant le deuxième trimestre 1983.

Au Bénin, en Haute-Volta et au Niger, le groupement BRGM - BURGEAP intervient comme Ingénieur - Conseil des Cellules Nationales.

4. LES DIFFICULTES RENCONTREES

Le Programme Hydraulique Villageoise, bien que disposant de moyens financiers, humains et techniques appropriés, doit faire face à trois types de difficultés.

4.1. Difficultés techniques

- implantations et forage.

Dans la mesure où les zones du programme correspondent fréquemment à des régions hydrogéologiques très difficiles (Côte d'Ivoire et Niger particulièrement), il s'avère parfois impossible de réaliser localement l'objectif de 80 % d'ouvrages positifs. Le taux global est actuellement de 77% et il est escompté qu'en fin de programme, grâce à un effort accru en matière de géophysique, le taux global de réussite dépassera l'objectif de 80%.

- matériels d'exhaure.

Le programme met des oeuvres des équipements de technologie ancienne mais de grande fiabilité (pompes ABI) et des matériels plus récents, de technologie plus évoluée (pompes VEPNET à pédales et, surtout, pompes ASM à motricité manuelle). Le programme a dû faire face aux difficultés classiques encore fréquemment rencontrées avec les pompes hydropneumatiques (désamorçage notamment). Mais, du fait de l'importance du marché passé avec le groupement ABI/SNEM, il dispose des moyens appropriés pour intervenir auprès de ce dernier en vue de l'amélioration continue de la qualité de ses produits. Il est à noter que le Fonds de Garantie suit avec attention la mise au point du nouveau modèle de pompe ASM (avec superstructure en aluminium, entièrement remaniée) par la société ABI.

Une mention particulière doit être faite à propos des modalités à mettre au point avec le fournisseur de pompes pour l'entretien des matériels durant la période de garantie, car il est souhaitable que la participation financière des villageois à l'entretien commence dès la pose des pompes, donc même durant la période de garantie.

.../...

4.2. Difficultés en matière de sensibilisation, d'animation et de formation des villageois.

Bien que les modalités d'intervention en matière de sensibilisation, animation et formation des villageois soient différentes d'un pays à l'autre (ce qui renforce d'ailleurs l'intérêt du Programme et donne sa réalité à l'échange d'expérience), il s'avère que les moyens affectés à cet aspect fondamental du Programme ont été quelque peu sous estimés. Il y a lieu de prévoir un suivi plus rapproché et plus prolongé des villageois concernés, afin de s'assurer de la capacité effective d'intervention des Comités formés pour la bonne exploitation et l'entretien des ouvrages.

Il faut admettre désormais que d'une manière ou d'une autre, le suivi des actions d'entretien par les Comités Villageois doit se poursuivre plusieurs années au moins après l'achèvement des actions d'animation et formation.

Dans cet esprit, le Fonds de Garantie entend mettre en place un ensemble de moyens et de ressources, appuyés sur la Cellule Hydraulique Villageoise Entente, permettant d'assurer le suivi régulier des ouvrages (matériels d'exhaure, mais également le forage proprement dit et les conditions socio-économiques d'exploitation de l'ouvrage) durant au moins trois années.

4.3. Difficultés liées à la politique générale de maintenance au niveau des Etats.

L'importance de l'entretien n'est plus à démontrer dans la pérennité des points d'eau villageois. La preuve en est que la plupart des Etats du Conseil de l'Entente (Côte d'Ivoire, Haute-Volta et Niger particulièrement) ont, soit financé des études spécifiques pour l'organisation de la maintenance, soit organisé des séminaires nationaux en la matière.

Mais les conclusions de ces rencontres et de ces études n'ont pas toujours été suivies d'effet et l'on constate encore

.../...

fréquemment, soit la non mise en application des dispositions officiellement retenues, soit l'existence d'une diversité de systèmes d'entretien dont certains peuvent être en contradiction flagrante avec le principe essentiel du Programme Entente : maintenance décentralisée au maximum et basée sur une participation financière et technique des communautés villageoises.

Le Fonds de Garantie est décidé à intervenir avec vigueur dans ce domaine et mettra à profit la réunion des Experts et Ministres chargés de l'Hydraulique, qui se tiendra à Abidjan du 12 au 14 Mars 84, pour prendre toute disposition appropriée.

5. FIGURES A PRENDRE

L'examen des difficultés rencontrées permet de définir les secteurs prioritaires où des efforts particuliers devront être accomplis afin que les objectifs du Programme Hydraulique Villageois du Conseil de l'Entente puissent être atteints.

Il y aura lieu pour le Fonds de Garantie d'accroître ses efforts dans trois domaines :

5.1. Dans le domaine de la formation

- au niveau des Directions de l'Hydraulique, afin d'augmenter sensiblement la capacité de suivi technique et de gestion des cadres nationaux, et donner ainsi leur réalité aux Cellules Nationales du Projet Entente. A ce titre, les mises en situation professionnelle des cadres nationaux devront être poursuivies, et d'autres formules pourront être mises à profit (stages).

- au niveau des communautés villageoises, afin de mieux assurer la formation des membres constituant les Comités Villageois. Cette action patiente de formation suppose la préparation de documents et de supports pédagogiques appropriés, ainsi qu'un effort poursuivi dans le temps.

- au niveau des artisans réparateurs inter-villageois, afin de donner toute sa crédibilité au mode décentralisé de maintenance.

Ceci suppose un suivi très attentif des prestations techniques fournies par ces agents (recyclage éventuel) et des coûts des services rendus. (Contrôle des prix pratiqués).

5.2. Dans le domaine de l'exhaure

Le Fonds de Garantie devra maintenir des contacts étroits avec les fournisseurs de matériels et mettre à profit les moyens de pression éventuels que lui donne un marché de grande envergure touchant quatre pays simultanément pour pousser les fabricants à améliorer de manière significative la fiabilité de leurs produits

(on peut citer à ce propos l'impérieuse nécessité de mettre au point une baudruche nettement plus résistante).

5.3. Dans le domaine de la politique générale de maintenance au niveau des Etats participants.

Le Fonds devra mettre à profit ses différentes instances pour, d'une manière générale, pousser sans relâche à la mise en application des nombreuses dispositions déjà adoptées.

Dans certains cas particuliers où la politique de maintenance présente des zones de flou au même des insuffisances, le Fonds de Garantie devra suggérer les dispositions nouvelles à retenir et agir en vue de leur mise en oeuvre effective.

CENTRE REGIONAL DE TELEDETECTION
DE () U A G A D O U G O U

LA TELEDETECTION SPATIALE ET
L'EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU

COMMUNICATION PRESENTEE A L'OCCASION DES JOURNEES
TECHNIQUES DU 12^e CONSEIL DES MINISTRES DU COMITE
INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES (C I E H)
Y A O U N D E 20 - 26 FEVRIER 1984

4806

J.P. MADIER
SERVICE ASSISTANCE
AUX UTILISATEURS
CENTRE REGIONAL DE
TELEDETECTION DE
O U A G A D O U G O U.

R E S U M E

Les problèmes de l'eau sont fondamentaux en Afrique de l'Ouest et aucun programme d'aménagement et de développement ne peut y échapper.

La Télédétection est un moyen sûr, rapide et peu coûteux d'obtenir de façon régulière des informations sur les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques d'une région donnée. C'est un outil particulièrement performant pour étudier les eaux de surface. En outre, en région de socle cristallin, la recherche systématique des linéaments sur image satellite couplée à la photo-interprétation classique permet une présélection efficace des sites d'implantations des forages.

Les exemples présents ici sont extraits de quelques-uns des nombreux travaux menés au CRTD sur les divers aspects des problèmes de l'eau.

INTRODUCTION

Les travaux présentés ici ne sont pas le fruit d'une recherche cohérente mais le résultat de plusieurs années d'efforts pour implanter les techniques de la Télédétection spatiale dans les Services Ouest-Africains. Il est donc important de préciser le contexte dans lequel ces travaux ont été réalisés.

Le Centre Régional de Télédétection de Ouagadougou (CRTO)

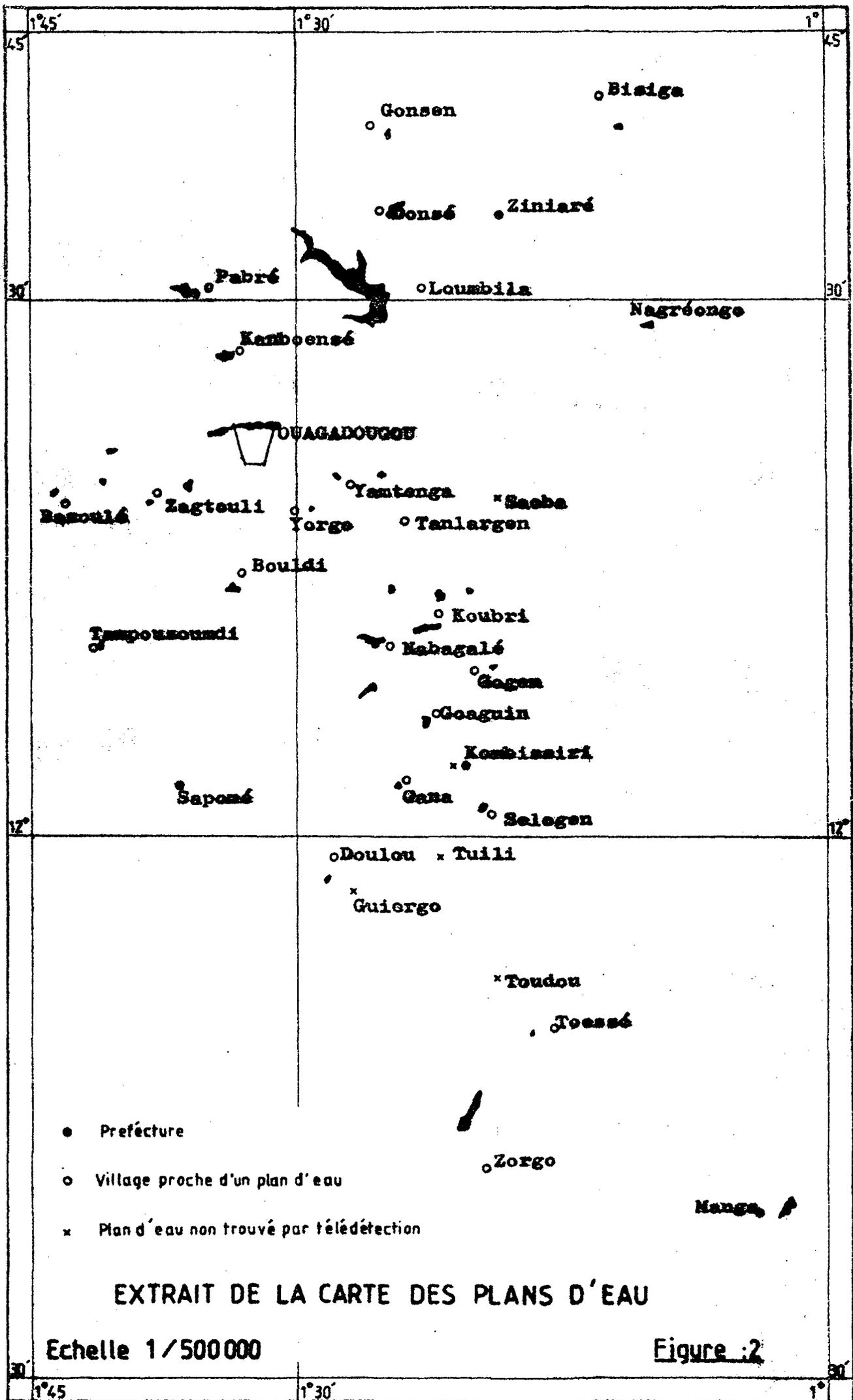
Ce Centre est né de la volonté politique des Etats Africains (1) qui ont arrêté le principe de la création en Afrique de 5 Centres Régionaux de Télédétection : 3 Centres de réception, traitement, archivage et diffusion des données, de formation et d'assistance aux utilisateurs (2) et 2 Centres de formation et d'assistance aux utilisateurs (3). Chaque centre doit être placé sous la responsabilité d'un Comité de Gestion Régional (CGR) et ses activités doivent être coordonnées par le Conseil Africain de Télédétection (CAT).

Le Comité de Gestion Régional du CRTO est composé à ce jour par les pays suivants : ALGERIE, BENIN, CAMEROUN, CONGO, COTE D'IVOIRE, GHANA, GUINEE, HAUTE-VOLTA, MALI, MAURITANIE, NIGER, SENEGAL, SIERRA LEONE et TOGO.

(1) Résolution 313 (XIII) - Conférence des Ministres de la CEA
KINSHASA Mars 1977.

(2) KINSHASA (ZAIRE), NAIROBI (KENYA) et OUAGADOUGOU (HAUTE-VOLTA)

(3) Le CAIRE (EGYPTE) et ILE-IFE (NIGERIA).



- Prefecture
- Village proche d'un plan d'eau
- x Plan d'eau non trouvé par télédétection

EXTRAIT DE LA CARTE DES PLANS D'EAU

Echelle 1/500000

Figure :2

C. R. T. O.

LAC DE BAM
COURBES DE NIVEAU

	Dates	Hauteurs	Surfaces
1	25.11.75	4.07m	2494 ha
2	17.1.76	3.76m	1679 ha
3	30.3.76	3.23m	947 ha
4	23.1.73	2.62m	367 ha

Echelle : 1/80.000

Fig:3



C.R.T.O.

RECHERCHE DE SITES

DE BARRAGES

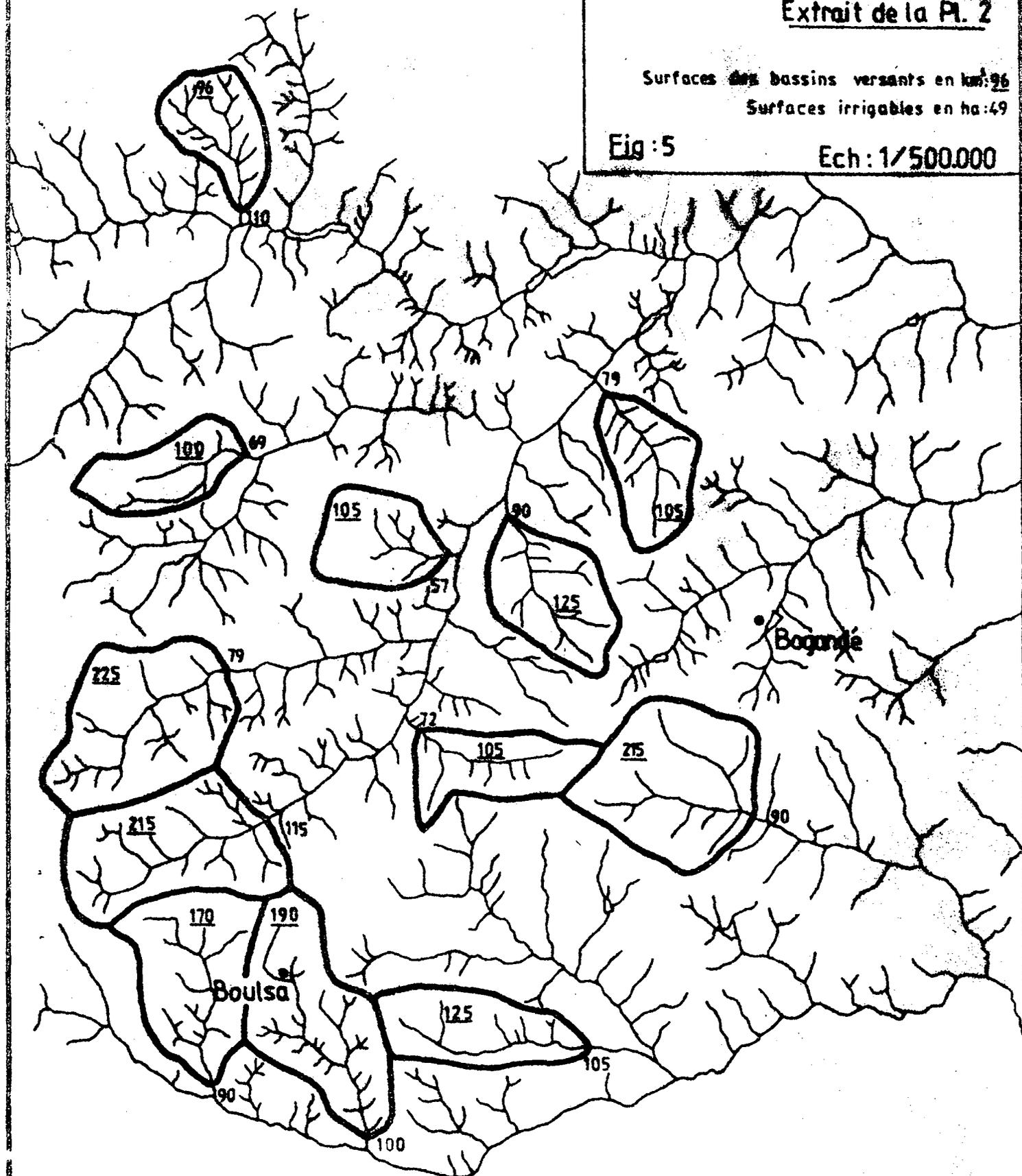
Extrait de la Pl. 2

Surfaces des bassins versants en km²: 96

Surfaces irrigables en ha: 49

Fig : 5

Ech : 1/500.000



Elle devait aussi :

- chercher les meilleures méthodes d'interprétation ;
- critiquer les résultats en les comparant à ceux fournis par d'autres types de documents.

a) INVENTAIRE DES BARRAGES

Un extrait de la planche de résultat est présenté en figure 2 *. Pour cette recherche nous avons utilisé les négatifs au 1/1.000.000 ème des images MSS les plus récentes enregistrées juste après la saison des pluies.

Sur ce type d'images les plans d'eau apparaissent en blanc sur fond gris ils sont très facilement identifiables.

Théoriquement compte tenu de la résolution des images, il n'est pas possible de voir des plans d'eau de moins de 120 sur 160 mètres. En pratique nous pensons que pour pouvoir les détecter à l'oeil, ils doivent mesurer au moins 300 m dans leur plus grande dimension.

b) EVOLUTION SAISONIERE D'UN PLAN D'EAU

Le résultat de l'étude est présenté sur la figure 3. Les images sélectionnées du plan d'eau ont été montées en diapositives et agrandies par projection.

Les hauteurs d'eau ayant été enregistrées il est facile de déduire de cette étude les courbes de remplissage du barrage.

La présence de végétation aquatique à la surface du Lac peut fausser les mesures.

c) RECHERCHE DE SITES POUR L'IMPLANTATION DES BARRAGES

Un extrait de la planche de résultats est présenté sur la figure 4.

Après avoir traité le réseau hydrographique nous avons isolé les bassins versants d'une superficie de 100 à 200 kilomètres carrés. Dans la zone de l'exutoire il a été possible toujours grâce aux images de satellite, de préciser l'emplacement optimum de la digue

.../...

* NOTE : Les figures présentées étant extraites de différents rapports, leur numérotation n'est pas continue.

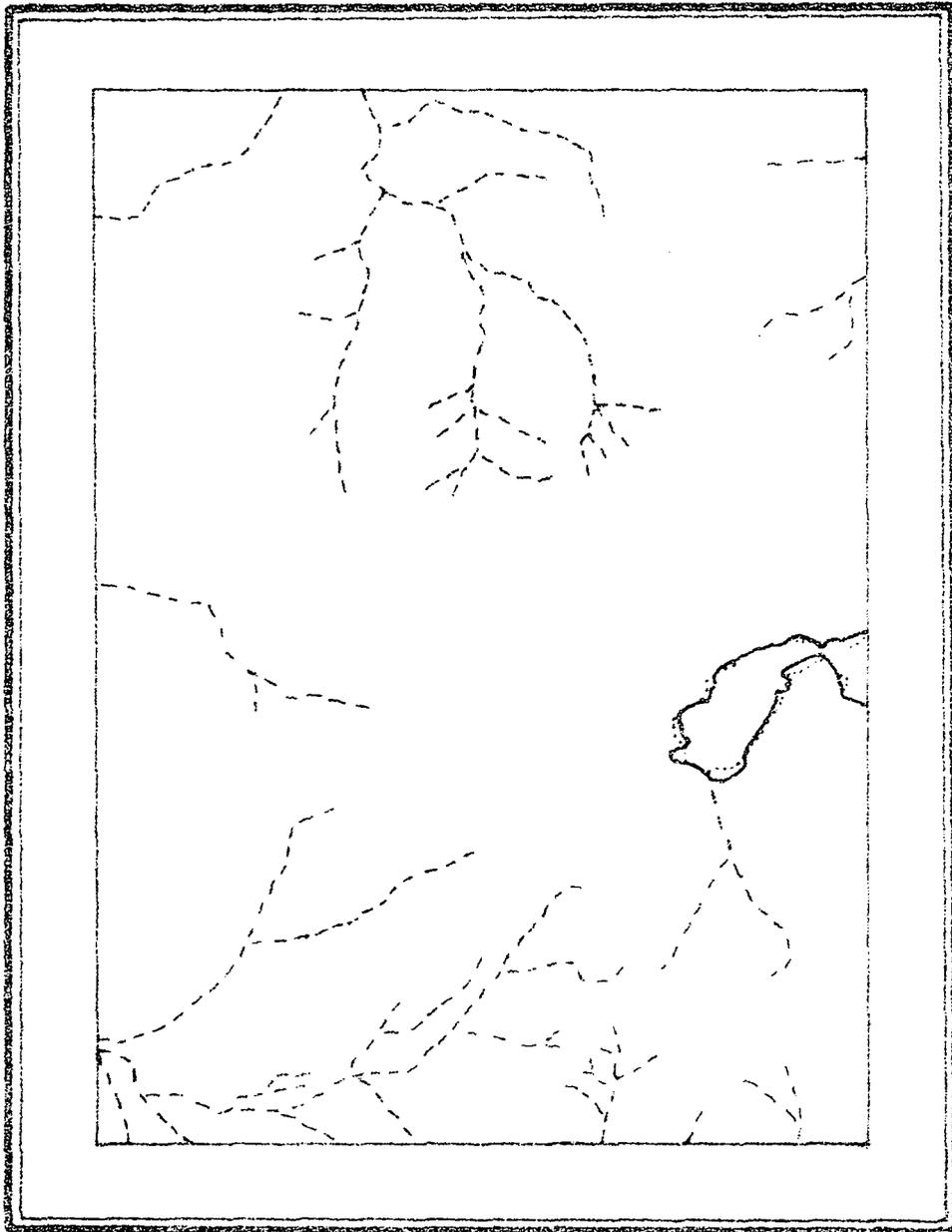


Fig 7 - Mare de Markoye
1/100.000

————— 23 oct 81 - Simulation Spot X53
- - - - - 23 oct 81 - Photographie IRC

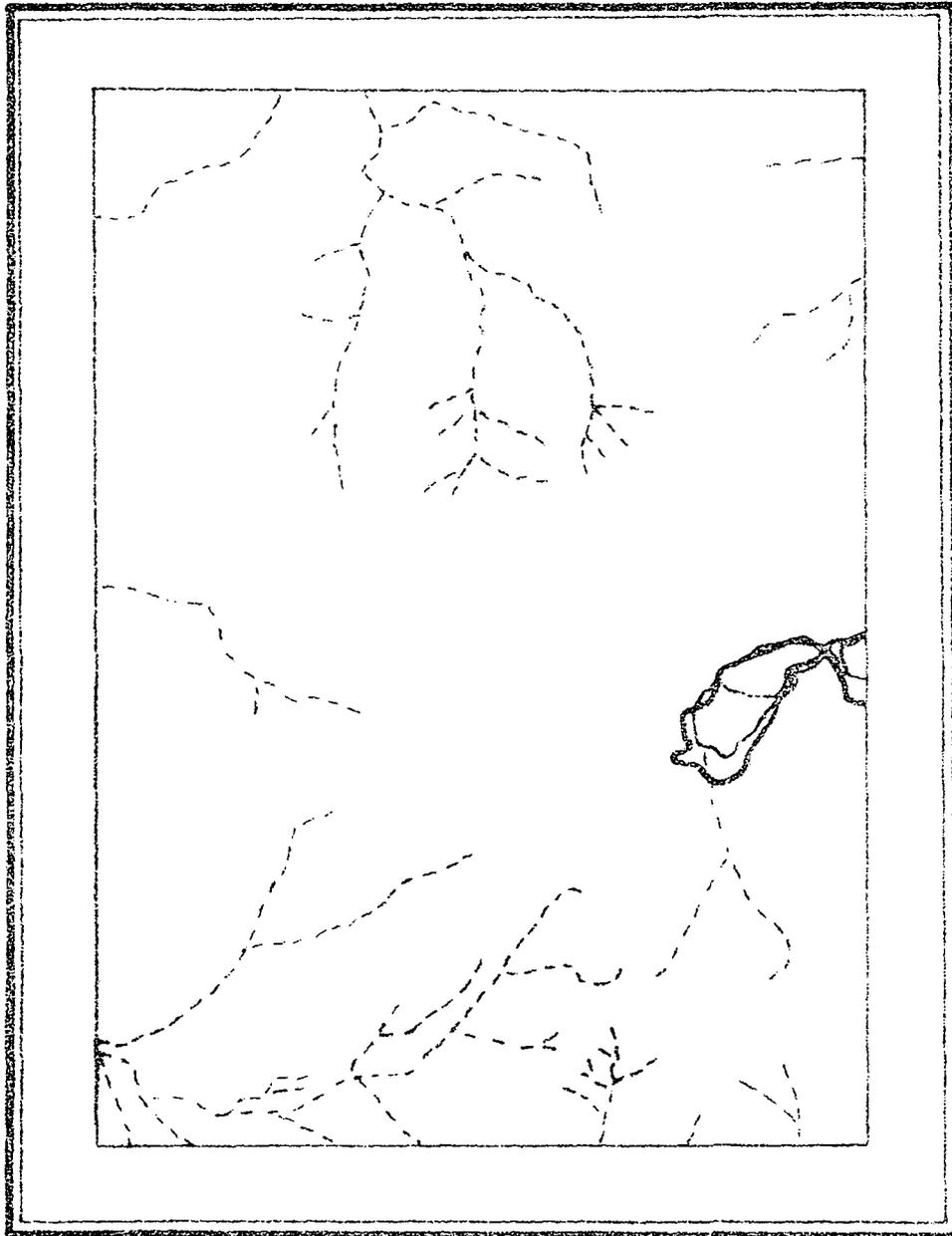


Fig 8 - Suivi de la mare de Markoye
1/100.000

- 6 nov 75 - Composition colorée MSS
- - - - - 17 jan 81 - RBV
- 23 oct 81 - Simulation Spot XS3



Les autres interprétations (MSS, RBV) n'ont pu être contrôlées en raison d'un manque d'éléments de comparaison. Cependant, les surfaces estimées sont bien corrélées aux données pluviométriques et aux dates de prises de vues.

Grâce au caractère répétitif des images satellites et aux meilleures performances des capteurs de 2e génération, il est possible de réaliser un véritable suivi des plans d'eau de petites dimensions.

LA RECHERCHE D'EAU SOUTERRAINE

Sur le socle cristallin, la recherche systématique des zones fracturées a donné depuis quelques années de très bons résultats en hydrogéologie. En effet, les seules possibilités de stockage de l'eau se situent dans les fissures où la roche compacte est fracturée sur une certaine largeur.

Les hydrogéologues utilisent depuis longtemps les photographies aériennes pour établir des cartes de fracturation détaillées.

Cependant, la recherche systématique des linéaments * sur les images satellites, technique très largement utilisée au CRTD, permet d'obtenir de façon rapide, sûre et peu coûteuse des informations complémentaires :

- vision "régionale" des phénomènes ;
- informations aisées dans diverses fenêtres de longueur d'onde.

On peut ainsi établir après vérification et corrélation de plusieurs documents, une carte de synthèse des linéaments.

Sur cette carte ceux-ci sont hiérarchisés selon leur importance.

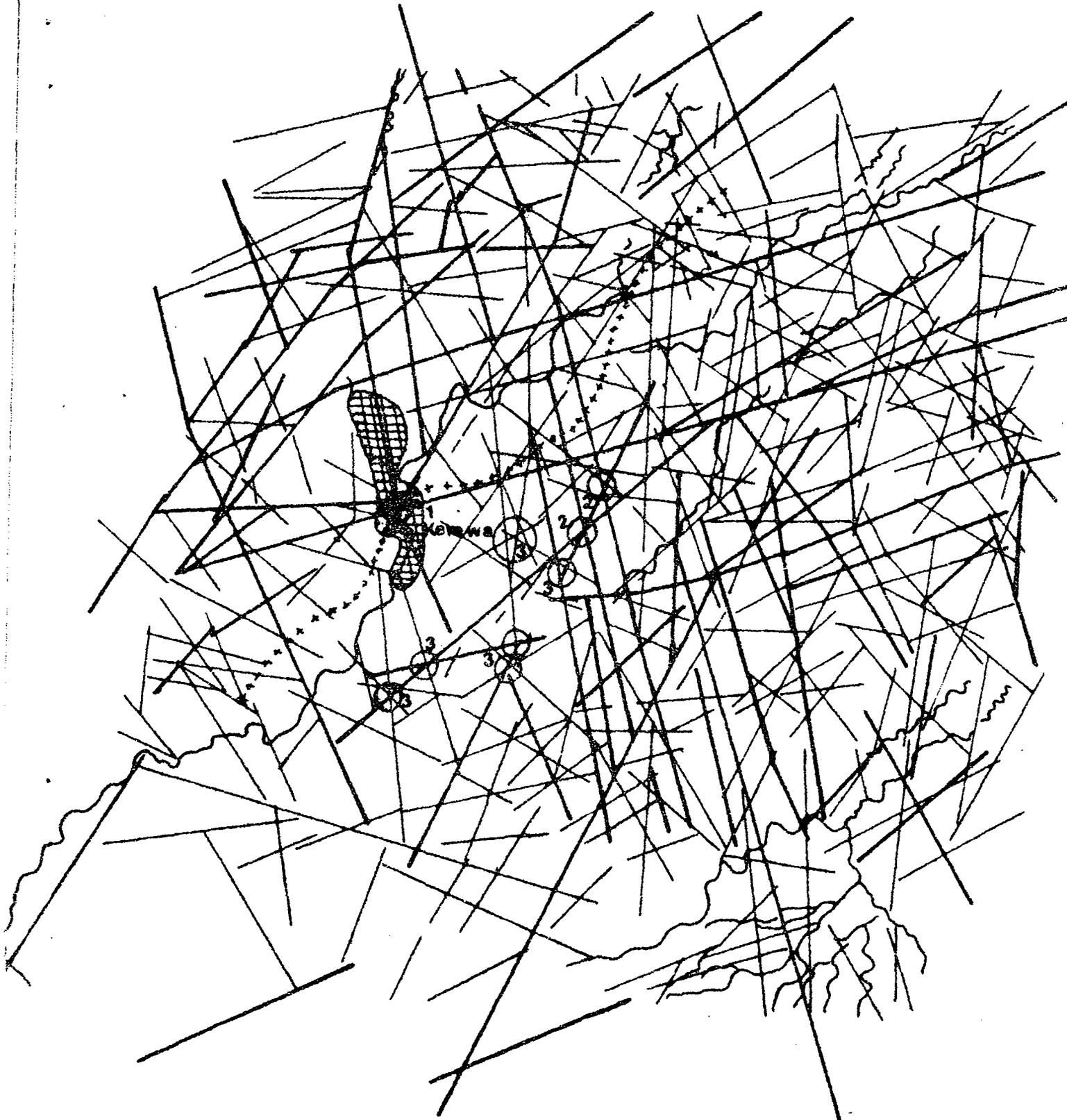
La superposition de cette carte avec celle issue de la photo-interprétation permet de sélectionner à priori des sites favorables à l'implantation des forages.

* Les linéaments : Les linéaments visibles sur images satellites sont, de longues structures linéaires correspondant aux traits géomorphologiques du paysage. Ils sont souvent le reflet du substratum rocheux en place : plis, failles, fractures... etc.

FIG. 10: LINEAMENTS MAP OF KERAWA TEST ZONE

PREPARED FROM AERIAL PHOTOS AND LANDSAT DATA

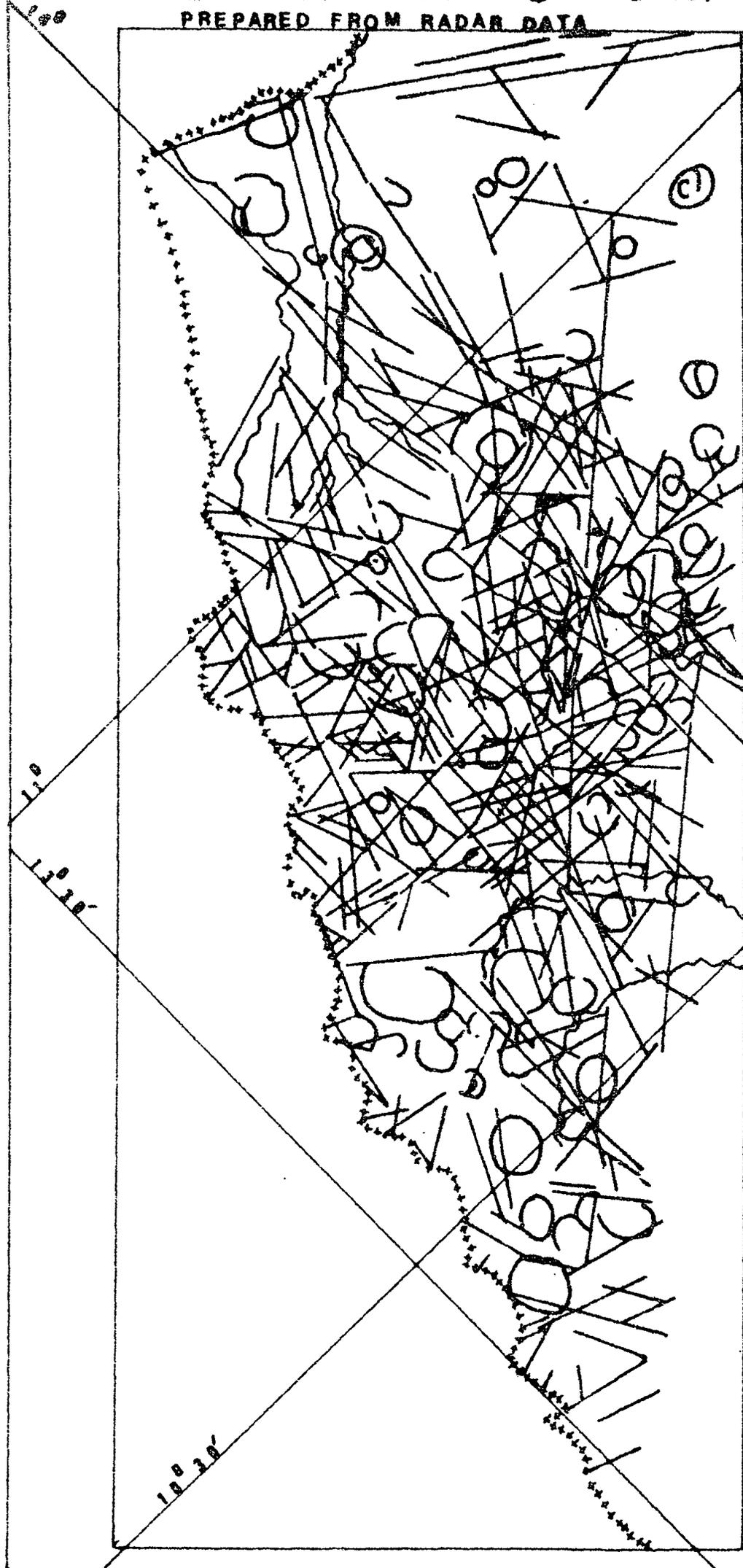
SCALE 1:50000



PHOTOS NRS. 91 to 93, MISSION AE-6162 NC33XXI

DIFFENB. R.

FIG 5: LINEAMENTS MAP OF STUDY AREA
PREPARED FROM RADAR DATA



SCALE 1: 500,000

DIFFANG R.

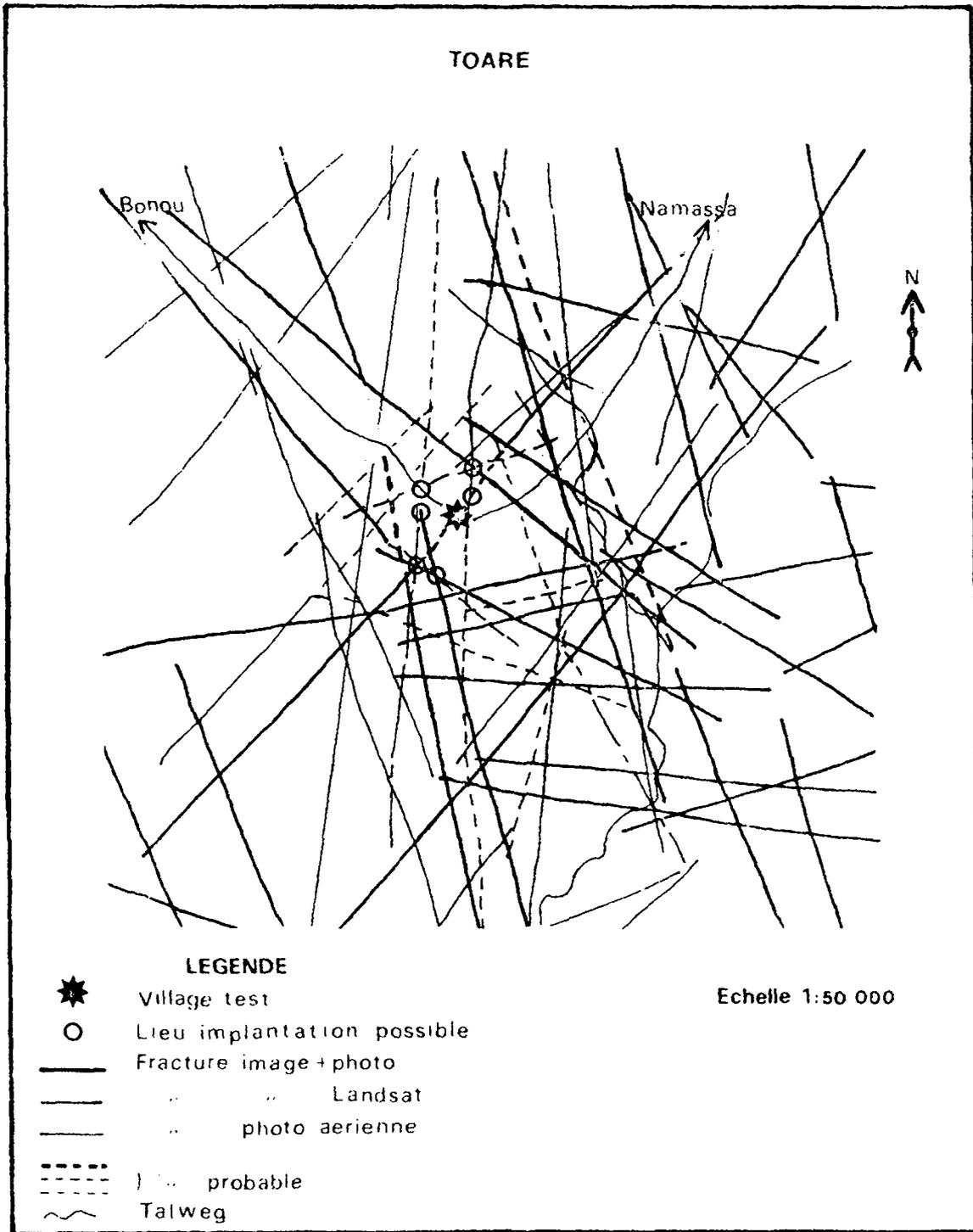


Figure 35 A

WAROUBERE

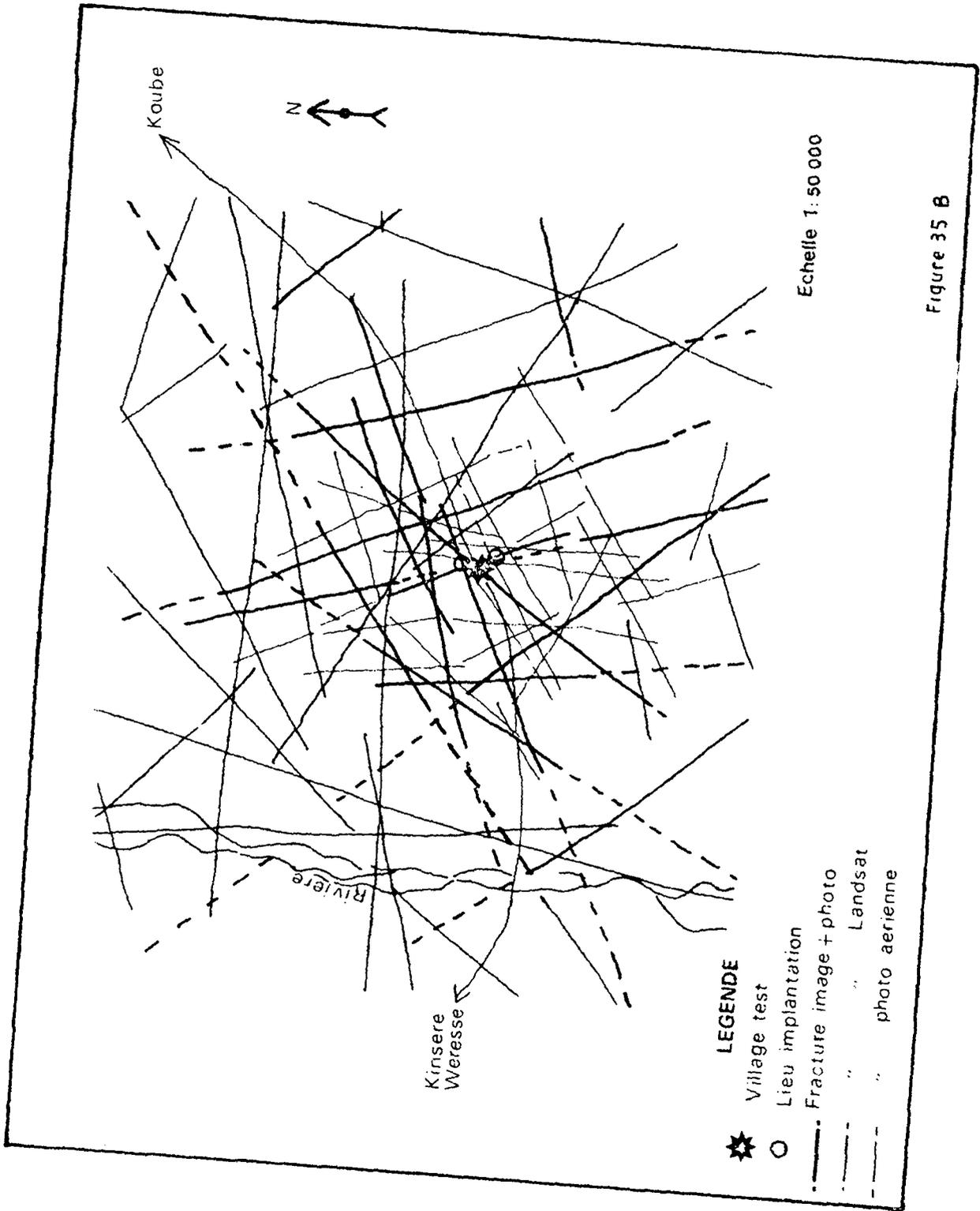


Figure 35 B

CONCLUSION

Les études menées au CRTO à l'aide des données des premiers satellites LANDSAT ont largement prouvé l'intérêt qu'offre la télédétection dans le domaine des eaux souterraines et de surface.

Celui-ci découle de la spécificité des images satellites :

- paysage enregistré dans plusieurs longueurs d'onde ;
- vision régionale des phénomènes ;
- répétitivité de prises de vues.

Cependant les satellites de 2ème génération grâce à leurs meilleures résolutions spatiales et spectrales et en particulier le satellite SPOT qui offrira la possibilité de vision stéréoscopique, permettront d'améliorer sensiblement la finesse et la fiabilité des interprétations des images satellites.

La mise en place effective de la station de réception de Ouagadougou reste un préalable important à l'utilisation optimale des données de Télédétection sur la sous-région.

A l'heure actuelle le CRTO, à travers ses fonctions de formation, d'assistance et de diffusion des produits LANDSAT peut offrir son appui à tout projet désirant utiliser la télédétection en Afrique de l'Ouest.

--(T-)
 N N E X E -

Liste des rapports concernant l'étude des eaux de surface
et la recherche d'eau souterraine édités au CRTO.*

Eaux de surface

- 1°) Rapport préliminaire à l'exécution d'une étude hydrographique
J. MALACAMP - Février 79 ;
- 2°) La Télédétection appliquée à l'étude des barrages
J. MALACAMP - Mars 1979.;
- 3°) Contribution du CRTO à l'avant projet de barrage de Gampela
Y. KOUSSOUBE - J. MALACAMP - Avril 1979 ;
- 4°) Etude hydrographique - Projet de route Barsalogo - Lanfiéra
Y. KOUSSOUBE - J. MALACAMP - Mai 1979 ;
- 5°) Etude hydrographique - Projet de route Po-Zabré - Manga
et Zabré - Bitou - Y. KOUSSOUBE - Juin 1979 ;
- 6°) Tracé de réseaux hydrographiques et délimitation de
bassins versants - M. TAPSOBA - Décembre 1979 ;
- 7°) Utilisation de la Télédétection spatiale dans les projets
d'études et de surveillance des barrages - Communication
aux journées techniques du Comité InterAfricain d'Etudes
Hydrauliques.
J. MALACAMP - Février 1980.
- 8°) Télédétection appliquée à l'étude des barrages : recherche
de sites dans la vallée du Goulbi de Maradi (Niger)
A. Ousmane - Avril 1980.
- 9°) Application de la Télédétection à l'étude des crues du
fleuve Niger
A. Ousmane - Juillet 1980.

* Ceux-ci peuvent être obtenus au CRTO dans la
mesure où ils ne sont pas épuisés.

- 19°) Apport de la Télédétection spatiale à la cartographie des zones soudaniennes - Application à la région de Ouahigouya (Haute-Volta)
J. SAWADOGO - J. MALACAMP - J.C. PION - R. SERRIERE
Décembre 1982.
- 20°) Utilisation de la Télédétection pour le suivi des petites mares au Sahel. Application aux régions de Gouré (Niger) Markoye et Ouagadougou (Haute-Volta).
J.P. MADIER Juin 1983.
- 21°) Targetting areas of underground water reserve in Northern Sierra Leone.
M.S. KAMARA - Décembre 1979. Mise à jour Janvier 1982.
- 22°) Etude par image satellite de la zone sSahélienne Dori-Oursi : hydrographie, fracturation, application à la recherche de l'eau.
J.S. SAWADOGO - Décembre 1979.
- 23°) Conférence d'hydrogéologie - Séminaire des Nations-Unies sur les applications de la Télédétection.
J.C. PION - Janvier 1980. Mise à jour Octobre 1982.
- 24°) Recherche d'eau souterraine en région de socle : étude d'une zone test par image satellite et photographie aérienne.
J.S. SAWADOGO - Avril 1980.
- 25°) Application de la Télédétection à une étude hydrogéologique de base : Pilimpikou (Haute-Volta).
J.S. SAWADOGO.
- 26°) L'eau souterraine et la Télédétection. Essai d'implantation de forages dans le Liptako Nigérien.
Amani Soumana - Septembre 1981.
- 27°) Ground water exploration. Tiyela area. A pilot Project.
M.S. KAMARA - Février 1982.

DONALD SHARP ET
INV/JAMES CHAUVIN (CRDI)

JOURNEES TECHNIQUES DU 12e
CONSEIL DES MINISTRES DU CIEH
YAOUNDE

20-21 Février 1984

MINISTRE DE L'EAU

COMITE TECHNIQUE

() ORIENTATION DES PROGRAMMES
DU SECTEUR D'APPROVISIONNEMENT
EN EAU ET L'ASSAINISSEMENT

Présenté par :

JAMES CHAUVIN
AGENT DE PROGRAMME
EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT
DIVISION DES SCIENCES DE LA SANTE
CENTRE DE RECHERCHES POUR LE
DEVELOPPEMENT INTERNATIONAL (CRDI)

OTTAWA, CANADA

22806

Le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI), une société publique autonome instituée en 1970 par le Parlement du CANADA, a pour objet d'encourager et de subventionner des recherches scientifiques menées dans l'intérêt des pays en voie de développement. Les recherches subventionnées par le CRDI tendent à l'amélioration des conditions de vie dans ces pays pour l'adaptation de la science et de la technologie à leurs impératifs. Dans leur grande majorité, les recherches financées par le CRDI visent à améliorer la qualité de la vie chez les ruraux qui, même s'ils constituent les trois quarts de la population des pays en voie de développement, sont souvent les derniers à profiter des progrès de la science et de la technique.

Un des objets dominants de la plupart de ces projets consiste à former dans ces mêmes pays d'excellents chercheurs autochtones. Le CRDI se distingue par la mise en exergue l'importance de la science dans le développement international et il a poussé les pays en développement à exploiter judicieusement l'expérience de leurs propres scientifiques. C'est le premier organisme d'aide créé expressément pour subventionner des recherches qui sont proposées, élaborées, dirigées et réalisées sur place par des chercheurs des pays en voie de développement, en fonction de leurs propres priorités. Il faut souligner que les projets subventionnés par le CRDI sont pour la plupart d'une échelle petite à moyenne.

Le but est de promouvoir le développement de la planification et de la réalisation de la recherche appliquée.

Le CRDI, dont le siège social est situé à OTTAWA, Canada et le bureau régional de l'Afrique Occidentale à Dakar, compte quatre divisions principales : les sciences de la santé, les sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition ; les sciences sociales ; et les sciences de l'information.

.. / ...

La Division des Sciences de la Santé subventionné actuellement des recherches dans quatre domaines principaux, non rigide-
ment délimités :

l'approvisionnement en eau et l'assainissement ;
l'hygiène maternelle et infantile ; les maladies tropicales
et les maladies infectieuses ; et l'hygiène du travail et du
milieu. Les activités de recherche opérationnelle en matière
de santé sont actuellement intégrées aux travaux de ces quatre
programmes, mais un cinquième programme sera créé bientôt afin
de renforcer ce domaine de recherche.

Le secteur d'approvisionnement en eau et assainissement
s'intéresse particulièrement aux activités de recherche sur le
développement et l'essai de technologies appropriées dans ce
domaine, et en particulier, sur la diffusion et l'impact de
ces dernières aux villageois.

Dans cette période d'austérité, les gouvernements du Tiers-Monde
ont épuisé leurs ressources à tenter de fournir les services
essentiels d'approvisionnement en eau et l'assainissement à
des populations toujours croissantes. La majorité de ces ressources
sont mobilisées par les grands centres urbains, les régions
rurales devant se contenter de peu. Que la fourniture de services
sanitaires essentiels et d'approvisionnement en eau dans les
campagnes dépende de la création et de l'implantation de techniques
appropriées économiques est un principe qui est de plus en plus
partagé par le plus grand nombre.

Afin d'optimiser l'affectation de ces ressources limitées, les
technologies doivent être adaptées au milieu social, culturel
et économique où elles seront utilisées et elles doivent être
assez simples pour qu'un villageois même illettré puisse les
comprendre, les installer et les entretenir. Puisque l'on sait
que de simples mesures sanitaires peuvent prévenir la plupart des
maladies hydriques, des améliorations sensibles peuvent être
apportées au niveau de la santé si les collectivités sont assez
motivées et organisées pour satisfaire leurs propres besoins.

Des changements permanents peuvent se produire dans une communauté qui prend conscience des nouveaux avantages dont elle profite. Il faut cependant que les connaissances, le comportement et les habitudes soient transformés. Les gouvernements doivent donc concentrer leurs efforts sur la création d'un climat favorisant le changement en mettant en oeuvre des stratégies de promotion de l'auto-suffisance à l'échelle des villages.

Le secteur d'approvisionnement en eau et assainissement de la Division des Sciences de la santé du CRDI cherche à mettre en évidence des stratégies visant à offrir aux villageois des choix techniques ainsi que l'information nécessaire à la compréhension totale et à l'adoption d'un choix donné.

Le secteur accorde moins d'attention à l'approche technologique et davantage aux autres variables importantes telles que l'accueil de l'utilisateur, l'économie, l'éducation à l'hygiène et les techniques de maintenance. Parmi les nombreux programmes d'approvisionnement en eau et assainissement actuellement mis en oeuvre, peu d'entre eux atteindront leurs objectifs si on ne prend en haute considération les problèmes relatifs à l'acceptation et à la bonne utilisation de la technologie. Le secteur a donc orienté son aide vers cinq domaines prioritaires.

LES SOUS-SECTEURS

1. Développement de la technologie :

Cet aspect comprend la recherche, fondamentale et appliquée, axée sur la création de techniques appropriées économiques telles que : la collecte des eaux pluviales ; la technologie des pompes manuelles qui peuvent être fabriquées dans les pays en voie de développement ; les systèmes d'évacuation et l'enlèvement des déchets solides ; le traitement des eaux usées et l'élimination des déchets humains ; et les techniques de traitement et de désinfection de l'eau à usage domestique et communautaire. L'établissement de réseaux de projets (des liens formels et informels entre les groupes de recherche) permettent l'échange des informations importantes et la diffusion des résultats des travaux.

Une attention particulière est portée à l'application pratique de ces technologies au niveau du village et au développement de stratégies élaborées pour promouvoir la compréhension des collectivités intéressées, l'acceptation et l'utilisation des techniques.

2. Les systèmes de récupération des déchets :

Ce domaine est centré sur la récupération et la réutilisation de ressources valables (protéines, nutriments végétaux, matières combustibles, etc.) des déchets domestiques et fermiers. Les études sur la transformation des déchets humains en ressource économique sont particulièrement intéressantes. Toute aussi vitale est l'investigation des aspects de la santé publique que présentent les divers systèmes de récupération des déchets, y compris l'irrigation avec les effluents des égouts et le compostage des déchets humains. Encore là, l'application pratique de ces techniques au niveau du village domine les travaux.

3. Formation et développement de la main d'oeuvre :

Ce sous-secteur a pour but de fournir de l'assistance aux programmes de développement de la main d'oeuvre. Il comprend l'élaboration des programmes et l'introduction de cours de formation spécialisée à l'intention du personnel auxiliaire affecté à l'implantation des technologies d'approvisionnement en eau et services d'hygiène dans les régions rurales, y compris des programmes de formation des cadres ruraux pour l'entretien des pompes. On privilégie également les études sur les moyens d'adapter efficacement certaines technologies aux conditions villageoises. Les travaux portent également sur le développement de plans appropriés et efficaces d'entretien des systèmes d'adduction d'eau et services sanitaires, la formation spécialisée (formelle et informelle) des chercheurs à l'identification des problèmes et de leurs solutions en fonction du contexte culturel technique et économique. L'expérience pratique et la formation en cours d'emploi conservent toute leur importance dans ces projets.

4. Etudes sociales et administratives :

Ce sous-secteur comporte les recherches sur les aspects sociaux, culturels, d'organisation, administratifs et financiers des programmes d'approvisionnement en eau et services d'hygiène. Ces études visent également à démontrer la capacité des communautés à participer activement à la planification, à l'exécution et à la gestion des projets. Une priorité élevée est attachée aux études de comportement relatives aux pratiques sanitaires et à l'utilisation de l'eau, aux analyses des coûts et rendement et aux études de coûts et d'efficacité, et aux recherches sur l'adaptation des techniques d'adduction d'eau et d'élimination des déchets humains aux croyances, habitudes et à la culture des collectivités intéressées.

5. Etudes sociales et administratives :

Ce thème comprend les recherches qui portent sur l'impact de l'introduction de l'approvisionnement en eau et des services sanitaires sur la santé de la collectivité. Elles comportent l'analyse de l'incidence de diverses technologies dans les conditions réelles d'emploi et du niveau d'amélioration sanitaire sur la réduction de la morbidité et de la mortalité dues aux maladies infectieuses liées à un environnement tropical. L'un des aspects dominants de ce secteur est l'identification des variables de l'étiologie des maladies diarrhéiques et la création de l'expérimentation des stratégies d'interventions visant à éliminer le problème des maladies hydriques.

../....

Le secteur apporte également une contribution modeste aux colloques et séminaires réunis pour identifier les priorités de la recherche et pour diffuser l'information et les résultats des travaux sur les sujets mentionnés plus haut. La publication d'ouvrages techniques sur divers sujets du domaine de l'approvisionnement en eau et des services d'hygiène est un objectif du secteur. Un film documentaire a été produit en collaboration avec l'OMF et OXFAM/Royaume Uni à l'intention des décideurs en matière de soins de santé, des hygiénistes et des auxiliaires médicaux communautaires travaillant à la mise en oeuvre de programmes d'adduction d'eau et de services sanitaires. Ce film comprend des dessins animés et des scènes prises sur le vif qui illustrent les modes de transmission des maladies et la relation de cause à effet des mauvaises pratiques sanitaires avec les gastro-entérites. Le documentaire touche également le domaine de la prévention par la démonstration de l'application de simples technologies. Il met en évidence le processus de contamination de l'eau et les mesures à prendre pour la combattre, selon le principe que le but de toute intervention d'adduction d'eau et de services d'hygiène est d'améliorer la santé des collectivités et non de créer des latrines ou des pompes très sophistiquées.

Le Conseil des gouverneurs du CRDI, qui dirige le Centre en établissant ses politiques, étudie les propositions de recherche soumises au CRDI en fonction de leur valeur scientifique et des critères de financement des projets suivants :

1. Priorité au niveau national : les projets doivent porter directement ou indirectement sur des questions de politique nationale jugées importantes par les décideurs locaux.

../...

2. Main d'oeuvre et ressources locales : La préférence est donnée aux chercheurs et aux instituts de recherche des pays en voie de développement. Des chercheurs étrangers peuvent être financés à titre de consultants, sur demande des chercheurs locaux et lorsque les avantages d'une telle assistance technique pour les chercheurs peuvent être démontrés.

3. Applicabilité de la recherche. Les résultats de la recherche proposée doivent être immédiatement applicables au pays où s'effectue la recherche. La méthodologie et les moyens utilisés doivent tenir compte de la disponibilité et des compétences du personnel, ainsi que des installations locales disponibles pour la conduite de la recherche.

Des subventions sont accordées pour financer des projets de recherche précis et non pour assurer une assistance technique. Comme il importe que les rapports entre le CRDI, et l'institution qui propose un projet soient fructueux, les deux parties travaillent ensemble à l'élaboration du projet préalablement à sa présentation au Conseil des gouverneurs.

Bien que les étapes varient d'un projet à l'autre, elles sont généralement les suivantes :

1 Les propositions préliminaires doivent être soumises indiquant les objectifs, la méthodologie et l'appartenance institutionnelle des chercheurs, sans oublier les estimations budgétaires et la contribution du bénéficiaire. Elles doivent être envoyées directement au soin du Docteur Donald Sharp à OTTAWA. Il n'y a pas de dates établies pour la présentation des demandes. Les propositions sont étudiées par le Conseil des gouverneurs, quatre fois par an.

../...

2. Les propositions préliminaires sont étudiées par le personnel du secteur d'approvisionnement en eau et d'assainissement qui détermine alors si elles sont conformes aux critères de financement des projets déjà mentionnés. Normalement, une réponse à l'intéressé sera envoyée dans les six à huit semaines qui suivent la réception de la demande.

3. Le candidat est ensuite prié de présenter une proposition détaillée comprenant toute information supplémentaire demandée par le CRDI. Dans le cas où il serait utile et pratique de le faire, un représentant du secteur pourrait visiter l'intéressé pour discuter du projet et de son élaboration.

Si une collaboration avec le CRDI vous intéresse, nous sommes disponibles pour en discuter avec vous plus longuement. Nous avons aussi des dépliants qui décrivent plus en détails le mandat et les activités du CRDI, de la division des sciences de santé, et du secteur d'approvisionnement en eau et d'assainissement, ainsi que des exemplaires qui donnent des renseignements sur le processus de soumission d'une proposition au CRDI.

DOUZIEME CONSEIL DES MINISTRES
DU CIEH

YAOUNDE 20 - 26 FEVRIER 1984

Eléments pour une stratégie d'aménagement
des eaux du Togo.

Par Charles LOAEC
Chef du Service Hydraulique Fluviale et
Ressources en Eau

GEOHYDRAULIQUE - LABORATOIRE CENTRAL
DE L'HYDRAULIQUE DE FRANCE

LOAEC

4806
1984

Malgré une position géographique en zone tropicale, donc a priori plus favorable que celle des pays du Sahel, le Togo est lui aussi étroitement soumis aux aléas climatiques, en particulier pour sa production agricole.

Il n'est donc pas étonnant que la maîtrise de l'eau y apparaisse comme un objectif majeur à atteindre. Dans son exposé des motifs, le troisième Plan (1976 - 1980) entendait faire de cette maîtrise "le facteur essentiel du développement agricole, l'axe central autour duquel allait graviter toute la politique d'aménagement du territoire".

Dans cet esprit, le Gouvernement s'est préoccupé de l'élaboration d'un plan d'aménagement des eaux à l'échelle nationale. Dans un premier temps, il a confié au Laboratoire central d'hydraulique de France, sur financement du PNUD, une étude comportant :

- d'abord la mise sur pied d'une base de données couvrant l'ensemble du secteur eau,
- ensuite l'établissement d'une confrontation des besoins et des ressources en eau au niveau régional, confrontation constituant la première esquisse d'un plan d'aménagement des eaux.

Il ne s'agit pas ici de s'étendre sur la description détaillée de cette étude. Il suffira de développer ce qui me paraît faire, peut-être son originalité et ce en quoi elle pourrait éventuellement avoir valeur d'exemple pour des études similaires à mener dans d'autres pays, j'entends la démarche méthodologique adoptée pour aboutir à la confrontation besoins-ressources.

1 - La démarche méthodologique

Les termes de référence du contrat prévoyaient le découpage du pays en "blocs homogènes" dans lesquels devrait s'opérer la confrontation régionale des ressources et des besoins en eau. Ils stipulaient également que les hypothèses à prendre en compte étaient implicitement définies, du point de vue hydro-agricole, par la réalisation des projets d'aménagement recensés au cours de l'étude.

En réalité il est vite apparu que le relief du Togo son allongement sur plusieurs latitudes, ses contrastes climatiques et hydrologiques, sa répartition démographique, son découpage administratif, le manque d'adéquation de ses frontières à l'hydrographie interdisaient en pratique un découpage en "blocs" assez vastes et qui soient homogènes.

De même il était clair que les ressources elles-mêmes étaient loin d'être homogènes (opposition montagne-plaine, grands axes hydrographiques pérennes et affluents intermittents), que les besoins vivriers et les besoins en eau potable étaient concentrés près des centres de peuplement et inégalement repartis dans l'espace, que la localisation des besoins importait plus que leur volume, que les besoins des projets recensés étaient négligeables comparativement aux apports globaux des bassins mais démesurés par rapport aux apports d'étiage.

Contradiction cruelle qui conduisait, du fait de termes de référence mal énoncés, à la fois à la nécessité de disposer d'une unité géographique élémentaire et à l'impossibilité de la définir.

Pour sortir de ce dilemme fâcheux, la démarche suivie a pris appui sur deux objectifs considérés au Togo comme essentiels pour une politique d'aménagement du territoire :

- l'idée d'autosuffisance alimentaire,
- l'idée de développement autocentré.

Cette dernière notion correspond à la logique des préoccupations gouvernementales qui visent à promouvoir un développement issu des régions elles-mêmes. C'est donc au niveau des centres de peuplement de plus de 5000 habitants, centres supposés abriter l'activité économique future du pays que les besoins ont été concentrés, évalués et comparés aux ressources disponibles à proximité.

Parallèlement, à la notion d'autosuffisance alimentaire, s'est rattachée l'idée de rechercher dans quelles conditions cette autosuffisance pourrait être atteinte par la réalisation de périmètres irrigués autour des agglomérations.

Dans ce nouveau cadre de réflexion, la confrontation besoins-ressources pouvait désormais s'opérer.

2 - Les hypothèses envisagées

L'objectif somme toute limité, visant à atteindre en l'an 2000 l'autosuffisance alimentaire du Togo en recourant à l'irrigation conduit à faire de l'agriculture le consommateur principal - et de loin - des ressources en eau du pays. C'est à dire que l'établissement d'un plan d'aménagement des eaux devient étroitement dépendant des options de développement agricole et que ces dernières peuvent constituer de fait le fondement d'une confrontation des besoins et des ressources.

Il n'y a pas au Togo de politique clairement établie en matière de mise en valeur hydroagricole. Le sentiment général partagé par les responsables est que, dans le cadre du développement agricole nécessaire, la mise en valeur hydroagricole doit trouver sa place. Cette appréciation reste intuitive et le débat reste ouvert par exemple sur la part respective à accorder à l'irrigation et à l'amélioration des techniques culturales.

Pour éclairer ce débat, trois alternatives ont été envisagées pour la consommation des déficits en produits vivriers à combler pour atteindre l'autosuffisance alimentaire en l'an 2000.

- extension pure et simple des superficies cultivées sans amélioration des techniques culturales,
- emploi de techniques culturales améliorées avec cultures en sec,
- recours à l'irrigation.

Ces différents scénarios se traduisent par une évaluation de superficies à cultiver en sec ou à irriguer à l'horizon 2000.

On s'attachera ici au seul examen du recours à l'irrigation qui pose en corollaire la nécessité d'une mobilisation des ressources en eau.

Deux scénarios ont été retenus :

- l'un comporte une rotation culture vivrière-culture de reste avec une seule récolte annuelle de saison humide et un prélèvement au fil de l'eau. La superficie totale à équiper est dans ce cas de 210.000 ha.
- l'autre comporte une rotation de deux cultures vivrières avec deux récoltes par an. Ce scénario exige généralement sauf dans le cas de rivières pérennes un stockage des eaux pour satisfaire les besoins de saison sèche. La superficie à équiper est dans ce cas de 39 000 ha.

Conformément en matière d'aménagement, il a été admis que les superficies à irriguer seraient établies dans les zones d'influence des centres de peuplement de plus de 5000 habitants.

Par hypothèse, ces superficies ont été ventilées de la manière suivante :

- d'abord au niveau régional, en admettant que les pourcentages actuels de production seraient conservés,
- ensuite au niveau des circonscriptions, en répartissant les superficies obtenues au niveau de la région au prorata de la population rurale de chaque circonscription en l'an 2000.
- enfin, au niveau des centres de peuplement proportionnellement à leur population avec toutefois un coefficient de pondération pour les villes importantes.

3 - Les résultats

Une fois bien identifiés les termes de la comparaison, la technique de la confrontation devient une simple mécanique. Elle consiste :

- dans un premier temps à examiner si la ressource disponible au fil de l'eau est suffisante pour couvrir le déficit pluviométrique des cultures au moment où celui-ci apparaît. La confrontation est alors une comparaison élémentaire entre volumes repris et volumes disponibles à un certain moment et en un certain lieu,
- dans un deuxième temps, si la comparaison n'est pas positive, à envisager la solution du stockage et, dans ce cas, de caractériser un certain nombre de paramètres : surface à irriguer, bassin versant minimal, volume de la retenue, de crue de projet.

Les résultats sont présentés suivant les deux hypothèses de mobilisation retenues : fil de l'eau et stockage.

Dans l'optique d'une mise en valeur agricole au fil de l'eau, sur les 210.000 ha nécessaires :

- 6 % peuvent être équipés sans risque de déficit,
- 9 % sont conditionnellement excédentaires,
- 64 % connaîtront un déficit avant l'an 2000,
- 21 % représentent la zone sédimentaire côtière dépourvue de ressource au fil de l'eau mobilisable.

Le bilan d'ensemble est donc largement déficitaire en l'an 2000. Si l'on exclut la zone maritime dont on admet que le déficit sera absorbé par les aménagements du Mono (barrage de Nangbétou) seuls 110.000 ha peuvent être irrigués au fil de l'eau. Pour atteindre l'objectif d'autosuffisance alimentaire, il faut y adjoindre 20000 ha₃ irrigués 12 mois par an représentant un volume global stocké de $270 \cdot 10^6$ m³.

Dans l'hypothèse alternative on envisage seulement du stockage, il faut un volume stocké de $350 \cdot 10^6$ m³ assurant toute l'année l'irrigation de 25000 ha.

En termes globaux, précisons encore :

- que les volumes de retenue représentent 1,8 % des apports annuels du Togo.
- que la superficie de bassin contrôlée représente 5 % de la superficie du pays.
- que les apports contrôlés représentent 4 % des apports du Togo.

Ces derniers chiffres mettent largement en évidence que les problèmes ne se posent pas en termes de disponibilités quantitatives globales mais bien en termes d'adéquation dans le temps et dans l'espace, d'où en corollaire l'importance essentielle de l'identification et des sols irrigables et des sites d'ouvrage de retenue.

4 - Conclusion

La confrontation besoins-ressources, effectuée constitue une première approche de l'utilisation des ressources en eau du Togo. Les éléments chiffrés du bilan besoins-ressources qu'elle procure constituent un outil opérationnel aux mains du planificateur. En effet, non seulement ils lui signalent les zones sensibles donc susceptibles a priori d'un traitement de faveur, mais aussi ils lui fournissent les termes d'une comparaison technico-économique puisqu'aussi bien sont précisés en chaque point analysé volume de retenue, crue de projet, surface irriguée, débit de pointe à l'hectare, tous éléments nécessaires et suffisants pour une évaluation approchée des coûts.

4806

11

COLLOQUE SUR
LE DEVELOPPEMENT ET LES APPLICATIONS
REGIONALES DU SHOFM EN AFRIQUE
 (Addis Abeba, 7 - 10 décembre 1982)

R A P P O R T

1. Le colloque sur le développement et les applications régionales du sous-programme hydrologique à fins multiples (SHOFM), organisé par l'OMM en Afrique, s'est tenu du 7 au 10 décembre 1982 au siège de la Commission Economique pour l'Afrique à Addis Abeba (Ethiopie), avec la participation de 8 représentants de la différentes institutions africaines qui s'occupent d'hydrologie. Le PNUD a apporté un appui financier, au titre de son programme régional, et la CEA a mis à la disposition du colloque ses services et installations. Monsieur P.N. MWANZA, Directeur de la Division des ressources naturelles a ouvert la réunion au nom du Secrétaire exécutif de la CEA. M.S. Acheampong a été nommé, à l'unanimité, animateur tandis que le représentant de l'OMM assurait les fonctions de Secrétaire de la réunion.

2. Le programme du colloque comprenait :

- (i) une séance d'information sur l'état actuel de développement du SHOFM,
- (ii) une présentation sur les participants de rapports contenant des indications générales sur la situation de l'hydrologie opérationnelle dans leurs pays respectifs,
- (iii) l'ébauche d'un certain nombre de sous-projets pour le développement et/ou l'adaptation, l'expérimentation et l'application pilote des composantes de SHOFM dans la région, en tenant compte des préoccupations et priorités mises en évidence par les rapports des participants.

.../...

Les participants ont ensuite étudié les avant-projets à la lumière des besoins et de l'appui qui pourrait être accordé pour leur réalisation conjointe par deux pays au moins.

3. Préoccupés de ce que seuls quelques pays et institutions régionales pourraient prendre part au programme envisagé, en raison de contraintes financières, les participants ont tenu compte, dans leurs débats, du rapport de la réunion d'experts sur les problèmes hydrologiques en Afrique organisée conjointement par l'OMS, l'UNESCO et la CEE en 1976, ils ont noté que le rapport du colloque serait distribué à tous les pays que concerne le programme régional du PNUD en Afrique, et que les services hydrologiques de ces pays auraient la possibilité de s'associer à tous les sous-projets prévus. Ils ont en outre relevé que le nombre de sous-projets bénéficiant du concours des services hydrologiques de la région pourrait s'accroître ultérieurement, dans la limite des contraintes financières imposées.

4. Les participants ont élaboré douze propositions de sous-projets (Annexe) et ont identifié pour chacun d'eux, au moins un organisme prêt à jouer le rôle de chef de file et à fournir les moyens de contrepartie nécessaire. En outre, ils se sont assurés de l'intérêt qu'un certain nombre d'organismes de deux ou plusieurs pays étaient disposés à recevoir, à adapter et expérimenter la technologie requise au titre de chacun des sous-projets.

5. L'OMM commencera, en 1983, à mettre en oeuvre les sous-projets de transfert de technologie décrits en annexe avec l'appui que lui fournira le PNUD au titre de son programme régional.

6. Les participants au colloque ont examiné les moyens de coordonner les activités du SHOFM en matière de transfert de technologie selon les sous-régions, les bassins fluviaux et les langues nationales. Ils ont noté, avec satisfaction, que l'étude HYDROMET pourrait servir de point focal au SHOFM pour les pays intéressés et que le Ghana serait disposé à assurer la coordination des activités régionales du SHOFM avec les autres pays anglophones. Les participants notant la place importante que les projets AGRHYMET et HYDRONIGER occupent actuellement dans le domaine de l'hydrologie, ont été heureux d'apprendre que les responsables du projet relatif au bassin du Niger et ceux du projet HYDRONIGER comptaient étudier plus avant la question d'associer ces projets aux activités du SHOFM.

Liste de sous-projets du SHOFM en Afrique

<u>Numéro</u>	<u>Titre</u>	<u>Section HOMS</u>
1.	Exploitation des moulinets hydrométriques	A
2.	Atelier de réparation des instruments	A
3.	Matériel et procédures de mesures et/ou d'évaluation des charges solides	C, E
4.	Manuels d'instruction pratique pour les techniciens et les observateurs hydrologiques	E
5.	Programme d'observation des eaux souterraines	E
6.	Hydrométrie des zones de marécages	E
7.	Télémesure hydrologique	F
8.	Utilisation de l'ordinateur pour le traitement, l'archivage et la restitution des données	G
9.	Contrôle de qualité des données hydrologiques	H
10.	Modèles des précipitations et du ruissellement pour les petits bassins versants	J
11.	Prévision des écoulements saisonniers pour la gestion des réservoirs	J
12.	Modèles pour la planification et la gestion de ressources en eau partagées entre plusieurs pays	J, K

1. Nom du sous-projet

AF-1, gestion des moulinets hydrométriques

-

2. Pays et organismes régionaux participants

Ethiopie, Ghana et Niger

Etude HYDROMET, AGRHYMET * et HYDRONIGER*

3. Objectifs

Améliorer la gestion du parc de moulinets hydrométriques d'un service hydrologique.

4. Généralités

Un certain nombre de pays n'ont pas d'installations pour l'étalonnage des moulinets hydrométriques et n'appliquent aucun contrôle systématique de l'état et des résultats des moulinets hydrométriques utilisés sur le terrain. Si l'acquisition et l'exploitation d'un réservoir d'étalonnage peut être une entreprise coûteuse, une gestion attentive du parc de moulinets hydrométriques devrait contribuer à éviter l'emploi d'instruments mal étalonnés et améliorer ainsi les tarages des stations de jaugeage et l'utilisation des fonds d'exploitation.

5. Résultats escomptés

- a) documents d'orientation sur la gestion des moulinets hydrométriques,
- b) rapport sur les résultats de l'application expérimentale des documents d'orientation.

6. Activités

- a) rassemblement des renseignements sur les méthodes couramment utilisés dans un certain nombre de pays,
- b) rassemblement de documents d'orientation, y compris des études de cas,
- c) mise en application, dans un pays donné, des instructions prescrites dans les documents d'orientation,
- d) préparation d'un rapport sur les résultats obtenus.

.../...

.../

7. Contributions

a) nationales :

- renseignements sur la pratique et les problèmes courants dans les pays participants,

AF-1, p.2

b) OMM/SHOFM

- fourniture de services de consultants chargés de rassembler les documents d'orientation et d'aider à les expérimenter.

8. Arrangements institutionnels

Le service de développement des ressources en eau de l'Ethiopie est prêt à servir d'organisme central pour ce sous-projet, avec le concours de la Division d'hydrologie AESC du Ghana, de l'étude HYDROMET, du projet HYDRONIGER* et du programme AGRHYMET*.

sous réserve de confirmation

1. Nom de sous-projet

AF-2, Atelier de réparation des instruments

2. Pays et organismes régionaux participants

Niger

Projet HYDRONIGER

3. Objectifs

Fournir des conseils sur l'organisation et l'équipement appropriés pour les ateliers de réparation des instruments.

4. Généralités

L'entretien, la réparation, l'étalonnage des équipements hydrologiques sont un sérieux problèmes en Afrique. Dans certains pays de grandes quantités d'équipement sont stockées et ne peuvent être utilisées à cause de problèmes de réparation. Beaucoup de ces problèmes pourraient être résolus si un atelier approprié avec un personnel formé était disponible. Ce sous-projet vise à fournir des directives pour la réalisation d'un tel atelier.

5. Résultats escomptés

Des directives recommandant un plan de travail d'un atelier d'instruments hydrologiques et des listes détaillées d'équipement comprenant des descriptions de cas particuliers.

6. Activités

- a) rassemblement des dessins et spécifications disponibles,
- b) assemblage de ce matériel sous forme de directives,
- c) application des recommandations de ces directives à un projet pilote et amélioration si nécessaire,
- d) dissimulation de ces directives à d'autres pays intéressés.

Contributions:

- a) nationales :
 - les pays participants fourniront les informations sur leurs besoins en entretien et réparation d'instruments hydrologiques.

.../...

...../

b) OMM/SHOFM :

- fourniture de services de consultants chargés de rassembler les spécifications et les plans et d'aider à la mise en oeuvre d'atelier de certains pays participants.

8. Arrangements institutionnels

Le projet HYDRONIGER est prêt à servir d'organisme central pour ces sous-projet.

(10507)

1. Titre du sous-projet

AF-3, Matériel et procédures pour la mesure et l'estimation des charges solides

2. pays et organismes régionaux participants

Ethiopie, Ghana, Guinée* et Niger

Etude HYDROMET et Programme AGRHYMET*

3. Objectifs

Améliorer l'évaluation de la charge du point de vue de la conception du réservoir.

4. Généralités

Les données sur le transport des sédiments sont nécessaires pour la conception des structures hydrauliques. Les méthodes d'acquisition de ces données dépendent des conditions hydrauliques et peuvent être très différentes selon qu'il s'agit de la partie supérieure, située en zone montagneuse, d'un bassin versant, ou de celle qui s'étend dans des zones de plaines et de deltas. Il existe toute une gamme d'instruments et de méthodes pour la mesure des sédiments fluviaux mais la fourchette d'application pour nombre d'entre eux est assez étroite et des directives sont nécessaires pour choisir les procédures et le matériel approprié. De même, il convient que les techniciens et les observateurs qui travaillent sur le terrain disposent de documents et de manuels d'orientation pour mener leur tâche à bien. Dans certaines conditions, il est impossible de mesurer ou d'observer directement les transports de sédiments, ce qui nécessite le recours à des méthodes et techniques indirectes pour l'estimation de la charge solide. Le but de ce sous-projet est de mettre ces techniques à disposition des usagers, ainsi qu'une série de directives pour leur utilisation.

5. Résultats escomptés

a) élaboration de documents d'orientation sur le choix de techniques et de matériels appropriés pour mesurer le transport de sédiments dans des conditions hydrauliques différentes,

.../...

.../

b' élaboration de manuels d'instruction pour la mesure et l'observation des sédiments,

c) définition d'un ensemble de techniques pour l'estimation indirecte de la charge solide lorsque la mesure directe n'est ni viable ni pratique.

6. Activités

a' rassemblement des composantes pertinentes du SHOFM,

b) préparation de documents d'orientation sur le choix des instruments et des méthodes à utiliser,

AF-3, P.2

c) choix et adaptation de manuels d'instruction appropriés,

d) utilisation expérimentale des méthodes et des manuels proposés dans des conditions différentes,

e) formation professionnelle.

7. Contributions

a' nationales :

- données et documents descriptifs, selon les besoins, et mise à disposition du personnel local pour l'emploi du matériel et des procédures proposées.

b' OMM/SHOFM:

- fourniture des composantes pertinentes du SHOFM et des services de consultants pour la préparation des documents d'orientation et de manuels d'instruction et appui pour le transfert des techniques et la formation professionnelle.

.../...

.../

8. Arrangements institutionnels

Le service responsable de la mise en valeur des ressources en eau (WRDA) est disposé à se charger de la centralisation des techniques appropriées aux zones montagneuses, tandis que l'étude HYDROMET aura la responsabilité des techniques à utiliser pour mesurer les sédiments en suspension dans les zones de relief accidenté et de zones d'inondation de la région humide. Il se pourrait que le Comité National ghnéen pour le PHI prête son concours pour l'expérimentation et l'application des techniques dans les conditions caractéristiques des estuaires.

* sous réserve de confirmation

(1050T ')

1. Titre de sous-projet

AF-4, Manuels d'instructions pratiques pour les techniciens et les observateurs hydrologiques

2. Pays et organismes régionaux participants

Ethiopie

Projet d'étude HYDROMET ET HYDRONIGER

3. Objectifs

Améliorer le rassemblement des données de base en fournissant des documents d'orientation appropriés au personnel hydrologique travaillant sur le terrain.

4. Généralités

Les techniciens et les observateurs de terrain en hydrologie manquent souvent de directives et d'instructions, de sorte que les données recueillies sont souvent de qualité médiocre. L'objet de ce sous-projet est de fournir des manuels d'instructions pratiques, clairs et simples, destinés à être utilisés par des observateurs et des techniciens de rang intermédiaire. Ces manuels sont disponibles dans le cadre du SHOFM mais il convient de les adapter aux conditions spécifiques des pays participants et notamment de les traduire dans les langues nationales.

5. Résultats escomptés

Un ensemble de manuels applicables aux conditions propres à l'Afrique, à l'usage des observateurs et des techniciens de niveau intermédiaire.

6. Activités

a) fourniture d'un manuel d'instructions pratiques à un pays participant, éventuellement traduit dans la langue locale, si besoin est,

.../...

.../

- b) formation en groupes,
- c) distribution des manuels d'instruction aux autres pays participants.

7. Contributions

a) nationales :

- révision de la documentation existante,
- traduction dans la langue nationale,
- organisation de la formation du personnel national.

b) OMM/SHOFM :

- obtention des manuels d'instruction existants,
- appui pour le transfert du manuel et la formation professionnelle nécessaires.

AF-4, p.2

8. Arrangements institutionnels

Le projet d'études HYDROMET est prêt à servir d'organisme central pour ce sous-projet qui bénéficiera aussi de l'appui du service responsable de la mise en valeur des ressources en eau de l'Ethiopie (WRDA) ../-

(1050T)

1. Titre du sous-projetAF-5, Programme d'observation des eaux souterraines2. Pays et organismes régionaux participants

Niger, Ghana, Ethiopie, Zambie*, Botswana*, Mali*, Tanzanie* et Kenya*.

3. Objectifs

Améliorer la gestion des ressources en eaux souterraines.

4. Généralités

Une exploitation excessive des ressources en eaux souterraines peut avoir des effets indésirables, par exemple l'intrusion d'eau saumâtre et l'accroissement de la profondeur de pompage. Il convient donc que les ressources en eaux souterraines fassent l'objet d'une gestion rationnelle ce qui exigera la mise en place de réseaux d'observation et celle d'un système-Type ou d'un modèle de gestion.

5. Résultats escomptés

- a) directives pour la création d'un programme opérationnel d'observation des eaux souterraines,
- b) rapport sur les applications pratiques dans le cadre d'un projet pilote,
- c) initiation du personnel à l'utilisation des techniques appropriées.

6. Activités

- a) Rassembler des données et renseignements pertinents sur la zone pilote,
- b) choisir les directives et les modèles appropriés,
- c) mettre en oeuvre un projet pilote d'applications,
- d) rédiger un rapport sur les conclusions et les résultats,
- e) assurer la formation du personnel.

7. Contributions

d' : nationales :

- fourniture de renseignements et données pertinents, de personnel et appui logistique, selon les besoins.

.../...

.../

§ ' OMM/SHOFM :

- fourniture des composantes du SHOFM et de services de consultants chargés de donner des conseils pour l'adaptation et l'utilisation expérimentale de ces composantes, ainsi que pour la rédaction d'un rapport, appui pour la formation professionnelle.

8. Arrangements institutionnels

Le conseil d'administration des ressources hydrauliques du Niger est prêt à servir d'organisme central pour ce projet.

*Sous réserve de confirmation.-

1. Titre du sous-projet
AF-6, Hydrométrie des zones de marécages
2. Pays-et organismes régionaux participants

Botswana*, Ethiopie
Etude Hydromet, CBLT*

3. Objectifs

Les zones de marécages et de marais couvrent de vastes régions de l'Afrique. Elles contiennent des ressources hydrauliques et d'autres ressources écologiques précieuses. L'évaluation de ces ressources pose des difficultés particulières et, à cette fin, il convient de perfectionner les méthodes d'hydrométrie. Une technologie appropriée existe mais il convient de l'adapter aux conditions prévalant en Afrique.

5. Résultats escomptés

Un ensemble de techniques appropriées pour l'évaluation des ressources en eaux dans les zones de marécages et de marais, y compris des documents d'orientation appropriés et un exemple d'application.

6. Activités

- a) recueillir des renseignements sur les caractéristiques et les problèmes des zones pilotes,
- b) obtenir, par le truchement du SHOFM, une technologie qui, moyennant certaines adaptations, pourrait convenir aux activités prévues,
- c) adapter les techniques choisies aux conditions particulières des zones pilotes retenues et les expérimenter,
- d) initier le personnel local à l'utilisation de cette technologie.

../...

7. Contributions

a' nationales :

- renseignements sur les caractéristiques et les problèmes de la zone pilote, données pertinentes disponibles, appui local y compris l'installation de toute station d'observation nécessaire.

b' OMM/SHOFM :

composantes pertinentes du SHOFM, services de consultants chargés d'aider à les adapter et les expérimenter, appui pour la formation professionnelle

8. Arrangements institutionnels

L'Etude HYDROMET pourrait servir d'organisme central pour ce sous-projet. Il conviendra toutefois de s'assurer de l'éventuel intérêt du Botswana à jouer le rôle de chef de file.

*Sous réserve de confirmation

1. Titre du sous-projet

AF-7, Télémessure hydrologie

2. Pays et organismes régionaux participants

Botswana*, Nigeria*, Côte d'Ivoire*, Cameroun, Niger, Swaziland*.
Etude HYDROMET, HYDRONIGER ET AGRHYMET*.

3. Objectifs

Faciliter la planification de la prise de décisions liées à la mise en place de systèmes d'acquisition de données hydrologiques d'utilisation immédiate.

4. Généralités

L'Afrique comporte de vastes régions où l'exploitation et la gestion de réseaux hydrologiques sont compliquées et coûteuses. Aussi les pays concernés ne possèdent-ils pas encore de réseau satisfaisant, bien que des plans soient élaborés actuellement pour combler cette lacune. Du point de vue technologique, on pourrait opter pour la mise en place d'un système intégré d'acquisition automatique de données, fonctionnant en temps réel, et qui permettrait d'utiliser les renseignements recueillis pour la prise de décisions en matière de gestion. Des systèmes de ce type reposant sur des options technologiques différentes, sont d'ailleurs utilisés dans plusieurs pays. L'objet de ce sous-projet est de dégager des orientations concernant le coût et les incidences de la création d'un tel système, de façon à faciliter le choix du système de télémessure qui sera finalement employé.

5. Résultats escomptés

Des documents d'orientation et des renseignements techniques sur des systèmes de télémessure hydrologique différents tenus à la disposition des autorités nationales en vue de leur prise de décision.

6. Activités

a" demander aux pays participants de fournir des renseignements sur les besoins du réseau et les contraintes de l'environnement,

.../...

.../

- b ' obtenir une description de différents systèmes et des rapports sur l'expérience acquise dans d'autres pays,
- c) établir des directives pour le choix de systèmes appropriés,
- d " rédiger un rapport contenant des propositions quant à la conception du système et des estimations de coûts provisoires, pour différentes variantes,

- e) organiser un cycle d'études sur les applications de la télémessure à l'hydrologie.

(1050T)

7. Contributions

a' nationales :

- renseignements sur les moyens de télémétrie et les plans de réseaux existants, les conditions d'environnement et les services locaux, selon les besoins.

b' OMM/SHOFM :

- Description détaillée des technologies pertinentes disponibles, y compris des renseignements sur leur utilisation dans d'autres pays, services de consultants et appui pour le cycle d'études projeté.

8. Arrangements institutionnels

L'étude HYDROMET pourra servir de point central pour ce sous-projet.

*sous réserve de confirmation

1. Titre du sous-projet

AF-8, Utilisation de l'ordinateur pour le traitement, l'archivage et la restitution des données

2. Pays et organismes régionaux participants

Zambie*, Sierra Leone*, Liberia*, Seychelles*, Lesotho*, SWAZILand* et Botswana*.

AGHYMET* et HYDRONIGER.

3. Objectifs

Faciliter le traitement, l'archivage et la restitution des données hydrologiques en recourant à l'informatique de façon que les responsables de la planification des ressources y aient facilement accès.

4. Généralités

Les données hydrologiques nécessaires à la planification, la conception et la réalisation de projets concernant les ressources en eau sont nombreuses, généralement éparpillées et difficilement accessibles. Un système de traitement, d'archivage et de restitution des données mises sur ordinateur peut grandement contribuer à surmonter ces difficultés. Cette technologie, en particulier le logiciel, est disponible dans différents services hydrologiques et les services hydrologiques ayant accès à l'informatique peuvent l'obtenir dans le cadre du SHOFM.

5. Résultats escomptés

A) élaborer pour le traitement, l'archivage et la restitution des données, un logiciel qui soit adapté au matériel et aux procédures localement disponibles,

B) initiation du personnel local à l'utilisation d'un ensemble de programmes de ce type.

.../...

6. Activités

- a) rassembler des renseignements sur le matériel et le logiciel disponibles dans les pays participants,
- b) assurer le transfert, l'adaptation et l'expérimentation du logiciel approprié pour l'organisme local,
- c) initier le personnel local à l'utilisation du système informatisé dans le cadre d'un stage de formation.

7. Contributions

a) nationales :

- renseignements sur le matériel disponible,
- logiciel existant avec documentation correspondante,
- accès aux ordinateurs sur lesquels le système de traitement de données doit être installé,
- personnel, services d'appui et dépenses locales, selon les besoins requis pour le transfert de technologie et la formation professionnelle.

8. Arrangement institutionnels

Il se peut que le programme AGRHYMET assume la direction de ce sous-projet.

*sous réserve de confirmation

1. Titre du Sous-projet

AF-9, Contrôle de qualité des données hydrologiques

2. Pays et organismes régionaux participants

Nigeria*, Tanzanie* et Zimbabwe*

Etude HYDROMET et HYDRONIGER

3. Généralités

Nombre de données hydrologiques disponibles sont d'une qualité douteuse. Une confiance aveugle dans de telles données peut conduire à de graves erreurs de calcul qui affectera la conception des projets ou des ouvrages. Or, nombreux sont les pays africains qui manquent d'hydrologues suffisamment expérimentés pour procéder au contrôle nécessaire de qualité des données. Grâce à ce sous-projet, il devrait être possible d'initier les jeunes hydrologues professionnels au contrôles de qualité des données.

5. Résultats escomptés

Un ensemble de procédures manuelles et informatisées pour contrôler les données et déceler d'éventuelles erreurs.

6. Activités

- a) rassembler les procédures couramment utilisées pour le contrôle de qualité des données,
- b) les regrouper dans un ensemble, avec des instructions appropriées
- c) expérimenter cet ensemble avec des données provenant d'Afrique,
- d) transférer cet ensemble à un pays participant et initier le personnel local à son utilisation.

7. Contributions

- a) nationales :
 - fournir des séries de données pour expérimenter les différentes techniques,
 - fournir des moyens locaux pour initier le personnel à la mise en application pratique de l'ensemble fourni.

b) OMM/SHOFM :

- obtenir des procédures couramment utilisées par les services hydrologiques pour le contrôle de qualité des données,
- fournir des services de consultants pour les regrouper en un ensemble, avec des instructions appropriées à l'intention des utilisateurs,
- faciliter le transfert de cet ensemble vers l'Afrique, ainsi que l'initiation du personnel à son application pratique.

8. Arrangements institutionnels

L'organisation Kagera River*, serait prête à jouer un rôle prééminent dans ce sous-projet. Un intérêt semblable a été exprimé au nom du Ghana et de la Haute-Volta* (pour le fleuve Volta) ainsi qu'au nom du Niger et du Nigeria*.

*Sous réserve de confirmation.

1. Titre du sous-projet AF-10

AF-10, Modèles des précipitations et du ruissellement pour les petits bassins

2. Pays participants

Ethiopie, Niger, Ghana et Guinée*

3. Objectifs

Fournir des données pour la conception de projets concernant la construction des routes, et de petits barrages, l'aménagement de petites zones irriguées et d'autres applications.

4. Généralités

On dispose de données relatives aux participations et au ruissellement pour un certain nombre de petits bassins représentatifs. Toutefois, ces données n'ont qu'une utilisation limitée dans leur forme brute et il convient de les synthétiser dans des modèles pour ces applications plus larges.

5. Résultats escomptés

a) mise au point d'une méthode pour établir la synthèse des données relatives aux précipitations et au ruissellement dans de petits bassins versants, en vue d'en généraliser l'application dans des zones présentant des caractéristiques analogues,

b) initiation du personnel local à l'emploi de cette méthode.

6. Activités

a) rassembler des renseignements sur les méthodes utilisées pour la construction de modèles de précipitations et de ruissellement dans de petits bassins versants,

../...

- b) rassembler des données et des renseignements sur de petits bassins versants, qui serviraient de zones pilotes pour l'utilisation de ces techniques.
- c) utiliser une méthode appropriée pour les données intéressant la zone pilote choisie,
- d) transférer la technique retenue à tous les pays participants et initier le personnel local à son application.

7. Contributions

- a) nationales :
 - renseignements et données provenant de petits bassins versants, appui local pour l'application de la technique choisie,

(1050T)

b) OMM/SHOFM

- composantes pertinentes du SHOFM et services de consultants pour leur adaptation de ces composantes à des conditions données, appui pour la formation correspondante.

8. Arrangements institutionnels

Le service responsable de la mise en valeur des ressources en eau de l'Ethiopie (WRDA) serait prêt à assurer une responsabilité primordiale dans la mise en oeuvre de ce sous-projet.

*sous réserve de confirmation

1. Titre du sous-projet AF-11

AF-11 prévision des écoulements saisonniers pour la gestion des réservoirs

2. Pays et organismes régionaux participants

Ghana Guinée* Zambie*, Zimbabwe*, Mozambique*, Nigeria*, Niger et Mali*
Hydroniger, OMVS*

3. Objectifs

Améliorer la gestion des réservoirs.

4. Généralités

Il existe dans la région un certain nombre de grands réservoirs. L'efficacité de leur exploitation peut être renforcée par l'utilisation de prévisions sur les écoulements saisonniers. Des méthodes de prévisions saisonnières sont employées dans divers pays et dans des conditions géographiques et hydrologiques différentes et pourraient être transférées en Afrique moyennant une adaptation et un étalonnage appropriés.

5. Résultats escomptés

Une méthode pour l'établissement de prévisions d'écoulement saisonniers, une documentation appropriée, formation du personnel local.

6. Activités

- a) rassembler des renseignements sur les modèles et techniques disponibles,
- b) rassembler des données et des renseignements sur les réservoirs et les bassins versants où la technique retenue doit être appliquée,
- c) choisir la technique appropriée et l'adapter provisoirement en fonction des données disponibles,
- d) expérimenter et utiliser la technique choisie,
- e) fournir un appui sur la formation du personnel national et la diffusion de la technique.

7. Contributions

- a) nationales :
 - données et renseignements pertinents, et appui local, selon les besoins,

- techniques appropriées, services de consultants pour aider à les adapter et les expérimenter, appui pour la formation et la diffusion de la technologie.

8. Arrangements institutionnels

L'AESC du Ghana sera prête à assurer une responsabilité prééminente dans ce sous-projet.

*sous réserve de confirmation

(1050T)

1. Titre du sous-projet

AF-12, Modèles pour la planification et la gestion des ressources en eau

 partagées entre plusieurs pays

2. Pays et organismes régionaux participants

Ghana, Niger, Nigeria, Haute-Volta*,
 Kagera Basin organisation*, Projet d'étude HYDROMET, CEA.

3. Objectifs

Améliorer la planification et l'exploitation des ressources en eau
 internationales dans les projets de mise en valeur intégrés.

4. Généralités

En Afrique, la plupart des ressources en eau sont partagées entre
 différents pays. Les projets de mise en valeur de ces ressources pour l'irrigation,
 la distribution d'eau, l'énergie hydro-électrique et la lutte contre les inondations
 ont été planifiés au niveau national. Il convient, toutefois, d'avoir un modèle ap-
 proprié pour évaluer l'incidence des différents projets sur l'ensemble du système,
 et pour déterminer les règles opérationnelles d'affectation de l'eau entre les dif-
 férents objectifs.

5. Résultats escomptés

Mise au point d'un modèle opérationnel pour la simulation du système hydrau-
 lique, initiation du personnel local capable à l'utilisation et d'exploitation de ce
 modèle, rédaction d'un rapport résumant l'expérience acquise et les résultats obtenus.

6. Activités.

- a) choisir un modèle parmi ceux disponibles,
- b) rassembler des renseignements sur la configuration du système
des ressources en eau dans la zone choisie.
- c) adapter le modèle choisi aux conditions locales,
- d) utiliser expérimentalement le modèle aux fins de planification
et d'exploitation,
- e) initier le personnel à l'emploi et à l'adaptation du modèle.

7. Contributions

- d' nationales :
- renseignements sur les systèmes polyvalents de mise en valeur
des ressources en eau, données hydrologiques, et appui local, selon
les besoins.

- services de consultants spécialisés dans le logiciel chargés de donner des conseils et de prêter leur concours pour l'adaptation et l'étalonnage du modèle et pour l'évaluation des conclusions et des résultats, appui pour la formation et à la diffusion de la technologie.

8. Arrangements institutionnels

Le projet d'étude HYDROMET sera prêt à servir de point focal pour ce sous-projet.

* sous réserve de confirmation

(1050T)

DOC/CIEH/JT/INV/ORSTOM.

JOURNEES TECHNIQUES
12e CONSEIL DES MINISTRES
DU C.I.E.H.
20 21/2/84.
YAOUNDE

4806

Liste des études en cours
et en projets

par

ORSTOM (Section Hydrologie)
Centre de Ouagadougou

DECEMBRE 83.

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

12ème CONSEIL DES MINISTRES

JOURNEES TECHNIQUES

DU 20 ET 21 FEVRIER 1984

-----0-----

Section hydrologie ORSTOM

OUAGADOUGOU (HAUTE-VOLTA)

BP. 182

---0---

ETUDES EN COURS.

1 - Etude des propriétés hydrodynamiques des sols à l'aide d'un minisimulateur de pluies.

Nature de l'étude : recherche fondamentale

Financement : ORSTOM

Durée de la première phase : 1980-1985

Personnel affecté : 1 chercheur, 1 technicien, 2 aides techniques.

Le minisimulateur de pluies est un outil de mesure des propriétés hydrodynamiques des sols, aptitudes au ruissellement et à l'infiltration, qui présente l'avantage d'une grande maniabilité et permet d'une part la simulation d'une gamme de pluies d'intensités et de durées variables et d'autre part l'analyse des effets de ces pluies sur une parcelle au sol de un mètre carré de superficie.

Cet appareil, de conception très récente, ouvre le champ, jusqu'alors peu accessible, de l'hydrologie expérimentale à partir de pluies artificielles normalisées aisément reproductibles.

Mené conjointement dans plusieurs pays d'Afrique : Cameroun, Congo, Côte-d'Ivoire, Haute-Volta, Togo, Tunisie, ce programme d'études devrait finalement permettre de caractériser quantitativement l'aptitude au ruissellement et à l'infiltration des sols d'Afrique Tropicale et méditerranéenne.

.../...

2 - Estimation des volumes ruisselés de fréquence décennale sur bassins de faible superficie à partir des caractéristiques hydrodynamiques des sols.

Nature de l'étude : recherche appliquée

Financement : ORSTOM

Durée de la première phase : 1980-1985.

Personnel affecté : 1 chercheur.

La conception actuelle du minisimulateur de pluies permet essentiellement la simulation de pluies de forte intensité : 30 à 140 millimètres par heure.

Cette particularité, intentionnellement recherchée lors de la construction de l'appareillage, permet d'utiliser le minisimulateur dans une région donnée, sur un bassin de faible superficie, inférieure à 200 kilomètres carré, pour analyser les effets au sol d'une averse de fréquence décennale ou même de fréquence plus faible au dépassement et calculer sur l'ensemble du bassin le volume ruisselé de même fréquence.

L'utilisation des propriétés hydrodynamiques des sols pour l'estimation des volumes ruisselés se heurte au problème de l'extension à l'ensemble de la surface d'un bassin des mesures effectuées sur parcelles de surface un mètre carré.

Afin de tenter une approche rationnelle du problème, des mesures au minisimulateur sont effectuées systématiquement aux possédant déjà en Haute-Volta quelques années de mesures hydrologiques.

La confrontation des résultats obtenus dans l'estimation des volumes ruisselés de fréquence décennale, d'une part à partir d'une analyse hydrologique classique des crues observées, mesures au minisimulateur pour la détermination des volumes ruisselés des pluies fortes à très fortes.

L'avantage de l'utilisation du minisimulateur comme outil technique d'estimation d'estimation des volumes ruisselés de fréquence décennale, tient à la rapidité d'exécution des mesures de terrain : un à deux mois, et à leur faible coût comparé à la saisie des données hydrologiques classiques.

Il est toutefois indéniable que les mesures hydrologiques classiques fournissent des renseignements supplémentaires sur la forme des crues et la réponse globale d'un bassin, compte tenu de ses capacités de réserve et de transfert, renseignements qui ne sont pas accessibles par les mesures au minisimulateur.

3 - Evaluation des ressources en eau et caractérisation des régimes hydrologiques de la région de N'DOROLA en Haute-Volta pour un projet d'aménagement rizicole.

Nature de l'étude : recherche appliquée

Financement : banque mondiale par convention entre le Ministère du Développement Rural de Haute-Volta et l'ORSTOM.

Durée : 1981 - 1984.

Personnel affecté : 1 chercheur, 1 technicien confirmé, 1 ingénieur hydrologue voltaïque, 10 adjoints et aides techniques.

L'ensemble des équipements comprenait jusqu'au 31 décembre 1983 : 11 stations hydrologiques complètes, 6 stations limnimétriques, 24 pluviomètres et 4 pluviographes.

En attendant la livraison du matériel commandé à l'étranger, le démarrage rapide de cette étude a été rendu possible grâce aux réserves en matériel hydrologique en bon état de fonctionnement, disponibles au centre ORSTOM de Ouagadougou.

Les buts de cette étude sont les suivants :

- acquérir une meilleure connaissance des apports en eau dans la plaine de NIENA-DIONKELE sur la période 1974-1983 en complétant les observations effectuées sur la période 1974-75,
- obtenir une première estimation des apports dans les plaines de FOULASSO-LELASSO,
- prédéterminer les crues de fréquence décennale sur l'ensemble des bassins de la région et estimer les débits évacués par la rivière SESSE à l'aval du barrage de KARAMASSASSO.

Les opérations de terrain ont été menées en collaboration étroite avec le Service Hydrologique de la Direction de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural de Haute-Volta.

Les dernières publications sur cette étude sont prévues pour 1984 et les résultats de l'étude devraient permettre une meilleure estimation des risques encourus par une réorientation du projet, d'aménagement vers la mise en culture des zones les plus basses de la plaine de NIENA-DIONKELE.

4 - Caractérisation d'un régime hydroclimatique en milieu sahélien : MARE D'OURSI.

Nature : recherche fondamentale et appliquée.

Financement : D.G.R.S.T. - France et ORSTOM.

Durée globale : 1976-1983.

Personnel affecté en 1984 à cette opération : 1 chercheur, 1 technicien,
1 observateur.

La phase des observations hydrologiques sur la période 1976-1980 s'est déroulée de façon très satisfaisante et a fait l'objet de la publication de cinq rapports de campagne.

Les observations climatiques à la station météorologique de Jalafanka et limnimétriques sur la mare d'OURSI sont prises en charge par l'ORSTOM jusqu'à la fin l'année 1984 et font l'objet de publications annuelles.

La synthèse hydrologique de l'opération MARE D'OURSI est en cours de rédaction, des études complémentaires de modélisation mathématique des écoulements sont en voie de réalisation ; la publication du rapport de synthèse est prévue pour 1985.

5 - Formation.

Des cours d'hydrologie générale sont dispensés chaque année aux Ecoles d'Ingénieurs, Instituts spécialisés et Ecoles d'adjoints techniques qui en font la demande à l'ORSTOM. Une trentaine d'heures de cours ont été effectuées en 1983.

Quelques stagiaires sont accueillis à l'ORSTOM pour compléter, par un stage pratique, leur formation hydrologie.

Une contribution plus importante à la formation pratique des ingénieurs hydrologues au traitement des données et leur interprétation est souhaitée.

BIBLIOGRAPHIE DES ETUDES EN COURS.

Etude hydrologique de la plaine de NIENA-DIONKELE.

- . tome 1 procès verbal d'installation et rapport de campagne
1974 P. SECHET
- . tome 2 limnigraphie 1974 P. SECHET
- . tome 3 rapport de campagne 1975 P. SECHET
- . tome 4 la station climatologique de N'DOROLA KARAMASSASSO
procès verbal d'installation et observations en
1975 P. SECHET
G.J. DUBOIS
- . tome 5 rapport définitif publié en mai 1977 L. LE BARBE
- . tome 6 station climatologique de N'DOROLA KARAMASSASSO,
observations en 1976 L. LE BARBE.
- . tome 7 station climatologique de N'DOROLA KARAMASSASSO,
observations en 1977 et conclusions de deux an-
nées d'observations L. LE BARBE

Etude hydrologique des plaines de NIENA-DIONKELE et FOULASSO-LELASSO

- . tome 1 rapport de campagne 1981 J. CLAUDE
M. LOINTIER
R. GUALDE
- . tome 2 station climatologique de N'DOROLA
observations en 1981 J. CLAUDE
M. LOINTIER
R. GUALDE
- . tome 3 rapport de campagne 1982 J. CLAUDE
M. LOINTIER
R. GUALDE
- . tome 4 station climatologique de N'DOROLA
observations en 1982 M. LOINTIER
R. GUALDE.

.../...

BIBLIOGRAPHIE DES ETUDES EN COURS.

A.C.C. Lutte contre l'aridité dans l'OU DALAN (HAUTE-VOLTA)

- Etude hydrologique de sept bassins versants alimentant la mare d'OURSI.

- . rapport des campagnes 1976 et 1977
- . rapport de campagne année 1978
- . rapport de campagne année 1979
- . rapport de campagne année 1980.

J. CLAUDE - A. BERNARD - N. SAADOUN - E. BARDIN - M. LOINTIER.

- Observations climatologiques à la station météorologique de DJALAFANKA, MARE D'OURSI.

- . rapport juin 1976 - décembre 1977 A. BERNARD
- . année 1978 A. BERNARD
- . année 1979 J. CLAUDE
- . : N. SAADOUN
- . année 1980 E. BARDIN
- . année 1982 A. BERNARD

- Observations climatologiques à la station de JALAFANKA et observations hydrologiques à KOLEL, JALAFANKA et MARE D'OURSI.

- . année 1981 J. CLAUDE
- A. BERNARD
- H. TOURI
- J. ALBERGEL.

- Analyse sommaire de la dynamique de l'eau dans les sols sahéliens sous pluies simulées.

publié en mars 1981 M. SICOT

- Pluviométrie et production des pâturages naturels sahéliens

étude méthodologique et application à l'estimation de la production fréquentielle du bassin versant de la mare d'OURSI.

publié en décembre 1981 M. SICOT
M. GROUZIS.

.../...

- Simulation de pluie sur deux bassins versants sahéliens - MARE D'OURSI HAUTE-VOLTA.

Publié en août 1982

P. CHEVALIER

BIBLIOGRAPHIE DES ETUDES EN COURS.

- Problèmes méthodologiques de la simulation de pluies.

publié en juillet 1978 au centre ORSTOM d'ADIPODOUME

COTE D'IVOIRE

C. VALENTIN.

- Mesures de ruissellement et d'érosion sous pluies simulées pour quelques types de sols en Haute-Volta.

. tome 1 texte

. tome 2 figures

publiés en mars 1979 au centre ORSTOM D'ADIPODOUME

COTE D'IVOIRE

J. COLLINET

A. LAFFORGUE

- Un nouvel outil pour estimer le ruissellement sur un petit bassin versant : le minisimulateur de pluies.

expérimentation sur le bassin de BINDE

J. ALBERGEL

H. TOURI

. tome 1 texte et figures

. tome 2 annexes

publiés en septembre 1982 au centre ORSTOM de OUAGADOUGOU.

Section hydrologie ORSTOM - OUAGADOUGOU - HAUTE-VOLTA - BP. 182.

ETUDES EN PROJET.

- 1 - Evolution des débits liquides et solides dans la région de MANGA en fonction de l'occupation des sols et des techniques culturales - étude des processus érosifs sur parcelles.

L'intensification progressive des mises en culture sur l'ensemble de la Haute Volta semble entraîner une dégradation des sols et une reprise de l'érosion sur de vastes surfaces et herbacé.

Afin de préciser et quantifier l'influence de la végétation et des techniques culturales sur le ruissellement et la dégradation des sols, un premier projet est proposé dans la région de MANGA où des mesures hydrologiques ont été réalisées de 1963 à 1965. Une reprise des mesures hydrologiques permet d'envisager une comparaison fructueuse des ruissellements avec des taux d'occupation des sols assez nettement différenciés.

En ce qui concerne les transports solides, aucune mesure de débits solides n'a encore été entreprise sur ces bassins ; des études comparatives sur parcelles aménagées sur différents types de sols cultivés et non cultivés sont envisagées.

La collaboration avec des organismes de recherches voltaïques et plusieurs spécialistes : agronomes, pédologues, botanistes, géographes sera recherchée.

2 - Utilisation des caractéristiques hydrodynamiques des sols mesurées au mini-simulateur de pluies pour le calage des paramètres de la fonction de production d'un modèle mathématique à discrétisation spatiale de simulation des écoulements superficiels.

Nature : recherche fondamentale.

La collaboration scientifique entre l'ORSTOM, l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris et l'Institut National de la Recherche Scientifique du Québec, a conduit, depuis quelques années, à la mise au point d'un modèle mathématique à discrétisation spatiale, de simulation conjointe des écoulements superficiels et souterrains (GIRARD-LEDOUX-VILLE-NEUVE).

Le modèle de simulation des écoulements superficiels peut être scindé en deux parties : la fonction production d'une part pour laquelle interviennent les caractéristiques hydrodynamiques des sols et la fonction de transfert d'autre part qui permet de restituer les hydrogrammes de crues aux exutoires des bassins.

Le calage des paramètres de la fonction de production est actuellement réalisé pour des conditions moyennes d'humectation des sols, de ruissellement et d'infiltration.

.../...

L'analyse des caractéristiques hydrodynamiques des sols à l'aide du minisimulateur devrait induire une nouvelle conception de la fonction de production du modèle ou tout au moins un calage plus fin des paramètres en fonction des variations des conditions hydrodynamiques : développement du couvert végétal, saturation de la surface etc...

Ce type de modèle mathématique est actuellement très utilisé pour générer de longues séries hydrologiques à partir d'un petit nombre d'années d'observations et étudier les effets d'une exploitation des ressources en eaux souterraines ou superficielles à l'échelle d'un bassin et même d'une région sur le régime des cours d'eau et les variations piézométriques des nappes aquifères.

3 - Etudes hydrologiques d'évaluation des ressources en eaux superficielles et prédétermination des crues de projet.

La section hydrologique de l'ORSTOM à OUAGADOUGOU est susceptible de répondre, comme elle l'a déjà fait dans le passé, à toute demande d'évaluation des ressources en eaux superficielles en HAUTE-VOLTA ; elle dispose pour ce faire d'une réserve en matériel hydrologique en bon état de fonctionnement et d'un savoir faire appréciable dans le domaine du traitement des données et leur interprétation.

Toute collaboration avec d'autres organismes voltaïques du type de celle menée en 1980-83 avec le Service Hydrologique de la Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural, éventuellement étendue à des participations aux études hydrologiques, sera recherchée.

DOC/CIEH/JT/INV/ORSTOM

JOURNEES TECHNIQUES
12e CONSEIL DES MINISTRES
DU C.I.E.H.
20 21/2/84.
YAOUNDE

4806

Une nouvelle technique d'estimation
des crues décennales des petits bassins versants :
les études sous pluies simulées.

par

J. ALBERGEL et A. CASENAVE
ORSTOM.

DECEMBRE 83.

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

12ème REUNION DU CONSEIL.

--0--

Une nouvelle technique d'estimation
des crues décennales des petits bassins versants :
les études sous pluies simulées.

==0==

J. ALBERGEL.* - A. CASENAVE.**
Chargés de Recherches à l'ORSTOM

==0==

RESUME

Après avoir rappelé l'importance de l'estimation de la crue décennale dans de nombreux projets de développement et fait un bref historique des études sous pluies simulées, les auteurs montrent par les résultats obtenus, tant en Côte d'Ivoire qu'en Haute-Volta, tout l'intérêt de cette nouvelle technique qui permet de résoudre de façon beaucoup plus rapide et nettement moins onéreuse que les études classiques de bassins versants ce problème de l'estimation des crues décennales.

* Centre ORSTOM BP. 182 OUAGADOUGOU.

** Centre ORSTOM d'Adiopodoumé - BP. V51 - ABIDJAN.

I - INTRODUCTION.

Un grand nombre de projets de développement (routes, petits barrages, aménagement en vue de cultures irriguées etc...) nécessitent l'estimation de la crue décennale. La méthode classique, utilisée par les hydrologues de l'ORSTOM, basée sur l'étude d'un bassin versant représentatif de la zone à aménager, afin d'y déterminer les relations pluies-débits, nécessite des investissements onéreux et plusieurs années de mesures avant d'obtenir un résultat fiable. Depuis quelques années se développent à l'ORSTOM de nouvelles techniques devant permettre une réduction du coût et de la durée des études. L'utilisation de la simulation de pluie, couplée à une étude sommaire des caractéristiques porphostructurales du milieu, paraît être, à l'heure actuelle, l'une des voies de recherches les plus prometteuses.

II - HISTORIQUE DE L'ETUDE.

Lors de la rédaction, en 1965, de la note pour le CIEH sur "l'estimation des crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km² en Afrique Occidentale", les auteurs ont constaté que les coefficients de ruissellement des treize bassins forestiers déjà étudiés variaient, dans des proportions telles, sans qu'on puisse en déterminer exactement les causes, qu'il était impossible de donner un mode de calcul précis de la crue décennale pour ces zones forestières. Depuis cette époque, d'autres études ont été menées par l'ORSTOM, sur des bassins forestiers, sans apporter d'amélioration sensible à cette détermination des coefficients de ruissellement. Les travaux d'aménagement se multipliant en Afrique dans ces zones forestières, cette lacune devait être comblée. En 1977, à l'instigation du CIEH, une nouvelle étude était entreprise par l'ORSTOM afin de résoudre ce problème. L'utilisation de la technique des pluies simulées pour déterminer les caractéristiques hydrodynamiques des sols, permettait d'aboutir à un résultat si satisfaisant que l'ORSTOM décidait d'étendre cette nouvelle technique à d'autres zones géographiques en commençant par la Haute-Volta où deux petits bassins en zone sahélienne (Oursi) étaient étudiés dès 1980.

La poursuite des études dans ce pays a pour but de tester de nouveaux bassins représentatifs des différentes zones pluviométriques : bassins de Binndé et Kazanga (région de Manga), bassins du Kuo et de Kaya (région de N'Dorola), bassin de Koghnéré (région de Boulsa). fig. 1.

III - RAPPEL DU PRINCIPE DE L'APPAREIL.

Le mini-simulateur est constitué d'un système d'arrosage fixé au sommet d'une tour en forme de tronc de pyramide, de 4,0 mètres de haut (fig. 2). Cette tour permet la fixation d'une bâche destinée à isoler la parcelle de l'action du vent. Le système d'arrosage est constitué d'un gicleur calibré, monté sur un bras mobile et alimenté en eau à débit constant par une moto-pompe. Un mouvement de balancement est imprimé au gicleur par un moteur. Un système de bras de levier réglable permet en faisant varier l'angle de balancement de modifier la surface arrosée au sol et par là l'intensité sur la parcelle de un mètre carré étudiée, dans une gamme comprise entre 30 et 150 mm/h. L'ensemble du mécanisme de balancement est monté sur un axe permettant de centrer le gicleur sur l'axe de la parcelle. Un manomètre, installé au sommet de la tour, permet de contrôler la pression d'admission de l'eau au gicleur et donc la constance du débit.

La parcelle étudiée (1 m^2) est limitée par un cadre métallique enfoncé dans le sol d'environ 5 cm. La face aval du cadre est percée de trous au ras du sol et est munie d'un canal collecteur qui recueille le ruissellement. Ce canal débouche dans une cuve calibrée de façon à donner une élévation de 1 cm d'eau dans la cuve pour une lame ruisselée de 1 mm. Cette cuve est surmontée d'un limnigraphe à grande vitesse d'avancement permettant d'enregistrer les volumes ruisselés avec une excellente précision, puisqu'il est possible d'apprécier les temps à 10 secondes près et les lames ruisselées à 0,1 mm près.

Un tube pour mesures neutroniques de l'humidité du sol est généralement implanté à environ 10 cm à l'amont de la parcelle. Un tube de protection coudé permet de faire des mesures, non seulement avant et après, mais également au cours de la pluie.

Ces mesures neutroniques sont doublées de mesures gravimétriques (prélèvements à la tarière). A plusieurs reprises un dispositif de mesure de l'humidité par chocs thermiques a été également utilisé, soit pour pallier les déficiences de la méthode neutronique dans les sols gravillonnaires où l'implantation d'un tube est très difficile, soit comme relais des mesures de sonde à neutrons dans les vingt premiers centimètres du sol.

Bien que dans le cadre des études de ruissellement le problème de l'énergie cinétique des gouttes de pluies soit moins crucial que pour les études d'érosion, il importe cependant de ne pas le négliger, particulièrement en zone de savane où cette énergie a pour conséquence la formation de pellicules de battance dont l'influence sur le ruissellement est considérable. Il importe donc que le gicleur choisi permette la constitution de gouttes de pluie dont l'énergie cinétique soit voisine de celle des pluies naturelles. C. Valentin a fait l'étude détaillée de ce problème, et a montré que l'énergie cinétique des pluies du mini-simulateur est tout à fait semblable à celle des pluies naturelles (fig. 3).

IV - DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET PROTOCOLE DES MESURES.

On considère généralement que les principaux facteurs influençant le ruissellement, outre l'intensité et la durée de l'averse sont : la nature du sol en zone forestière ou l'état de surface en zone soudano-sahélienne, l'état d'humectation initial du sol et la pente. Les mesures effectuées sous pluies simulées ont permis de montrer que, sur des parcelles de 1 m de long, la pente n'avait pas d'influence sensible sur le ruissellement, mais qu'il était, par contre, nécessaire de prendre en compte le facteur hétérogénéité du sol. Le dispositif expérimental et le protocole des mesures doivent permettre de caractériser, avec le minimum de pluies, le rôle de chacun de ces facteurs susceptibles d'influencer le ruissellement.

L'influence de l'hétérogénéité du sol est chiffrée en faisant une même série de pluies sur 3 ou 4 parcelles implantées sur un site représentatif d'un type de sol donné. L'étude de l'influence de l'état d'humectation initial du sol, résulte d'une série d'averses identiques sur chaque parcelle, séparées par des temps de ressuyage plus ou moins longs.

La comparaison des résultats moyens des différents sites permet de déterminer le rôle de la nature du sol ou de l'état de surface sur le ruissellement.

Les averses simulées comportant une série de 5 à 6 intensités différentes, elles permettent la mise en évidence de l'importance de l'intensité de la pluie sur le ruissellement et ceci pour chaque état d'humectation du sol et chaque type de sol étudié.

Afin de suivre au mieux les conditions climatiques de la région, la forme et la taille des pluies simulées doivent répondre aux conditions suivantes :

- averse à pointe d'intensité unique
- la taille de chaque pluie simulée est limitée afin de ne pas dépasser la hauteur de pluie journalière de fréquence annuelle ou de fréquence décennale.
- le total des pluies sur une parcelle ne doit pas excéder la valeur de la pluviométrie moyenne interannuelle.
- les composantes intensité-durée-fréquence-doivent respecter celles communément admises pour la région.

V - DONNEES DE BASE OBTENUES SOUS PLUIES SIMULEES.

Les mesures directes de l'humidité des sols n'ayant pas toujours donné les résultats escomptés, cet état d'humectation est représenté par un indice pluviométrique intégrant les averses successives. Cet indice est défini de la façon suivante :

$$I_{kn} = (I_{k_{n-1}} + P_{n-1}) e^{-xt}$$

où I_{kn} = valeur de l'indice avant la pluie n

$I_{k_{n-1}}$ = valeur de l'indice avant la pluie $n-1$

P_{n-1} = hauteur de la pluie $n-1$

t = temps en fraction de jours séparant la fin de la pluie $n-1$ du début de la pluie n

x = coefficient d'ajustement = 0,5

Les résultats d'une série des pluies simulées sur un type de sol ou un état de surface donné sont synthétisés par deux familles de courbes L_r (P_u, I_k) représentant d'une part les variations de la lame ruisselée en fonction de la hauteur de pluie et de l'état d'humectation du sol et d'autre part les variations de l'intensité maximale de ruissellement en fonction de l'intensité de la pluie et de l'état d'humectation du sol (fig. 4). Ce sont ces courbes qui servent de base à toute l'interprétation. Chaque parcelle est caractérisée par deux relations de forme :

$$L_r = a P_u I_k + b I_k + c P_u + d$$

et

$$R_x = a I + b I_k + c.$$

VI - TRANSPOSITION DES RESULTATS DES PLUIES SIMULEES AUX BASSINS.

Le passage de la relation pluie simulée - lame ruisselée sur la parcelle, à la relation Pluie naturelle - lame ruisselée du bassin se fait en deux étapes :

1) Calcul des lames ruisselées engendrées sur chaque parcelle par les pluies naturelles.

A partir d'une série pluviométrique d'un poste de référence proche du bassin, on calcule les indices I_k correspondant à chaque pluie journalière. Pour chacune de ces pluies, les relations $L_r (P_u, I_k)$ permettent de calculer la hauteur de la lame ruisselée L_{ri} sur la parcelle i .

Si on dispose d'une série pluviographique, la reconstitution est plus fine. Après élimination de la fraction de l'averse correspondant à la pluie d'imbibition ou aux intensités inférieures à l'intensité limite de ruissellement, on calcule pour chaque intensité du hyétogramme, l'intensité de ruissellement à l'aide des relations $R_x (I, I_k)$ puis les lames ruisselées correspondantes $L_{rj} = R_x \cdot t$ dont la somme est égale à la lame ruisselée L_{ri} de la parcelle i .

2) Passage des lames ruisselées sur parcelles à la lame ruisselée du bassin

Une cartographie des surfaces occupées par les différents types de sol ou d'état de surface représentés par chacune des parcelles est faite sur l'ensemble du bassin. Pour une pluie donnée on calcule une lame ruisselée L_{rc} égale à la somme des lames ruisselées L_{ri} déterminées sur les parcelles après pondération par un facteur c_i égal au pourcentage de la surface du bassin représenté par le type de sol ou d'état de surface correspondant à la parcelle i : $L_{rc} = c_i L_{ri}$

Si les parcelles avaient un comportement identique à celui du bassin, L_{rc} représenterait la lame ruisselée du bassin. En réalité, le problème d'échelle entre des parcelles de 1 m² et le bassin de plusieurs km², oblige à passer par l'intermédiaire d'une fonction de calage pour reconstituer les lames ruisselées du bassin. Cette fonction de calage est obtenue en corrélant les lames ruisselées calculées à l'aide des mesures sous pluies simulées et celles réellement observées sur le bassin, ce qui oblige à faire des observations hydropluviométriques classiques sur le bassin pendant au moins une saison des pluies. En zone forestière, où les bassins déjà étudiés sont suffisamment nombreux, il a déjà été possible de déterminer une fonction de calage unique valable pour tous les bassins. Nous espérons qu'il en sera de même en zone soudano-sahélienne lorsque les études seront plus avancées.

VII - RECONSTITUTION DES CRUES DECENNALES.

Les résultats des pluies simulées permettent de reconstituer les lames ruisselées correspondant aux crues décennales, soit directement en appliquant les relations $L_r(P_u, I_k)$ à une pluie décennale tombant dans des conditions d'humectation des sols moyennes après calage sur les résultats réels du bassin, soit indirectement en générant à partir d'une série pluviométrique de longue durée et des relations $L_r(P_u, I_k)$ une série de crues à laquelle on ajuste une loi statistique.

Les résultats obtenus au cours des différentes campagnes de mesure sous pluies simulées en Côte-d'Ivoire et Haute-Volta sont synthétisés dans la figure 5 pour la zone forestière et le tableau 1 pour la zone soudano-sahélienne.

Tableau 1

Bassins	Korhogo (RCI)	Jalafanka (Oursi)	Polaka (Oursi)	Binndé (Manga)
Lame ruisselée décennale résultant de l'étude du bassin en mm	29,0	60,4*	23,2*	32,1
Lame ruisselée décennale calculée à l'aide des mesures sous pluies simulées en mm	30,1	45,6	23,9	35,0

* valeurs provisoires la synthèse de l'étude n'étant pas terminée.

VIII - CONCLUSION.

Théoriquement la seule méthode correcte de calcul de la crue décennale, consiste à ajuster un modèle pluie débit à un échantillon observé de fortes et très fortes crues, à reconstituer, à l'aide de ce modèle, les crues à partir d'une série pluviométrique journalière de longue durée, puis de faire l'analyse statistique de l'échantillon de crues ainsi obtenu. Cette méthode impose des mesures de terrain longues et onéreuses, pour obtenir un échantillon de crues statistiquement significatif. Les décideurs des projets d'aménagement n'ont, le plus souvent, ni les moyens financiers requis ni surtout le temps d'attendre les résultats d'une telle

étude. Jusqu'à présent, en Afrique, au sud du Sahara, une seule méthode de prédiction de la crue décennale facile d'emploi leur était proposée : celle établie par RODIER - AUVRAY(1965) pour le CIEH, qui résulte de la synthèse des observations faites par l'ORSTOM sur des bassins versants représentatifs disséminés dans tous les pays de la intertropicale.

Dans cette méthode on transpose les résultats obtenus sur des bassins connus à celui qu'on étudie par une série d'abaques qui permettent de classer le bassin étudié dans un groupe en fonction de ses différents caractères morphologiques et climatiques. Un certain nombre de ces caractères sont facilement quantifiables (pluie décembre, surface, indice de forme, de pente etc...) mais l'un d'eux restait uniquement subjectif : la perméabilité globale du bassin. Or ce paramètre a une énorme importance dans la détermination du coefficient de ruissellement et donc la taille de la crue. Les mesures sous pluies simulées permettent dorénavant de quantifier facilement ce paramètre et par là améliorent très sensiblement la détermination des débits de crue décennale. Il ne nous semble pas irréaliste d'espérer arriver à déterminer, dans un avenir assez proche, la crue décennale d'un bassin n'ayant fait l'objet d'aucune mesure, uniquement à partir d'une campagne de pluies simulées et d'une carte des différenciations morphostructurales du bassin. ce qui permettrait de répondre rapidement aux multiples demandes des maîtres d'oeuvre de la plupart des projets de développement.

BIBLIOGRAPHIE

ALBERGEL (J.) TOURI (H.) - 1982

Un nouvel outil pour estimer le ruissellement sur un petit bassin versant : le mini-simulateur de pluies. Rapport 2 vol. 144 p. 8 AN. 28 fig. 25 tabl. ORSTOM OUAGADOUGOU.

ALBERGEL (J.) - 1982

Estimation de la lame ruisselée sur un petit bassin versant à partir des pluies simulées - Notes et documents voltaïques - 10 p. 2 fig. OUAGADOUGOU.

ASSELINE (J.) - 1981.

Notice technique. Construction d'un infiltromètre à aspersion : ORSTOM Adiopodoumé 26 p. 30 fig.

ASSELINE (J.) - VALENTIN (C.) - 1978.

Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Cah. ORSTOM, série Hydrol. 15 (4) pp. 321-349.

CASENAVE (A.) - 1981.

Etude des crues décennales des petits bassins forestiers en Afrique tropicale. Rapport final. ORSTOM CIEH Abidjan, Multigr. 65 p. 6 fig.

CASENAVE (A.) - CHEVALLIER (P.) - GUIGUEN (N.) - SIMON (J.M.) - 1982.

Simulation de pluie sur bassins versants représentatifs cah. ORSTOM série Hydrol. Vol. XIX n° 4 pp. 207-297.

CHEVALLIER (P.) - 1982.

Simulation de pluie sur deux bassins versants sahéliens (Mare d'Oursi, HAUTE VOLTA) ORSTOM, Abidjan, Ouagadougou.

RODIER (J.A.) - 1976.

Estimation des débits de crues décennales pour les petits bassins forestiers en Afrique Tropicale. Etude préliminaire cah. ORSTOM série Hydrol., Vol. XIII, 4.

RODIER (J.A.) - AUVRAY (C.) - 1965.

Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 Km² en Afrique Occidentale CIEH ORSTOM.

VALENTIN (C.) - 1981.

Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdésertiques (Agadès Rép. du Niger) Thèse 3ème cycle PARIS VII.

-----oo0oo-----



Fig. 1 Carte de situation des bassins étudiés à Senegal étudié

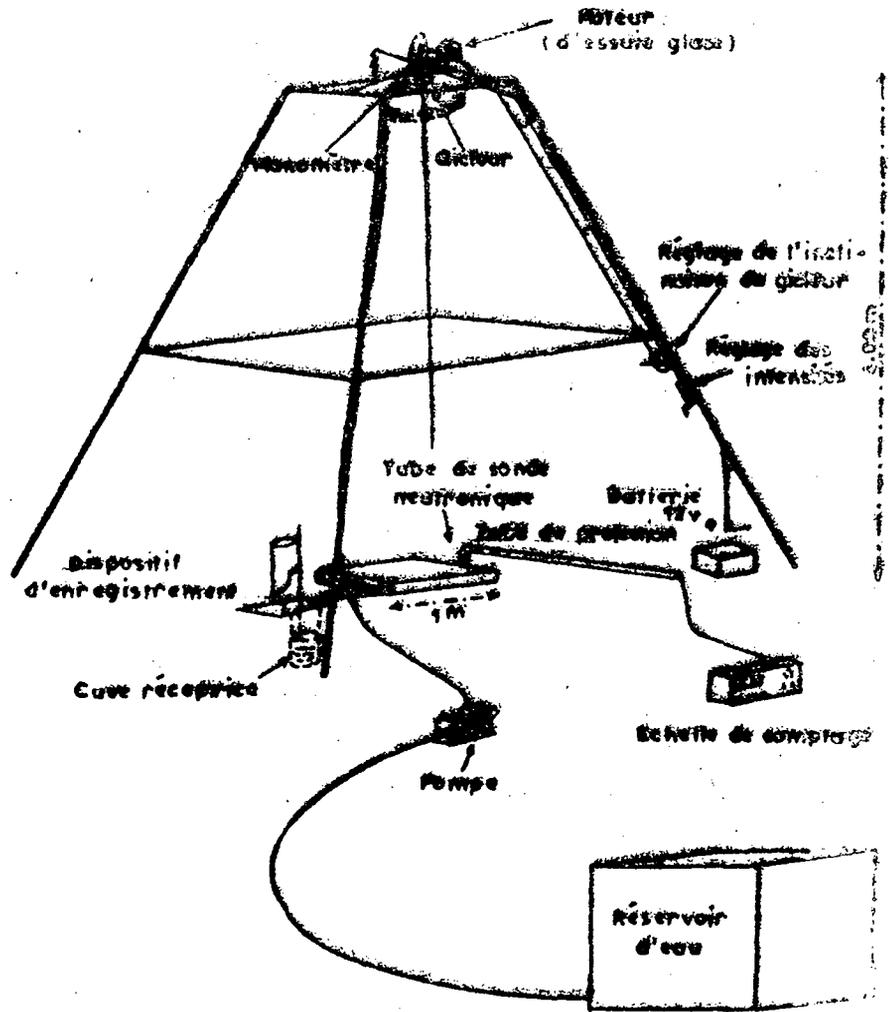


Fig. 2 Schéma du mini-simulateur

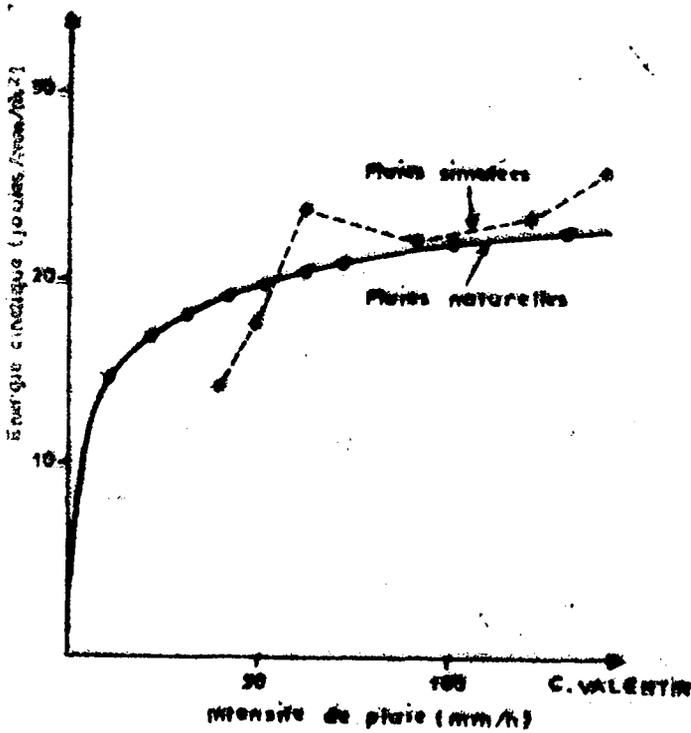


Fig. 3 Comparaison des énergies cinétiques des pluies naturelles (Abidjan) et simulées.

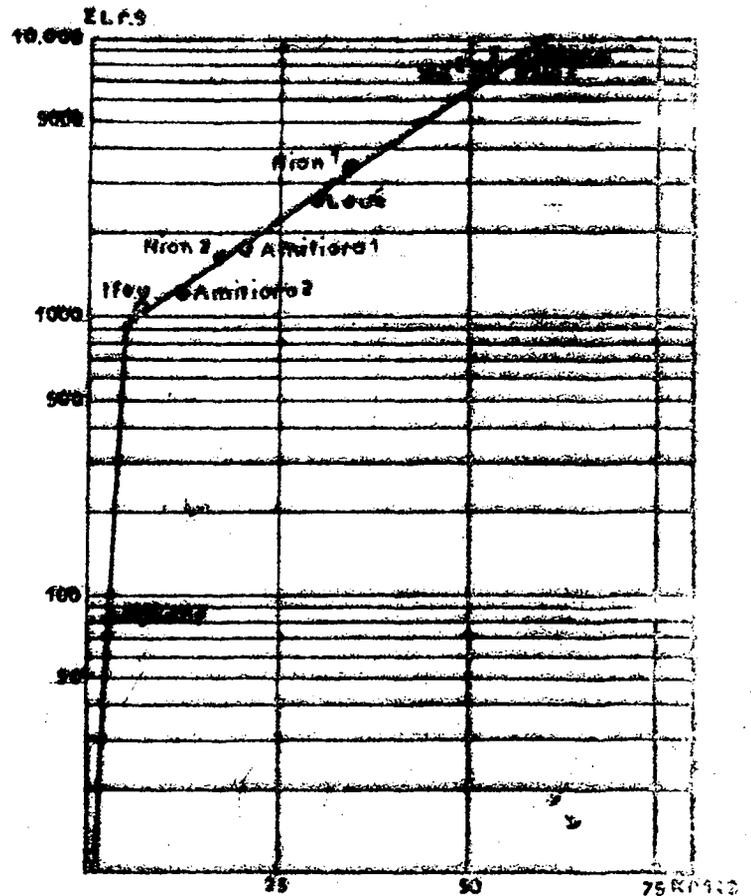
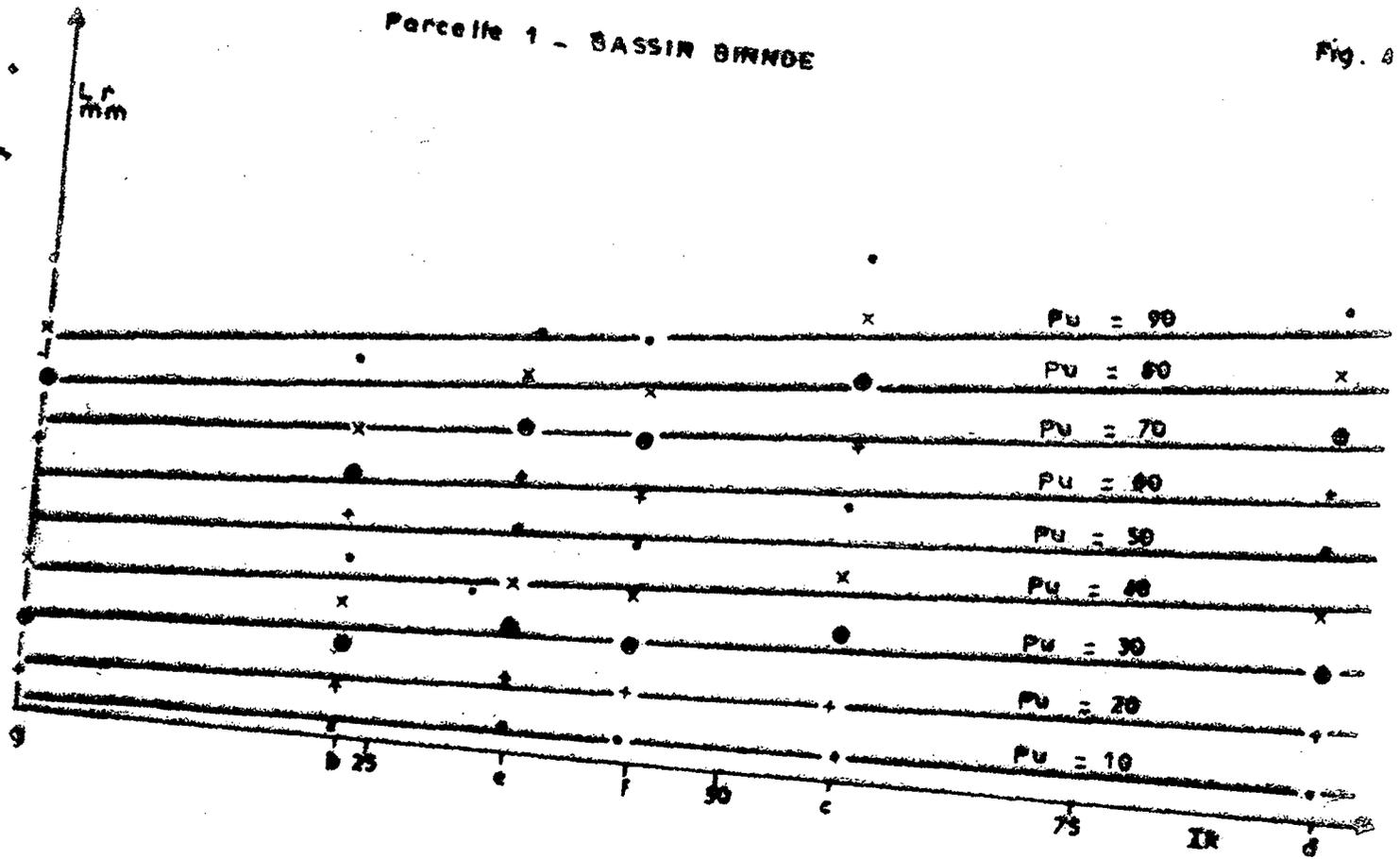


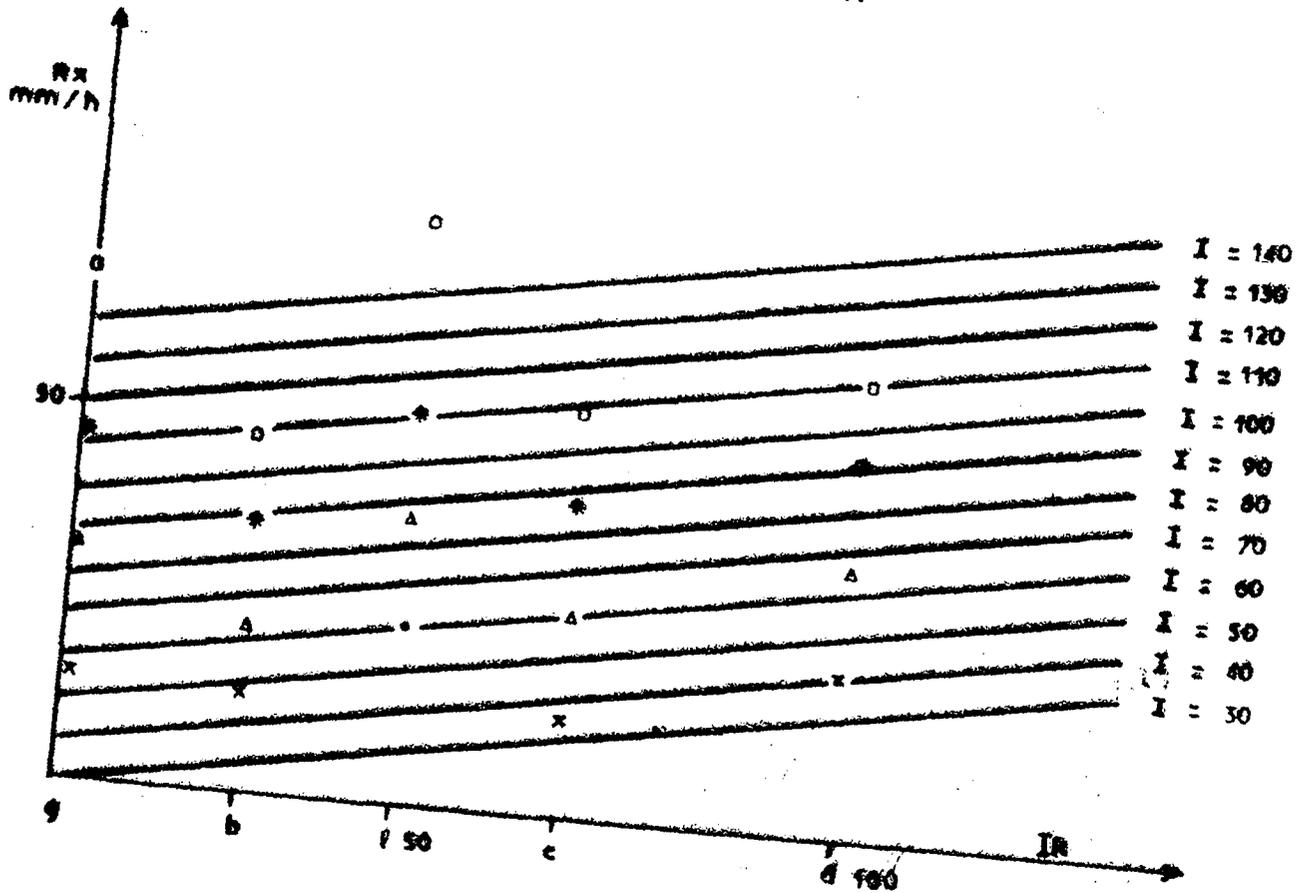
Fig. 4

Parcelle 1 - BASSIN BRINDE

Fig. 8



Parcelle 13 - BASSIN DE KAZANGA



12^{ème} Conseil des Ministres du CIEH

Journées Techniques

Yaoundé, 20-21 Février 1984

--o--

Doc/CIEH/JT/INV/Sogreah

Etude de l'amélioration du

Canal du Sahel au Mali

par

M. CHEVEREAU

Chef du Service Fluvial et Maritime
de la
Sogreah

4806



ETUDE DE L'AMELIORATION
DU CANAL DU SAHEL AU MALI
par M. CHEVEREAU - Chef du Service Fluvial
et Maritime de la SOGREAH

1. INTRODUCTION

Il existe au Mali une potentialité de près d'un million d'hectares de terres irrigables dans le delta central du Niger, en rive gauche du fleuve Niger, en aval de la ville de Ségou, située à 240 km à l'Est de Bamako.

Dès 1919, ont été jetées les bases d'un gigantesque aménagement hydroagricole connu sous le nom d'Office du Niger qui pourrait bénéficier d'une partie des eaux du fleuve Niger (50 milliards de m³ environ par an) avant qu'elles ne se perdent dans le delta mort, situé en aval de la zone irrigable (fig. n° 1).

Le barrage de Markala, clé de voute de cet ensemble d'aménagement n'a été terminé, par suite de la guerre, qu'en 1947.

Relevant de 5 m les eaux d'étiage du Niger, il permet d'alimenter un canal adducteur de 8 km de longueur, aboutissant à un point dit "point A" où, jusqu'en 1981, deux ouvrages de prise alimentaient deux canaux principaux :

- . le canal du Sahel pouvant véhiculer 80 à 100 m³/s vers le nord en direction de Niono,
- . le canal de Macina pouvant véhiculer 50 m³/s vers le marigot de Bokywere.

En 1981, une troisième prise devait être construite entre les deux ouvrages précédents, pour alimenter le canal Costes - Ongoïba.

En 1979, SOGREAH a été chargée d'étudier un projet de réhabilitation de 40 000 ha de terres rizicoles de l'Office du Niger, dans les périmètres alimentés par le Canal du Sahel.

Ce canal, creusé artificiellement sur 24 km, rejoint un ancien bras du fleuve Niger : le Fala de Molodo, long d'une centaine de kilomètres utilisé comme adducteur après endiguement de ses berges.

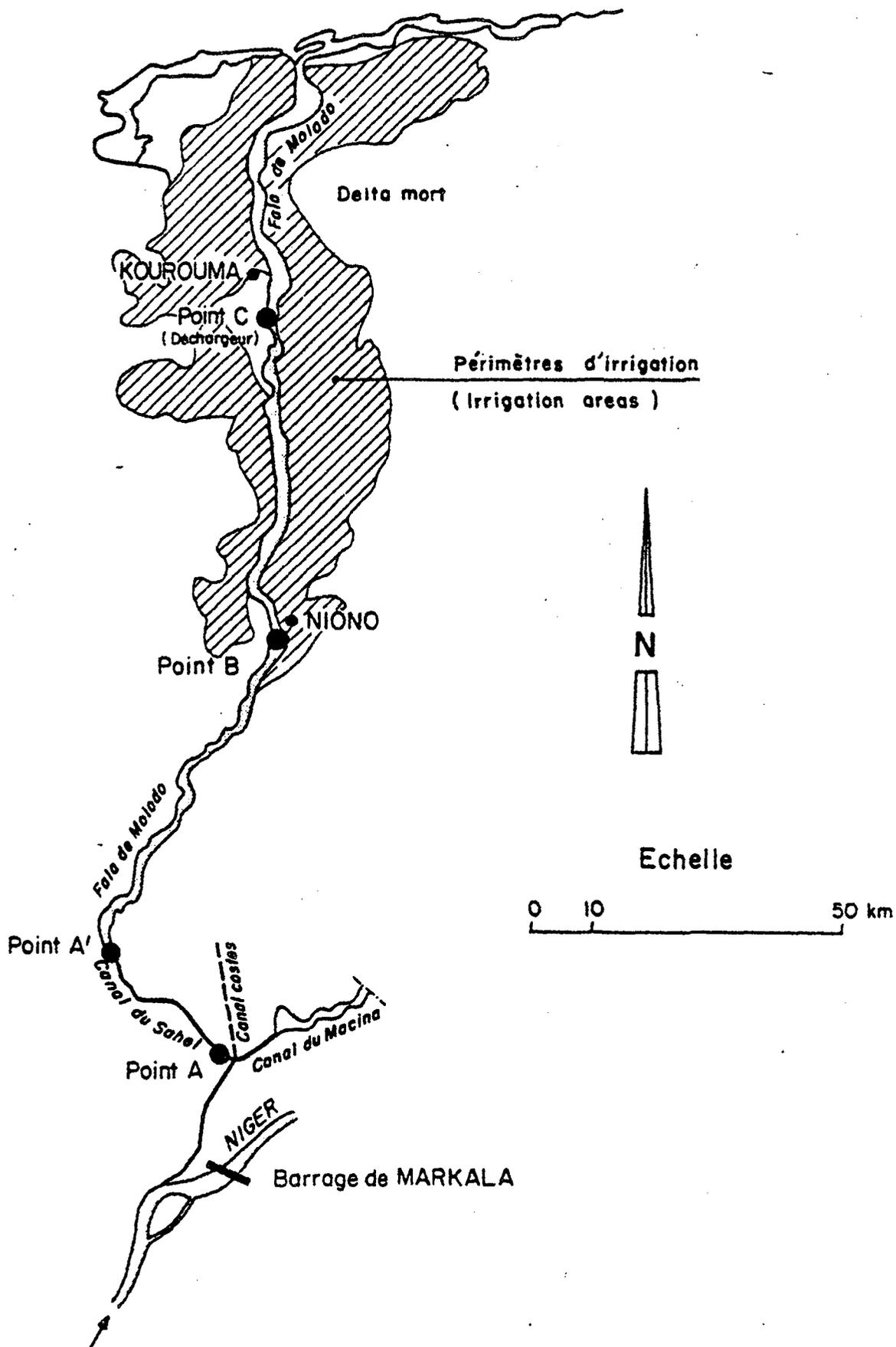
Trois ouvrages de régulation existent actuellement sur ce grand adducteur dont la pente moyenne très faible est voisine de 4.10^{-5} :

- . au point A (cf fig. n° 1)
- . au point B (NIONO) à 80 km du point A
- . au point C (KOUROUMA) à 56 km du point B.

Compte tenu de la longueur des deux biefs commandés par ces ouvrages et du long temps de réponse du canal entre le moment où l'on manoeuvre une vanne en A ou B et le moment où l'eau arrive en B ou C (temps de l'ordre de la semaine), la gestion de l'eau s'avère délicate :

Fig. 1

CANAL DU SAHEL ET FALA DE MOLODO
PLAN DE SITUATION
(Situation map)



Document est la propriété exclusive de la SOGREAH. Il ne peut être reproduit ni communiqué à des tiers sans autorisation.

- . les programmes de culture ne sont pas toujours respectés par les paysans et obligent à modifier les débits envoyés en tête de canal,
- . pour ne pas manquer d'eau, les responsables de la gestion de l'eau ont tendance à demander plus d'eau que nécessaire ; l'eau non utilisée est déchargée soit en aval du point C où elle est perdue, soit dans les différents drains du périmètre qui se trouvent engorgés et n'assurent plus leur fonction.

Pour économiser l'eau et améliorer le fonctionnement hydraulique de l'ensemble (Canal du Sahel et Fala de Molodo) SOGREAH a proposé de remplacer le système actuel de régulation par l'amont par un système de régulation de type BIVAL, en profitant de l'énorme réserve d'eau que constituent les 130 km de longueur de l'adducteur principal.

OBJECTIFS DE LA REGULATION

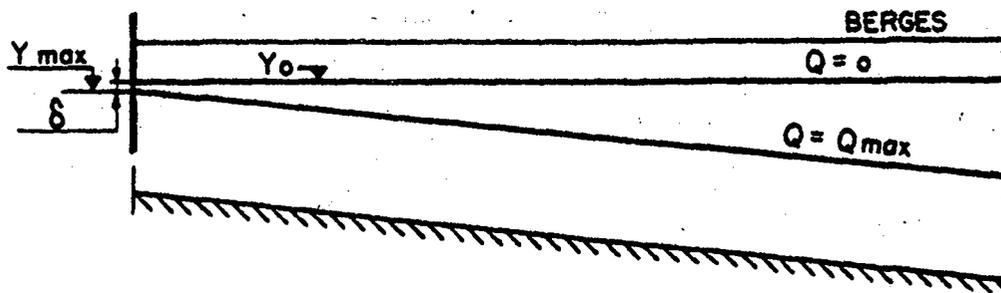
Le but de la régulation est de maîtriser totalement l'usage de l'eau, c'est-à-dire de répondre aux contraintes suivantes :

- . disposer des débits nécessaires à l'irrigation au moment voulu,
- . ne pas perdre les débits refusés par l'irrigation par suite de la variation des besoins pendant le déroulement du cycle végétatif ou à la suite de pluies importantes,
- . ne pas avoir d'excès d'eau inopportuns dans le réseau de drainage,
- . utiliser rationnellement, dans un futur certainement proche, les quantités d'eau qui seront allouées à l'Office du Niger dans le cadre d'une gestion globale des ressources en eau du bassin du Niger.

Cette régulation doit en outre répondre aux exigences suivantes :

- . pouvoir fonctionner manuellement, sans automatisme dans l'immédiat, mais aussi pouvoir être automatisée sans difficulté dans l'avenir,
- . correspondre à des consignes simples de lectures de niveaux d'eau et de manoeuvres des vannes, sans faire appel à des moyens complexes pour l'élaboration de ces consignes,
- . être fiables et présenter une bonne sécurité
- . respecter certaines contraintes de niveau minimal au droit des prises ainsi que de part et d'autre des écluses afin de garantir la circulation des bateaux,
- . minimiser les travaux nécessaires pour la mise en oeuvre de la régulation.

a) COMMANDE A NIVEAU AVAL CONSTANT



b) COMMANDE TYPE BIVAL

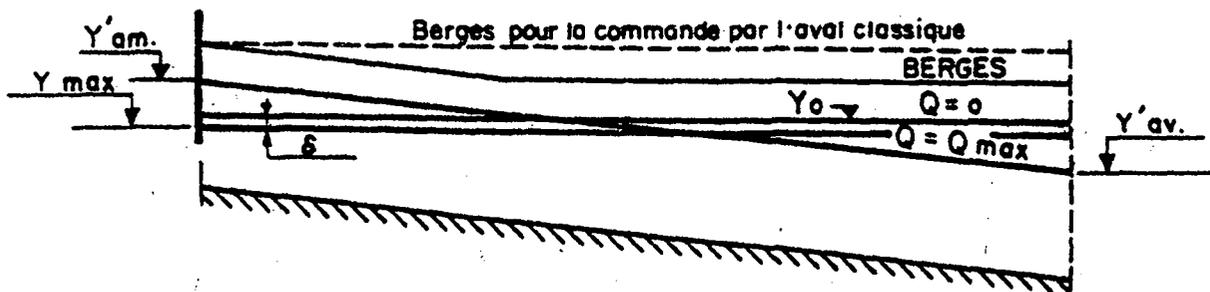


Fig. 2

SYSTEMES DE REGULATION REpondant A LA DEMANDE DE L'AVAL

LE SYSTEME BIVAL

La contrainte de maîtrise complète de l'eau tout au long du canal (ni perte, ni manque quelle que soit la demande) impliquait le choix d'un système de régulation dit par l'aval, c'est-à-dire tenant compte de la demande réelle.

Le système bien connu par vanne à niveau aval constant (vanne hydraulique ou électrique) permet de satisfaire à cette contrainte.

Mais il implique que les canaux aient des berges horizontales.

Dans le cas présent, la réalisation de berges horizontales aurait conduit à des travaux de terrassements inacceptables étant donné la grande longueur des biefs. Aussi l'idée est venue de préconiser le système BIVAL mis au point par SOGREAH bien que, en principe, ce système implique dans sa mise en oeuvre une installation de télétransmission et de commande automatique.

Alors que les vannes à niveau aval constant tendent à maintenir un niveau constant à l'amont du bief, le système BIVAL tend à maintenir un volume constant à l'intérieur du bief. Le volume minimal indispensable dans le bief est celui qui permet de passer le débit maximal c'est donc celui qui est déterminé par la ligne d'eau normale à débit maximal.

Le maintien dans le bief d'un volume quasi constant implique qu'à chaque instant les débits entrants soient égaux aux débits sortants donc que la vanne de tête suive rapidement les variations de la demande dans les biefs.

Pour ce, la régulation fait intervenir non seulement le niveau amont du bief Y_m mais aussi le niveau aval Y_a . Un niveau moyen Y est calculé par une combinaison de Y_m et Y_a par :

$$Y = \alpha Y_m + (1 - \alpha) Y_a$$

α étant un coefficient de pondération à déterminer.

Ce niveau est comparé à intervalles réguliers (Δt) à un niveau de référence Y_R pour déterminer les ordres de manoeuvre de la vanne de tête.

On peut montrer que :

- Si $\alpha \leq \alpha_{\min}$, le volume d'eau emprisonné dans le bief est trop faible pour répondre à une demande instantanée non programmée du débit maximal. La régulation est instable. Dans un canal trapézoïdal α_{\min} est voisin de 0,5.
- Si $\alpha = 1$, on retrouve le cas particulier de la régulation à niveau aval constant.

- Si $\alpha_{\min} < \alpha < 1$, la régulation est en principe stable. En pratique on choisit α légèrement supérieur à α_{\min} , ce qui permet de s'écarter sensiblement de la condition d'instabilité tout en réduisant le volume d'eau stocké dans le bief.

L'intérêt de ce système est évidemment d'abaisser sensiblement la cote nécessaire de calage des berges (fig. 2b). Une étude sur modèle mathématique a montré que ce système pouvait alors être mis en oeuvre sans entraîner de travaux importants.

ETUDE DE STABILITE SUR MODELE MATHEMATIQUE

Les paramètres de la régulation ($\alpha, \Delta t, \sqrt{R}$) sont déterminés par approximations successives à l'aide d'un modèle mathématique de simulation. Le modèle comporte :

- le canal du Sahel, 24 km du point A au point A' de la figure 1, représenté par une section trapézoïdale uniforme de 57 m de large au radier,
- le Fala de Molodo, 112 km du point A' au point C de la figure n° 1, représenté par une cinquantaine de sections en travers irrégulières relevées sur le terrain soit environ une section tous les 2,25 kilomètres en moyenne,
- Aux points A et B, le fonctionnement de vannes BIVAL a été simulé.
- Les différentes prises de débit pour l'irrigation, une perte de débit par évaporation a également été simulée.

La simulation des écoulements non permanents a été faite par un programme de calcul basé sur l'intégration des équations complètes de Barré de St Venant par une méthode implicite de différences finies (1). La propagation des ondes a été calculée dans différents cas de variations de la demande de débit (variations normales ou extrêmes) et pour différentes valeurs des paramètres de la régulation. Dans chaque cas, on a vérifié que :

- le fonctionnement des vannes est stable, c'est-à-dire qu'il suit la variation de la demande sans manoeuvres inutiles et ce aussi bien à grand débit qu'à petit débit lorsque les instabilités non amorties par le frottement sont plus probables.
- les enveloppes maximale et minimale des lignes d'eau restent dans des limites acceptables c'est-à-dire que les niveaux sont toujours suffisants pour permettre la navigation et l'alimentation des prises d'eau et que les travaux de terrassement nécessaires au renforcement des digues restent limités.

A titre d'exemple, la figure n° 3 montre les résultats d'un calcul :

- . Variation des débits demandés et des débits résultants aux vannes A et B (fig. 3.a). On n'observe pas d'instabilités de fonctionnement.
- . Variations des niveaux aux extrémités de chacun des deux biefs (fig. 3.b) montrant le basculement des lignes d'eau.
- . Enveloppes minimale et maximale des lignes d'eau obtenues au cours du calcul (fig. 3.c).

SOLUTION RETENUE

L'étude a été faite pour l'état futur du système qui transitera un débit de 150 m³/s (débit en tête) et qui suppose un recalibrage du canal du Sahel entre les points A et A'. Les paramètres de la régulation qui ont été retenus sont :

- . Intervalle de temps ΔT entre deux manoeuvres consécutives : 24 h. C'est-à-dire que les quatre niveaux (amont et aval de chacun des deux biefs) devront être observés seulement une fois par jour et que les vannes seront manoeuvrées une fois par jour. Cet intervalle très long résulte de la grande dimension du système adducteur et c'est ce qui fait l'intérêt de la solution retenue car on peut alors envisager une mise en oeuvre manuelle sans intervention d'automatismes.
- . Pondération α égale à 0,3 pour la vanne A et 0,33 pour la vanne B.
- . Les niveaux de consigne Y_0 (niveau de référence à débit nul) sont respectivement de 298,0 pour la vanne A et de 294,55 pour la vanne B.
- . Les manoeuvres élémentaires d'ouverture ou de fermeture de vanne se font par pas de 10 m³/s pour la vanne A et de 4 m³/s pour la vanne B. Elles seront faites manuellement à partir de la courbe d'étalonnage et des niveaux de part et d'autre des vannes.

Pratiquement un observateur placé au point C transmettra par radio ou par téléphone une fois par jour à un opérateur placé au point B le niveau au point C.

L'opérateur du point B observera les niveaux de part et d'autre de la vanne B et déterminera la manoeuvre à effectuer sur la vanne B puis il transmettra à son tour les observations à un opérateur situé au point A qui observera les niveaux de part et d'autre de la vanne A et déterminera la manoeuvre à effectuer.

Dans le futur les vannes pourront être motorisées et la régulation automatisée.

EXEMPLE DE CALCUL MANOEUVRE DE PRISE DE DEBIT SUIVIE D'UN REFUS DE DEBIT

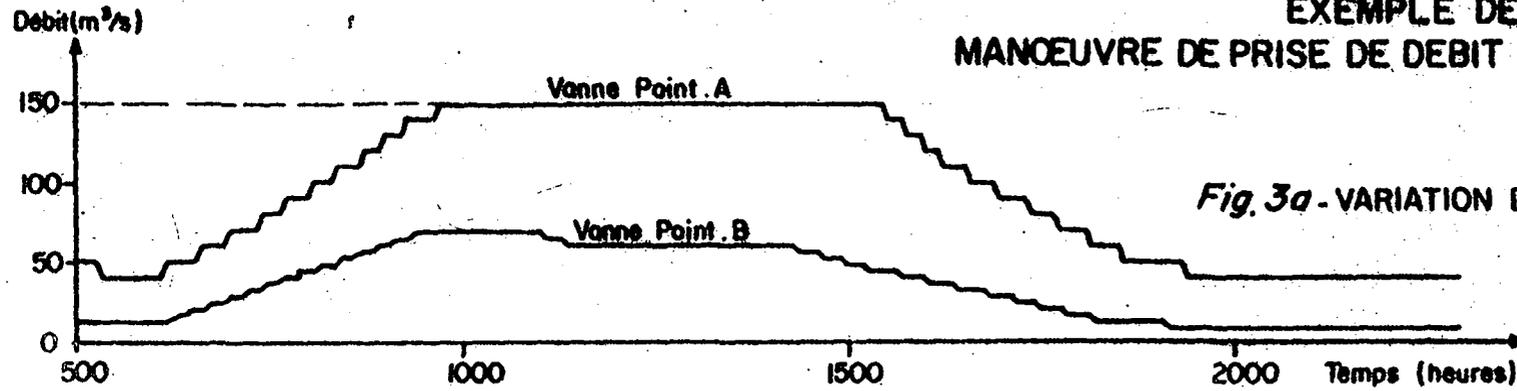


Fig. 3a - VARIATION DU DEBIT AUX VANNES

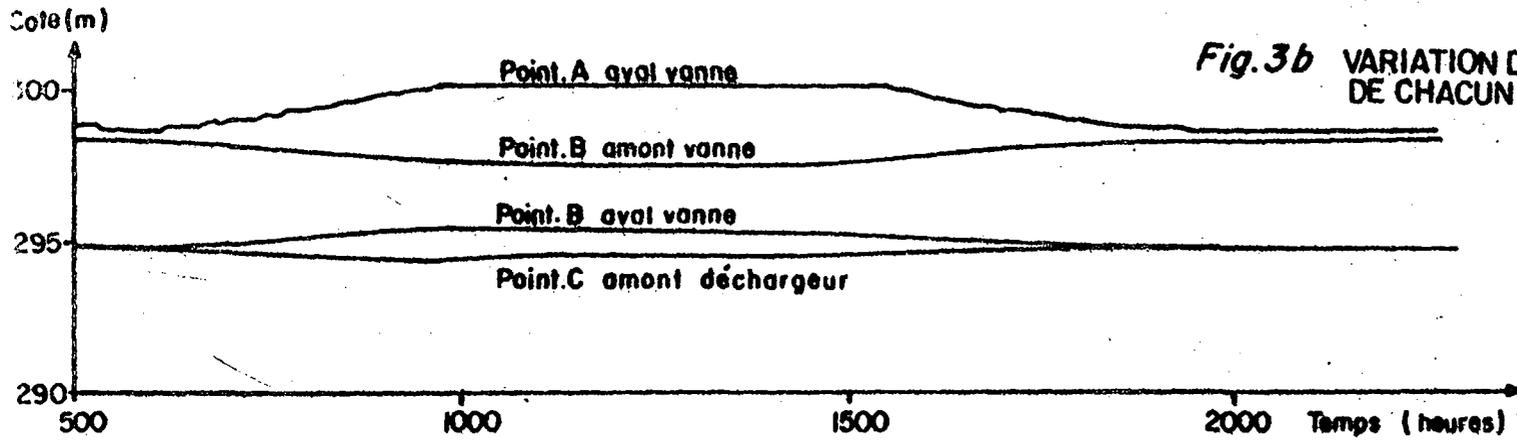


Fig. 3b - VARIATION DU NIVEAU A L'AMONT ET A L'AVAL DE CHACUN DES DEUX BIEFS

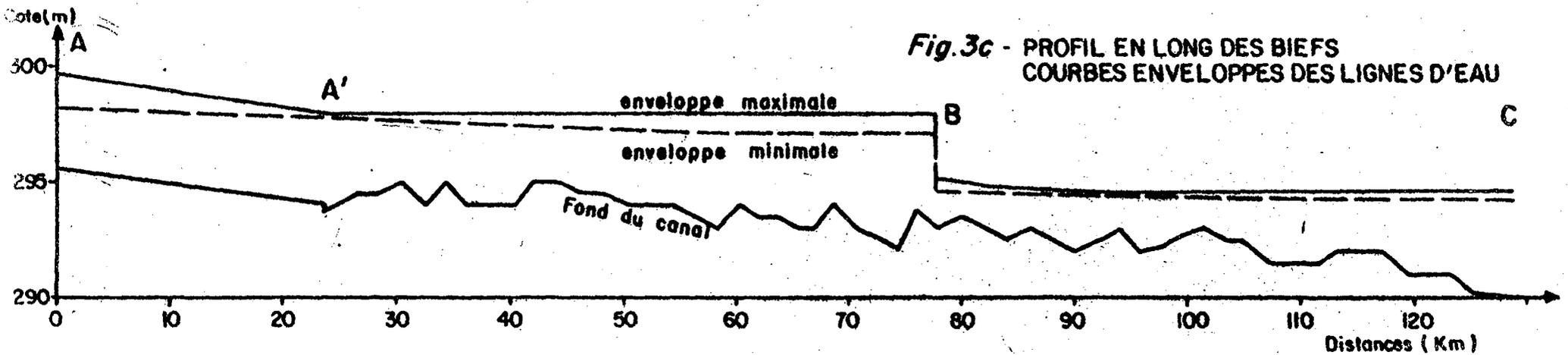


Fig. 3c - PROFIL EN LONG DES BIEFS
COURBES ENVELOPPES DES LIGNES D'EAU

Dans l'état actuel où le débit maximal en tête est de 75 m³/s et tant que le canal du Sahel n'a pas été recalibré, seuls les coefficients de pondération et les niveaux de réglages sont différents, le principe de la régulation reste le même.

REFERENCES

- (1) G. CHEVEREAU, M. GAUTHIER "Use of Mathematical Models as an approach to flow control problems" International symposium on unsteady flow in open channels - Newcastle upon Tyne - 1976.