

ND 3820

71  
CIEH79

SEMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
 CONSACRE A LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
 L'AGRICULTURE ET L'ELEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI ARIDES  
 NIAMEY, NIGER, 12/17 Février 1979

C.I.E.H.  
 COMITE INTERAFRICAIN  
 D'ETUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.  
 CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE A  
 LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

CIEH/CEF/Sem.7/CR 1.,  
 16 février 1979

RAPPORT SUCCINCT DU SEMINAIRE

Président : M. DIALLO (Niger)

Vices-Présidents :

MM. BENTAYEB A. (Maroc)  
 VACCARI A. (FAO/Accra  
 Ghana)

Rapporteurs :

MM. NGASSAM (Cameroun)  
 MANUELLAN (CEFIGRE/  
 France)

71 CIEH79-3820

INTRODUCTION ET RAPPEL DES OBJECTIFS DU SEMINAIRE PAR LE  
GROUPE DE TRAVAIL CIEH/CEFIGRE

A savoir, déboucher sur les actions concrètes immédiates en matière de formation et recherche, d'études, d'organisation de l'information et de l'échange.

LES THEMES REPARTIS EN DEUX ATELIERS

1er Atelier : Au cours de cet atelier concernant la mise en valeur, la gestion et l'aménagement des ressources en eau et après :

- les conférences introductives du CILSS, du Congo et de la France sur :
  - a) les contraintes techniques et physiques des projets de mise en valeur de ressources hydrauliques,
  - b) l'homme et la mise en valeur du programme,
- les contributions des Etats du : Niger, Congo, Haute Volt Côte d'Ivoire, Cameroun, Togo,
- les communications techniques des bureaux d'études :
  - ORSTOM,
  - BURCEAP,
  - BEGEOM,
  - BRGM,
  - SCET International.

Les débats-interventions : du Togo, de l'Algérie, du Cameroun, du Cap-Vert, de la Haute Volta, du Maroc, du Mali, du Tchad, de la Mauritanie, du Bénin, de la Côte d'Ivoire, du CIEH, du CILSS et du CIR, ont porté

Sur les points suivants : réalimentation, salinité et température des nappes profondes, comme contraintes de mise en valeur de ces nappes. Salubrité et mise en valeur des périmètres agricoles ; aspects sanitaires des aménagements hydroagricoles, connaissances du milieu pour la mise en valeur des périmètres ; contraintes financières dans les projets ; création des structures d'entretien dans les projets d'hydraulique villageoise ; participation des populations à l'exécution et à la maintenance des projets ; échecs des expérimentations des pompes solaires installées dans le Sahel ; réseau d'information et de documentation dans le Sahel ; formation des techniciens nationaux dans les projets en cours d'étude ou d'exécution. Economie d'eau d'irrigation au Cap Vert. Mise en valeur des bas-fonds en Haute Volta ( production, commercialisation), financement et gestion de l'Office National de Barrage et d'Irrigation en Haute Volta. Influence probable du futur projet d'aménagement de la Vallée du Logone, sur les projets hydroagricoles en cours d'exécution sur les bords du Logone au Cameroun. Rentabilité de la petite irrigation par pompages au Cameroun ; débit et critères de répartition de puits dans le projet en cours au Cameroun.

Projet (en cours) d'étude sur les plateaux Batéké au Congo sur financement FAC.

2ème Atelier : Sous-thème 1.

Planification et élaboration des programmes à long terme :

- les méthodes de travail et les moyens,
- les problèmes des choix et stratégie de mise en valeur des zones arides et semi-arides.

Conférence introductive de M. Paul Marc HENRY sur : planification et programme à long terme sur les zones arides.

Suivi des contributions des organismes internationaux : UNESCO, USAID, CRDI, OMI, OMS, SCET International ; des contributions des Etats : Tunisie, Mali, Cameroun, Mauritanie ; des communications techniques des bureaux d'études : Géohydraulique, BRGM.

Les débats-interventions : de la Haute Volta, de l'Algérie, de l'Empire Centrafricain, du Congo, du CIEH, du CEFIGRE ont porté sur les points suivants :

- aides des pays industrialisés aux pays en développement, limites de croissance et limitation des naissances dans les pays arides ; organisation de la mobilité de la population ; nomadisme et dégradation des terres ; nomadisme et sédentarisation ; concertation des structures d'un pays pour la stratégie de développement ; garantie de stabilité de politique d'un pays et changement d'individus ; efforts entrepris par les organisations internationales pour le développement des ressources hydrauliques en Afrique,
- cartes de ressources en eau ; relations CIEH/OMM ; identification des projets, objet de financement CRDI ; les critères de choix des pays concernés par le projet "OMS-Formation" (les pays du Magreb n'étant pas mentionnés) ; utilisation des Energies Eoliennes et Solaires ; utilisation des eaux saumâtres ; perspectives d'utilisation des ressources en eau prélevées au fil de la rivière sur les grands axes fluviaux sahéliens pour double culture annuelle garantie 49 années sur 50 ; organisation administrative du programme de développement des ressources en eau en Tunisie ; code de l'eau en Tunisie ; réalimentation des nappes du continental intercalaire en Tunisie.

2ème Atelier : Sous-thème Technologie et Expériences pilotes.

Conférence introductive de l'Algérie sur le barrage vert dans le Sud algérien.

Suivi des contributions du Maroc, du Soudan, du Cameroun (UIPE), et de la communication technique du CIEH.

Les débats-interventions : du Maroc, de la Tunisie, du Niger, du Cap-Vert, du Bénin, du CIEH, ont porté sur les points suivants :

Importance des exigences futures pour l'entretien des milliers d'ha reboisés dans l'opération barrage vert en Algérie ; sélection et choix des essences forestières adaptées aux conditions écologiques locales du projet barrage vert ; mesures pratiquées législatives et réglementaires promulguées par le Gouvernement Algérien pour arrêter la détérioration par l'homme et l'animal dans les steppes algériennes ; politique des aménagements adaptée dans l'exécution du barrage vert ; utilisation de la grande expérience marocaine dans les techniques de forage à l'air pour la recherche d'eau dans le Sud du Maroc, au profit du projet de forage en cours au Cap-Vert ; expérience de l'UIFE pour la réussite d'un projet du choix de jeunes couples d'agriculteurs (formation de jeunes agriculteurs dans le Nord Cameroun).

10-17  
10-18  
10-19

SEMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSECRE A LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ELEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES  
NIAMEY, NIGER, 12-17 FEVRIER 1979

C.I.E.H.  
COMITE INTERAFRICAIN  
D'ETUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.  
CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE  
A LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

---

CIEH/CFE/Sem.7/INF.2  
FRANCAIS/ANGLAIS

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

LISTE PROVISOIRE DES PARTICIPANTS

2.

DELEGUES DES ETATS

ALGERIE

M. Bcl Kacem BEN MCUFFOK

Ingénieur en Chef - Directeur  
de l'Hydraulique de Grande  
Kabylie.

M. Hocine YALF

Ingénieur Forestier au Minis-  
tère de l'Hydraulique et de  
l'Environnement.

BENIN

M. Salifou SACHARIS

Directeur du Génie Rural au  
Ministère de l'Agriculture.

CAMEROUN

M. Justen NGASSIM

Directeur du Génie Rural au  
Ministère de l'Agriculture.

CAP VERT

M. Antonio BORGES

Ministère du Développement  
Rural.

CONGO

M. Henry OKEMBA

Ministère du Plan.

COTE D'IVOIRE

M. KOUAKOU BAKAN

B.E.T.P.A.

EMPIRE CENTRAFRICAÏN

M. Jean MAGRONDEJI

Ministère de l'Agriculture,  
des Forêts et de la Chasse.

FRANCE

M. René BOURONE

Secrétariat Général du Haut  
Comité à l'Environnement,  
Président de MEDDES.

M. Dominique PETER

Ministère de la Coopération.

M. Gilbert MANUELLEN

Ministère de l'Agriculture.

HAUTE VOLTE

M. Dominique IDC

Directeur de l'Hydraulique  
et de l'Équipement Rural.  
Chef du Service Hydraulique  
Humaine et Industrielle.

M. Zabre HADO

KENYA

M. NUREITHI

Directeur de la Construction,  
Department of Water Develop-  
ment.

MALI

M. Touré CHEIBOU

Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie.

MARCC

M. Abderrahman BEN TAYEB

Chef du Service des Ressources en Eau.

MAURITANIE

M. Abdallah MOULAYE

Directeur de l'Hydraulique et de l'Energie.

NIGER

M. Omar DIALLO

Secrétaire Général des Mines et de l'Hydraulique.

M. Abdou HASCANE

Directeur de l'Hydraulique.

M. Ali SEINI

Directeur du Génie Rural.

M. Amadou HALIDOU

Directeur Adjoint du Génie Rural.

M. Moussa SALEY

Directeur de l'Agriculture.

M. Abdou MABBA

Directeur de l'Elevage.

M. le Docteur LAOUALI

Directeur de la Reconstruction du Cheptel.

M. Mamahane IMINI

Directeur de l'OFEDES.

SOUDAN

M. Salah EL HATIO

Director of Ground Water Research - Rural Water Corporation.

TCHAD

M. Abdelkrim KADJO

Directeur du Génie Rural, de l'Aménagement du Territoire et de l'Action Régionale.

TOGO

M. KATAKOU KOKOU

Ministère des Mines et des Ressources Hydrauliques.

TUNISIE

M. Khemaïs ALOUINI

Directeur du Génie Rural.

-o-o-o-o-o-o-o-



ORGANISATIONS INTERNATIONALES

<u>F.A.O.</u>	M. VACCARI
<u>C.M.M.</u>	M. RISC
<u>O.E.S.</u>	M. REDEKOPP M. ROBIN
<u>P.K.U.D.</u>	M. CHALLONS
<u>U.N.E.S.C.O.</u>	M. SKOURI
<u>U.N.E.C.E.F.</u>	M. MADUENO

-o-o-o-o-o-o-o-

ORGANISMES INTERGOUVERNEMENTAUXET GOUVERNEMENTAUX

<u>A.D.R.A.O.</u>	M. O. Koulián KOFFI
<u>A.S.E.C.N.A.</u>	M. FALQUE
<u>B.O.A.D./C.E.A.O.</u>	M. Amadou Baba SY
<u>C.B.F.N.</u>	M. Issa INSA
<u>C.C.C.E.</u>	M. Hugues LEMASSON
<u>C.E.B.V.</u>	M. DOUTI
<u>C.M.N.H.</u>	M. BOUREIMA MAGGI
<u>C.R.D.I.</u>	M. Jean DE CHANTAL
<u>F.A.C.</u>	M. G. MATON
<u>F.E.D.</u>	M. PELIGRY
<u>LIPTAKO-GOURMA</u>	M. Michel SINARE
<u>O.U.A.</u>	M. Laya DIOLDE M. EUR
<u>U.I.P.</u>	M. André MEKA ENGAMBA
<u>U.S.A.I.D.</u>	M. Dwight JOHNSON M. Larry DOMINOSY M. Frances MONTMARE M. Jacques MORGAN M. Lyle WEISS

-o-o-o-o-o-o-o-

INSTITUTS DE FORMATIONC.I.R.

M. HOOGENDOORN

E.I.E.R.

M. Jean VARRET

E.F.S.H.E.R.

M. Daniel CREPIN

Institut du SAHEL

M. MAOURADELI

-O-O-O-O-O-O-O-O-

BUREAUX SPECIALISESARLAB

M. Pierre SUZPINE

ARMINES

M. LEDOUX

B.C.E.O.M.

M. M'Guyen VAN TUU

B.R.G.M.

M. R. BISCALDI

M. M. BONNET

M. B. LEFEBVRE

M. J. MARGIT

M. J. PERSON

BURGEAP

M. Jacques LEMOINE

GEOHYDRAULIQUE

M. Charles LOREC

GERSAR

M. Joël MANCEL

IRAT/GERDAT

M. Serge VALET

ORSTOM

M. Marcel ROCHE

S.C.E.T. International

M. DOLZAN

S.L.E.E.

M. Hugues HUSSENOT DESEMONGES

SOGREAH

M. Joseph MALFI

-O-O-O-O-O-O-O-O-

CONFERENCIERS

- M. Khemaïs ALCUINI  
Directeur du Génie Rural de Tunisie.
- M. Ivan CHERET  
Président du CEFIGRE,  
Premier Secrétaire Général du C.I.E.H.
- M. GURGAND  
Ingénieur en Chef du Génie Rural, des Eaux et des Forêts/  
FRANCE.
- M. Paul Marc HENRY  
Ministre Plénipotentiaire,  
Président de l'DILREM/  
FRANCE.
- M. Gilbert MAUELLE  
Directeur du Service de l'Hydraulique,  
Ministère de l'Agriculture/  
FRANCE.
- M. J.P. POITY  
Directeur des Ressources Humaines au Ministère du Plan du Congo.
- M. VAN DENNE  
Directeur du Centre International de Référence/LA HAYE.
- M. Hocine YALA  
Ingénieur Forestier  
Ministère de l'Hydraulique,  
de l'Environnement et de la Mise en Valeur d'Algérie.
- M. Idrissa YAYA  
Directeur au C.I.L.S.S./  
OUAGADOUGOU.
- M. Louis ZIEGLE  
Conseiller à l'UNESCO pour la Recherche et les Ressources Humaines dans les pays du Sahel.

-O-O-O-O-O-O-O-

C.I.F.H.

M. Bayaou GAGRA  
M. Kodjo ATIVON

Secrétaire Général.  
Chef du Département.  
Hydraulique Urbaine.

M. André BEMBEUR  
M. Jean-Pierre LEHAYE  
M. Bruno LIDON  
Mme Rosalie CUEDRIGO  
M. Georges ZOUNGRIN

Chef du Département Hydrogéologie.  
Chef du Département Hydrologie.  
Chef du Département Agroclimatologie.  
Secrétariat.  
Secrétariat.

C.F.F.I.G.R.E.

M. Ivan CHERET  
M. François VALIRON  
M. Jean Paul PFISTER  
M. Yves EISELLEN  
M. Ahmed HELLEDI  
Mlle Sophie LEGRAND  
Mlle Marie Noëlle TIXERONT  
Mlle Colette SUZANNE

Président.  
Administrateur délégué.  
Secrétaire Général.  
Directeur des Recherches.  
Chargé de Mission.  
Documentaliste.  
Secrétariat Général.  
Secrétariat.

-o-o-o-o-o-o-o-o-

INTERPRETES

M. Dominique BANCAUD  
Mlle Nelly GERST  
M. Jacques LONLORD

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ INF.3 - Prov.  
February 5th, 1979  
ENGLISH

PROVISIONAL LIST OF DOCUMENTS

---

PRACTICAL INFORMATION

- CIEH/CEF/INF.1 Note of practical information
- CIEH/CEF/INF.2 Provisional list of participants
- CIEH/CEF/INF.3 Provisional list of documents
- CIEH/CEF/INF.6 NIGER : Carte d'identité  
(French only)
- CIEH/CEF/INF.7 Programme

CONFERENCES

- CIEH/CEF/CONF.1 Physical and physical constraints  
Yaya IDRISSE
- CIEH/CEF/CONF.2 Introductory report on information and exchange  
L. ZIEGLE
- CIEH/CEF/CONF.3 Planning and long-term programmes  
Khemais ALOUINI
- CIEH/CEF/CONF.4 Notes on planning and long-term programmes  
in arid zones  
Paul-Marc HENRY
- CIEH/CEF/CONF.5 Introductory notes to the conference on man  
and the implementation of programmes.  
J.P. POATY
- CIEH/CEF/CONF.6 The green barrage. *- man*  
Hocine YALA
- CIEH/CEF/CONF.7 Conférence of Mr. G. MANUELLAN *- man*
- CIEH/CEF/CONF.8 Conférence of Mr. I. CHERET *- man*

STATES COMMUNICATIONS

- CIEH/CEF/E.T.2 Synthesis note on the following theme :  
"Policy on water for agriculture and breeding  
in arid and semi-arid areas"  
Cheïbou TOURE MALI
- CIEH/CEF/E.T.2. Reflections on the management of water resour-  
ces in the Congo Republic  
CONGO

COMMUNICATONS OF ENGINEERING FIRMS

CIEH/CEF/Sem.7/B.E.1	Subterranean dams B.C.E.O.M.
CIEH/CEF/Sem.7/B.E.2	Frequency calculation of water requirements in order to optimize irrigation project I.R.A.T.
CIEH/CEF/Sem.7/B.E.3	Climatic limitations in the construction and use of hill dams SOGREAH
CIEH/CEF/Sem.7/B.E.4	Dug and drilled wells for village water supply in tropical Africa BURGEAP
CIEH/CEF/Sem.7/B.E.5	ORSTOM (French only) <i>missy</i>
CIEH/CEF/Sem.7/B.E.6	Implantation or irrigated crops in Sahelian climate at Lossa (Niger) B.R.G.M./G.E.R.D.A.T. <i>- missy</i>
CIEH/CEF/Sem.7/B.E.7	SCP/BERSAR (French only) <i>- missy</i>
CIEH/CEF/Sem.7/B.E.8	SCET International (French only) <i>- missy</i>
CIEH/CEF/Sem.7/B.E.9	GEOGYDRAULIC

RATES OF INTERNATIONAL ORGANISMS/INTERGOVERNMENTAL ORGANISMS/ FORMATION  
INSTITUTES

CIEH/CEF/Sem.7/O.I.1.	Guidelines on the development of support programmes in the water field. J.M.G. Van DAMME W.K. HOOGENDOOTH OMS-CIR
CIEH.CEF.Sem.7/1	Introductory document to the works of the seminar CEFIGRE - ICHS with the collaboration of EIER
CIEH/CEF/Sem.7/2	Proposals of actions in the field of training and exchange. CEFIGRE Communication <i>- missy</i>
CIEH/CEF/Sem.7/3	Valorisation of vegetal wastes <i>- missy</i> ICHS Communication.

INDIVIDUAL INTERVENTIONS

CIEH/CEF/Sem.7/INF.4

The role of water in economic and social  
development in rural areas.  
Michel RAIBAUD

CIEH/CEF/Sem.7/INF.5

Aridité et ressources en eau  
(French only)   
Jean MARGAT

CIEH/CEF/Sem.7/INF.8

Notes on the fight against drought  
J. TIXERONT



SÉMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSACRÉ À LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ÉLEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES

NIAMEY, NIGER, 12-17 FÉVRIER 1979

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

C.I.E.H  
CENTRE INTERAFRICAIN  
D'ÉTUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.  
CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE À  
LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ INF. 6.

30 JANVIER 1979

FRANCAIS SEULEMENT

N I G E R : CARTE D'IDENTITE

Note communiquée par  
l'Ambassade du Niger  
en France

## NIGER : CARTE D'IDENTITE

DEVISE : Fraternité - Travail - Progrès.

DRAPEAU : Tricolore, composé de trois bandes horizontales rectangulaires et égales, dont les couleurs sont disposées de haut en bas dans l'ordre suivant : orange, blanc, vert, la bande blanche portant un disque orange symbolisant le soleil.

HYMNE NATIONAL : "La Nigérienne".

FETE NATIONALE : 18 décembre (Proclamation de la République le 18 décembre 1958.)

LANGUE OFFICIELLE : Le Français

SUPERFICIE : 1.267.000 Km<sup>2</sup>

CAPITALE : Niamey (150.000 habitants.)

POPULATION : La population a atteint 4.972.000 habitants en 1977. La densité moyenne est de 3,9 habitants au Km<sup>2</sup> mais elle est très inégale, l'occupation humaine étant surtout concentrée dans le sud. La population urbaine représente à peine plus de 5 % de l'ensemble, répartie dans les cinq villes les plus importantes : NIAMEY (150.000 h), ZINDER : (40.000), MARADI : (42.000), TAHOUA : (30.000), AGADEZ : (11.000), quelque 20 % des habitants sont nomades ou semi-nomades. Près de 10.000 villages.

Le taux d'accroissement naturel de la population est de 2,7. La population est jeune : 53 % ont moins de 20 ans.

EMPLOI : 98 % des actifs sont plus ou moins occupés par l'agriculture, l'élevage, l'artisanat et le commerce dits "traditionnels". Le secteur moderne ou salarié compte environ 32.500 personnes qui se répartissent entre le secteur public (35 %) et le secteur privé (65 %) où la qualification moyenne reste faible.

PRODUIT NATIONAL BRUT : Estimation du produit national brut par tête : 140 US dollars (Source Banque Mondiale.)

LANGUES : Haoussa, Djerma, Songhai, Kanouri, Poulh, Tamachek.

.../...

RELIGIONS : L'Islam est la religion de la quasi totalité de la population (95 %). Le reste est partagé entre l'Animisme et le Christianisme. L'Islam, religion dominante est aussi un puissant facteur d'unité.

PRINCIPALES PRODUCTIONS

<u>CULTURES VIVRIERES</u> :	<u>TONNES</u>
Mil/Sorgho (1977).....	1 479 664
Riz paddy (1977).....	35 213
Niébés (1976).....	239 070
<u>CULTURES INDUSTRIELLES</u> :	
Arachides coques (1977).....	89 867
Coton-graine (1976).....	11 128
Tabac (1976).....	300
Canne à sucre.....	107 000
<u>CHEPTEL (1978)</u> :	
Bovins.....	3 041 678
Ovins.....	2 822 672
Caprins.....	7 194 660
Camelins.....	500 891
Equins.....	215 898
Asins.....	559 831
<u>PECHE</u> .....	8 000 à 12 000 t/an
<u>PRODUITS MINIERES</u> :	
Uranium-métal (1977).....	1 800
Cassitérite (1976).....	140
<u>COMMERCE EXTERIEUR (1977)</u> :	Millions CFA
<u>EXPORTATIONS</u> :.....	39 900

.../...

Uranium..... 29.500  
Animaux vivants.....  
Huile brute d'arachide.....

L'uranium représente à lui seul 70 % du total des exportations. Principaux clients : la France, avec 12.450 millions, soit 63 % du total, et le Nigéria avec 4.284 millions, soit 21,9 % du total.

IMPORTATIONS :..... Millions CFA 37.000  
Produits agricoles.....  
Produits minéraux.....  
Machines et appareils électriques.....  
Matériel de transport.....

PRINCIPAUX FOURNISSEURS : la France avec 6.694 millions, soit 30,5 % du total, les pays de l'UNOA, les Etats-Unis, l'Algérie, la R.F.A.

LE DEFICIT DE LA BALANCE COMMERCIALE a été ramené en 1975 à 2,3 milliards et il semble que l'accroissement de la valeur des exportations d'uranium ait pu entraîner en 1976 un excédent de la balance commerciale.

MINES : La production minière actuelle concerne deux substances : l'uranium et la cassitérite.

La production d'uranium de la Société des Mines de l'Aïr (Somaïr) a commencé en 1971 avec 406 tonnes. Elle a été de 1.800 t en 1977 et atteindra 2.200 t fin 1978 lorsque le deuxième gisement, celui de la Compagnie Minière d'Akouta (Cominak) sera mis en exploitation. Le Niger est déjà le cinquième exportateur mondial d'uranium. L'uranium a rapporté au Niger 16 milliards de F CFA en 1978, soit plus du tiers du budget national (44.505 millions CFA).

L'uranium est le premier produit d'exportation. La politique minière du Gouvernement vise à donner au pays les moyens de son développement grâce à ses ressources minières. C'est ainsi que la quasi-totalité des revenus de l'uranium est "versée" dans un Fonds National d'Investissements qui sert à financer les grands projets de développement. Les réserves nigériennes en uranium sont estimées à 100.000 tonnes.

D'autres gisements récemment découverts vont faire

.../...

L'objet d'exploitation dans les prochaines années. Déjà une quinzaine de sociétés de tous les continents sont associés au Niger dans la recherche et l'exploitation de l'uranium.

Outre l'uranium, le sous-sol nigérien recèle d'autres ressources. Ainsi, un gisement de 250 millions de tonnes de phosphates a été découvert dans la région du Liptako-Gourma et attend d'être exploité. Du charbon est en voie d'exploitation à une cinquantaine de kilomètres d'Agadez.

A Anou-Araren où un gisement de 4.850.000 tonnes a été découvert, les travaux qui ont déjà commencé vont permettre la construction d'une centrale thermique qui fournira l'électricité aux compagnies minières de la région d'Arlit. 25 milliards d'investissements sont nécessaires pour la mise en place de la SONICHE dont le capital est aujourd'hui de 10 milliards.

Autre substance exploitée : la cassitérite (67% d'étain) par la SMDN. La production est de 140 tonnes.

Le Niger fonde de grands espoirs sur les recherches pétrolières qui sont menées par plusieurs sociétés sur 885.480 Km<sup>2</sup>. Des indices de pétrole ont été découverts fin mai 1975 à 300 km au nord du Lac Tchad par la compagnie américaine Texaco, mais à ce qu'il semblerait, le gisement n'est pas économiquement rentable.

Le sous-sol nigérien recèle par ailleurs d'autres ressources comme l'or, le gypse, le cuivre, le molybdène, le lithium, le nickel, le cobalt, le kaolin et le marbre qui ne font pas encore l'objet d'exploitation.

#### ENERGIE (1976)

Production d'électricité..... 70.309 Kwh.

INDUSTRIES : Environ cinquante entreprises essentiellement tournées vers la production des biens de consommation.

BUDGET : en progression constante depuis 1974.

1974.....	14.267.610.000
1975.....	15.315.875.000
1976.....	24.310.600.000
1977.....	34.175.125.000
1978.....	44.504.000.000

MONNAIE : Le franc CFA (Communauté Financière Africaine) vaut

0,02 francs français. Le contrôle des changes est celui de la zone franc.

ENSEIGNEMENT :

Le taux de scolarité en 1978 est de 15,08%. Il était de moins de 3% à l'accession du pays à l'indépendance, et de 11% en 1974. Le budget consacré à l'Education Nationale en 1978 est de 4.889.320.000 F., soit plus du 10ème du budget général. Il faut noter qu'en 1974 il n'était que de 2.092.000.000. L'augmentation en 4 ans a donc dépassé les 250%.

SANTE :

Le budget du Ministère de la Santé qui était de 1.186 millions est passé depuis 1974 à 2.729.635.000 CFA en 1978. Il faut sans doute y voir une illustration du souci des autorités de mettre à la disposition des populations les moyens et les hommes nécessaires, afin de les préserver contre les maladies pour les mieux préparer à la bataille du développement.

L'objectif primordial visé est la médecine préventive, éducative et sanitaire. Les actions portent sur : la remise en état des dispensaires et hôpitaux, le renforcement des équipes de santé villageoises, l'augmentation des crédits et l'autonomie de gestion.

Le gros problème est celui de la formation du personnel médical et paramédical. A l'heure actuelle, 120 médecins et spécialistes au titre de l'assistance technique (Belges, Français, Allemands et Chinois) et 20 médecins Nigériens sont en service à travers le pays. Mais une école des Sciences de la Santé intégrée à l'Université, et deux autres écoles à Niamey et Zinder se chargent de la formation de médecins, infirmiers et sages-femmes d'état.

HYDRAULIQUE HUMAINE ET PASTORALE :

Dans un pays où les pluies ne tombent que pendant trois mois de l'année...(les bonnes années !...) et ne dépassent que rarement 700 ou 800 mm dans les régions les plus favorisées, l'utilisation rationnelle des ressources en eau constitue une nécessité vitale. Or, le Niger dispose d'un important cheptel (environ 13 millions de têtes) et d'une population estimée à 4.972.000 habitants répartis dans 9.000 villages.

Si les animaux trouvent à boire dans les nombreuses marres permanentes ou semi-permanentes pendant quelques mois de l'année, il n'en est pas de même pour les humains. Selon le Président KOUNTCHE lui-même, le Niger enregistre à l'heure actuelle un déficit de 1.900 puits.

#### SITUATION ALIMENTAIRE :

Depuis l'apparition de la sécheresse dans les années 70, le Niger n'a cessé d'enregistrer des déficits vivriers. Ainsi en 1973 à 74 et 75, seule l'intervention de la Communauté Internationale a permis de juguler la famine qui s'était installée.

En 1976, le déficit estimé à 200.000 tonnes fut de nouveau aplani grâce notamment à une importante campagne d'achat de céréales des autorités nigériennes. Cette année, le déficit n'est que de 50.000 tonnes, et malgré tous les cris d'alarme lancés par le gouvernement nigérien aussi bien que par les organismes d'aide aux pays du Sahel, le Niger n'a reçu que 25.000 tonnes à la date du 3 mai. Ceci a amené le Président Kountché à déclarer début mai avec amertume : "En politique, l'honnêteté et la sincérité ne paient pas". Il venait de constater que certains états ont reçu déjà une aide alimentaire qui dépasse largement leurs déficits, alors que le Niger qui a eu l'honnêteté de déclarer son déficit réel n'a pas encore reçu la moitié de ce qu'il espérait.

#### GOUVERNEMENT :

Chef de l'Etat : Lieutenant-Colonel Seyni KOUNTCHE depuis le 15 avril 1974 date à laquelle il renversa le régime de Diouri Hanani marqué par 15 années d'injustice et de corruption.

Le Gouvernement (16 membres) est composé à majorité de civils : 11 civils et 6 officiers dont le Lieutenant-Colonel Kountché lui-même qui détient le portefeuille de la Défense.

#### POLITIQUE ETRANGERE :

Les principes de la politique du Niger sont :

- Le non-alignement
  - La coopération dans le respect de la souveraineté nationale.
  - Le refus de toute alliance militaire ou nucléaire.
  - La consolidation des liens avec les pays voisins et de la région pour la construction d'une Afrique politiquement unie et économiquement solidaire.
- .../...

- Le respect absolu des chartes de l'OUA et de l'ONU. Il n'est pas superflu de dire qu'aujourd'hui le Niger est très écouté et respecté sur la scène internationale. Ceci parce qu'il pratique une diplomatie qui repose essentiellement sur le développement, débarassée de toute idéologie, et parce qu'il sait parler le langage de la vérité du Réalisme.

C'est ce réalisme qui l'a poussé à s'ouvrir à l'Est et à étendre le cercle de ses amis. C'est aussi ce réalisme qui l'a poussé à rechercher une coopération toujours plus étroite avec les pays arabes voisins ou lointains avec lesquels il partage la même foi, la même religion.

#### L'AIDE EXTERIEURE :

Le Niger n'a jamais reçu autant d'aide que ces quatre dernières années. La sécheresse y est sans doute pour quelque chose, mais il faut aussi y voir une sorte de caution de la Communauté internationale au niveau du régime dont la crédibilité est certaine.

Les principaux pays et organisations qui apportent leur aide au Niger sont : la France, le Canada, la RFA, les USA, la Belgique, la Grande-Bretagne, l'Arabie Saoudite, la Chine, le PNUD, la CEE, et plusieurs pays arabes.

L'aide française demeure de loin la plus importante. EN 1976, l'aide française s'est chiffrée à 41,143 millions FF, sont allés pour 22,229 millions au développement rural (programme de relance de la culture arachidière, mise en valeur du fleuve Niger, reconstitution du cheptel, etc...), 10,240 à l'infrastructure, 1,170 à la santé et 7,324 à l'enseignement et la formation.

Au 1er mars 1977, les effectifs de la coopération étaient de 410 agents, dont 272 dans l'enseignement et la formation et 138 dans la coopération culturelle et technique.

#### AUTRES PAYS ETRANGERS :

La récapitulation de toutes les aides extérieures publiques reçues par le Niger n'est pas possible et nous citerons

.../...



seulement quelques sources : la Chine, la Libye, la BADEA, la BAD, etc. Les engagements du IIIème FED s'élevaient au 31 mars 1975 à 46,947 millions d'unités de compte, dont 37,225 millions pour les investissements (modernisation de la route Niamey-Zinder, développement rural etc...).

Les engagements du IVème FED (Convention de LOME) s'élèvent pour 1975 à 47,112 millions d'UC, dont 12?798 ont déjà été payés.

-----

SEMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSECRE A LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ELEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES  
NIAMEY, NIGER, 12-17 FEVRIER 1979

C.I.E.H.  
COMITE INTERAFRICAIN  
D'ETUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.  
CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE A  
LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

---

CIFH/CEF/Sem.7/INF.9  
Niamey, le 10 Février 1979  
FRANCOIS

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

CALENDRIER DE TRAVAIL

LUNDI 12 FEVRIERMatinée :

- Accueil des participants,
- Enregistrement,
- Remise des documents.

Après-midi :

16 heures Séance d'ouverture.

Suspension.

16 heures 45 Reprise des travaux :

- Election du bureau,
- Adoption de l'Ordre du jour,
- Conférence introductive sur les objectifs du Séminaire.  
Monsieur MANUELLAN, Ministère de l'Agriculture/  
FRANCE.
- Présentation d'un document introductif CIEH-  
CEFIGRE.

18 heures 30 Suspension de séance.

MARDI 13 FEVRIER

Matinée : "LES CONTRAINTES PHYSIQUES ET TECHNIQUES".

9 heures Conférence de Monsieur YAYA, Directeur au C.I.L.S.S.

Débat.

10 heures 15 Pause.

10 heures 30 Contributions des Etats.

11 heures 45 Communications Techniques.

12 heures 30 Suspension de séance.

Après-midi : "L'HOMME ET LA MISE EN OEUVRE DES PROGRAMMES".

15 heures Conférence de Monsieur le Professeur POATY,  
Directeur des Ressources Humaines au Ministère du  
Plan du Congo.

Débat.

Communication du CEFIGRE par Monsieur VALIRON,  
Administrateur délégué,

16 heures 15 Pause.

- 16 heures 30 Contributions des Etats.  
 17 heures 45 Communications Techniques.  
 18 heures 30 Suspension de séance.

MERCREDI 14 FEVRIER

Matinée : "PLANIFICATION ET PROGRAMMES A LONG TERME".

9 heures Conférence de Monsieur ALOUINI, Directeur du Génie Rural au Ministère de l'Agriculture de la Tunisie.

Débat.

10 heures 15 Pause.

10 heures 30 Contributions des Etats.

11 heures 45 Communications Techniques.

12 heures 30 Suspension de séance.

Après-midi : "LA POLITIQUE DE L'EAU"

15 heures Conférence de Monsieur Paul Marc HENRY, Ministre Plénipotentiaire.

Débat.

16 heures 30 Contributions des Etats.

17 heures 45 Suspension de séance.

Réception du Gouvernement du Niger au Musée National.

JEUDI 15 FEVRIER

Matinée : "TECHNOLOGIE ET EXPERIENCES PILOTES"

9 heures Conférence de Monsieur YALLA, Ingénieur des Forêts au Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et de la Mise en Valeur des Terres de l'Algérie.

Débat.

10 heures 15 Suspension de séance.

10 heures 30 Contributions des Etats - des Organisations et des Organismes Internationaux, Intergouvernementaux et Nationaux.  
 Communication du C.I.E.H.

- 11 heures 45 Film.  
Débat.
- 12 heures 30 Présentation de la Visite Technique par Monsieur  
HASSIEN, Directeur de l'Hydraulique du Niger.  
Suspension de séance.
- Après-midi :
- 15 heures Visite Technique.

VEUDREDI 16 FEVRIER - ATELIER DE SYNTHESE

- Matinée : "ORGANISATION DE L'INFORMATION ET DES ECHANGES".
- 9 heures Conférence de Monsieur ZIEGLE, Conseiller du PNUD à  
l'UNESCO pour la Recherche et les Ressources  
Humaines dans les pays du Sahel.  
Conférence de Monsieur VAN DOINE, Directeur du  
Centre International de Référence.  
Débat.
- 10 heures 15 Suspension de séance.
- 10 heures 30 Reprise des Travaux :  
- Débats - Synthèse.
- 12 heures 30 Suspension de séance.
- Après-midi : "FORMATION ET ETUDES".
- 15 heures Conférence de Monsieur Ivan CHERET, Président du  
CEFIGRE, Premier Secrétaire Général du CICH.  
Débat.
- 16 heures 15 Pause.
- 16 heures 30 Reprise des débats.
- 18 heures 30 Suspension de séance.

SAEDI 17 FEVRIER - SEANCE DE CLOTURE

- Matinée :
- 9 heures
- 11 heures 30 Séance plénière. Présentation et adoption du  
rapport final.
- 12 heures Séance de Clôture et communiqué final.

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ CONF.1

30 January 1979

ENGLISH

Original : FRENCH

**LIBRARY**  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

Sub-theme I : First workshop

PHYSICAL AND TECHNICAL CONSTRAINTS

Introductory note

YAYA IDRISSE  
CILSS (Permanent Interstate  
Committee for Drought control  
in the Sahel)  
Ouagadougou, UPPER VOLTA

## INTRODUCTION

The International Seminar of Experts, organised by I.C.H.S. and CEFIGRE has chosen for its theme : water policy for agriculture and stock breeding in arid and semi-arid zones.

The object of the present note is to act as an introduction to the first part of sub-theme I ; it discusses the physical and technical constraints relating to control, harnessing and management of water in arid and semi-arid zones.

According to UNEP, at the present time, arid and semi-arid zones constitute one third of the land surfaces of our globe, and shelter more than 15 % of the global population.

On the African continent, nearly 50 % of the land surface are classified as arid and semi-arid zones.

History has taught us that the greater part of these arid zones have previously been the site of large human civilisations which have founded their economic, social and cultural development on the control and harnessing of water resources.

Because of this, it seems paradoxical that, at the present time, the control of water resources in arid and semi-arid zones presents physical and technical restraints particularly difficult to resolve.

In reality, past experience has been disregarded and modern techniques developed in and for use in temperate zones cannot be adapted to arid zones. The problem must be re-evaluated from first principles.

Physical and technical restraints which hamper the control of water will be described more precisely and in more detail in the contributions of different participants. It will be here a question of recalling the main constraints as an introduction to the debate and to this end it is proposed to analyse these constraints in three stages :

- a) the evaluation of water resources,
- b) the estimation of water requirements, notably for agriculture and breeding,
- c) the definition of work to be undertaken, choice of equipment, maintenance.

### A - EVALUATION OF WATER RESOURCES

#### 1) Atmospheric water

The principle characteristic of arid zones is the small quantity, even the absence of rain during the year.

With reference to the Sahelian zone, the sub-divisions are as follows :

- less than 100 mm per year in desert zones,
- 100 mm to 250 mm in the sub-desert zone,
- 250 mm to 600 mm or 700 mm in the Sahelian zone.

For the Sahelian zone, the main difficulty is due above all to the variations in time and space of the rainfall.

A meteorologist, slightly cynical, but knowing the Sahelian climate has said about this rainfall :

"Rain in this zone is characterised as follows :

- a) rain is normally seasonal,
- b) it increases in quantity from the North to South,
- c) one should not rely too much on a) and b)."

In addition to this large variation, other climatic conditions tend to discredit the collection, by modern techniques, of basic data relating to water control projects, it is a question of among others :

- the high annual temperature, large differences in day temperature and above all the annual evaporation. Estimated between 1600 mm and 2000 mm on average, the annual evaporation can reach 4000 mm in certain places. This rate of evaporation is by itself an important handicap when designing dams ;
- the short duration of the rainy season. Referring always to the Sahel, this season lasts three months at the most. Thus, only a small range of vegetables can be cycled in such a short period of time. Besides, where underground water does not exist, it will be a question of accumulating water for more than 9 months without restocking.
- The sudden and unpredictable rainfall makes it very difficult to evaluate characteristics such as : the yield of a basin, exceptional floods, etc...

## 2) Surface waters

The hydrological network of arid zones is the reflexion of the rainfall pattern more or less accentuated, according to the topography and type of soil.

This hydrographical network is characterised above all by a deterioration in space (from one point to another in the water course) and in time (from one year to another).

The main reasons are as follows :

- big floods of short duration,
- generally, almost level surfaces which favour stagnation and exceptionnal evaporation,
- erosion, especially aeolian, changes the network from one season to the next.



In these regions, the limits of the basin are unsteady.

In this connection, the publication of ORSTOM entitled "Evaluation of the annual flow in tropical African Sahel" is certainly an important guide for project-makers in the Sahelian zone, but it shows equally how far we are still from the minimum conditions required according to normal classical hydrology.

### 3) Underground water

Apart from water resources from aquifers dependant on rainfall, as exceptional and unreliable as these are, the arid and semi-arid zones usually contain important reservoirs of deep underground water.

These large underground tables on which more and more information is available, have three principle disadvantages :

- a) the great depth of the water tables : their top level is at more than 100 m and generally, as far as the water tables of the Sahara are concerned, the level is below 500 m.
- b) the smallness, even the absence of new water supply to these water tables. Thus, apart from an extensive study, it is not reasonable to base a long term economic and social development on these tables.
- c) the concentration of mineral salts in these water tables makes it difficult to use them for agriculture and breeding purposes.

## B - ESTIMATION OF WATER REQUIREMENTS

### a) for agriculture

Agriculture dependant on rainfall is only possible in the wettest area of the arid zones, in the case of the Sahel in the South.

Because of the great changeableness of rainfall and of the inadequacy of the existing means of observation, the true conditions of production dependant on rainfall in arid zones are little known at this time.

In the case of our Sahelian region, the state of knowledge in this field, achieved by the studies of I.C.H.S., entitled "The use of water resources and soils in savannah areas", leads one to believe that the varieties of plants best adapted to these conditions are those which the local people have themselves used for centuries.

However, catastrophies resulting from the last years of drought encourage us to look for better results either by the expedient of using more productive plants or thanks to a better understanding of the climate and its relationship with agricultural produce.

For the Sahelian zone, this last aspect is the main objective of the Programme of agro-meteorology and hydrology operational in the Sahel, a programme in course of implementation in collaboration with CILSS (Permanent interstate committee for drought control in the Sahel) and WMO.

Normally, agricultural production is only possible in arid zones with the use of irrigation.

Ancient methods of irrigation still exist in nearly all the arid zones. These methods very often represent an example in the field of economy of water and of pursuit of harmony with the environment. But these methods are limited, especially as regards scope and growth of productivity of the cultivator.

Besides, newly irrigated areas do not always come up to expectations as, apart from irrigation techniques badly conceived, which are used in the majority of new projects, it seems to us important to point out, above all, the wrong choice of plant varieties grown in these areas.

In effect, modern research in this field has always favoured the most productive varieties using maximum quantities of water. Rice is a striking example.

It is on these suppositions of maximum water requirement that projects are realised even in arid and semi-arid zones.

In our opinion, for arid zones, research should be directed towards improving resistance to drought of the plant varieties and to look for plants having a reasonable degree of productivity with a minimum of water requirement.

#### b) For breeding

The considerable capacity of livestock to adapt itself to the environment in arid zones, is common knowledge : in particular, it is known that this cattle can exist for long periods without water.

That does not stop our project-makers in the field of water supply for pastoral purposes from using as basic criteria, units and a watering rhythm unrelated to the experience gained with livestock in arid zones.

Besides, because of migration normally practiced in the arid zones the sphere of influence of a hydraulic project for watering cattle is very often under-estimated. After the construction of the work, shepherds originally very far from the water-supply point could concentrate there temporarily and accelerate the damage to the pasturages, even over-exploite the work and equipment.

### C - DEFINITION OF THE WORK, CHOICE OF EQUIPMENT, MAINTENANCE

In order to define the principle characteristics of a hydraulic project in arid zones, the main difficulty lies in the absence of basic data for the calculations.

This lack of basic information is due :

- a) to the historical shortage of observation networks in the majority of the arid zones,
- b) to the inadequacy of the network for data collection or to its unsuitability for the job in hand because, at best, the network has been conceived and realised according to climatic norms very different from those in the arid zones.

Referring to Sahel, the meteorological observation network has been designed for purposes of aerial navigation, whereas the most ancient hydrological network was born and has been extended in step with the growth of the colonial conquest.

On the other hand, the sizing of the project to justify it economically is always discountenanced because of the following factors :

- a) the exceptional annual evaporation ; in zones where this evaporation reaches 2 m annually, to exploit a slice of 1 meter of water per annum, it is necessary to build a dam of at least 3 m in height (Example of small earth dams in Upper-Volta) ;
- b) the characteristics of exceptional floods : in the construction of a small earth dam, the outfall works itself absorbs more than 50 % of the total cost.

As far as deep boreholes are concerned, in spite of the progress made, thanks to the petroleum wells, the length of life of water boreholes is at present little known. Now, this length of life is essential to the estimation of production cost.

Other characteristics of deep underground water (temperature, mineral content) pose additional problems from the technical and financial points of view.

The building of a project in an arid zone presents two other factors which generally are overcome by a considerable increase in investment.

- a) arid zones are generally enclosed from every point of view,
- b) lack of water for project requirements leads to the choice of either a technology requiring very little water, or to have the water transported over great distances ; in both cases, an abnormal increase in cost results.

As far as equipment is concerned, it is often made in places far removed from the spot where they are to be installed, the transportation aspect is in itself a considerable handicap.

In addition, this equipment, in effect, constitutes an attempt to adapt a working stock suitable for different climatic zones, to arid climates.

Even for equipment especially intended for arid zones, such as for example the solar pump, lack of experience on site considerably delays its use and popularization in the best economic and social conditions.

The obsolescence of plastic pipelines is another example of the unsuitability of modern materials conceived for climatic conditions different from those in arid zones.

The maintenance of works and equipment will have to take three factors into account :

- the lack of sufficiently qualified technical personnel from local sources,
- the difficulties of communication inside arid zones,
- deterioration due to the climate of works and equipment.

#### CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The control, harnessing and management of water in arid and semi-arid zones present at this time a considerable number of constraints, physical and technical, very difficult to resolve and in the majority of cases, these problems are not resolved in a proper fashion.

The principal causes can be summarised :

- lack of information about conditions relevant to the arid and semi-arid zones (climate, vegetation, other natural resources),
- the inadequacy of modern technology to current problems.

When considering the major problems to be resolved by I.C.H.S. and CEFIGRE, we think that the true solution to this question lies in the change of mental attitudes, by adequate training of personnel involved, to the exploitation of water resources in arid and semi-arid zones.

To this end, three methods seem to us to be desirable :

- a) the review and analysis of early techniques employed in the control of water in arid and semi-arid zones with a view to exploiting those which seem to be the best adapted to the present time;
- b) the revision of study and research in this domain, in order to have these directed towards practical research on the spot, with the object of satisfying essentially the basic needs of the arid zones concerned;
- c) in all countries comprising arid zones, the reforming of the programmes of training centers, at all levels, in the sphere of water control, to give techniques adapted to arid zones important consideration.

UDRAC  
International Reference Centre  
for Community Development

CONFERENCES

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ CONF.2

2 February 1979

ENGLISH

Original : FRENCH

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

PROJECT OF INTRODUCTORY REPORT ON

INFORMATION AND EXCHANGE

---

Louis ZIEGLE  
Counsellor to UNDP in the field  
of research and human resources  
in Sahelian countries  
UNESCO  
Paris, FRANCE.

Mr. ZIEGLE's LECTURE

WORKSHOP ON INFORMATION AND EXCHANGE

PLANS OF INTRODUCTORY REPORT

PRELIMINARIES :

- 1.1. For those countries participating in the seminar whose territories lie in the arid or semi-arid zones, ideas about exchanging information and experience concerning water policy, rest on general concepts.
  - that water management and land management are strictly integrated.
  - that any policy concerning water for agricultural use and stockrearing cannot be elaborated or put into practice outside the more general context of rural development as a whole. These objectives reach far beyond increasing production and productivity. They also include social objectives, one of the most important of which is the peasant's participation in the work of development in the long run by a transformation of systems of production.
  - also, the objectives concerning the preservation of the environment, according to each ecological zone under consideration.
  - National strategies of exploitation, as far as the use of natural resources is concerned, are dominated by the problem of water. But these strategies, which take into account the physical environment, social context and financial means available, are, of necessity, different from country to country. Consequently, there exist many different operational models, depending particularly on the type of objectives set for food supply, the priority accorded to those objectives, and the amount of benefit brought to the national economy by the cultivation of crops.
  
- 1.2. The underlying theme has for its main aim the horizontal transfers of acquired knowledge and technology.  
In order to identify concrete methods and to promote or facilitate the implication of these transfers of information, three aspects are to be considered : the network or circuit of the exchanges (geographical aspect), the actual content of the exchanges (substantial aspect) and the practical conditions of the exchanges

(organizational aspect). Such exchanges imply that the interested parties should be willing to co-operate on both political and technical levels. This willingness is borne out by the participation of a great number of States, as well as regional or subregional groups which have been economically or politically inspired (and many of which are represented at this seminar). Also, specialized training institutes have been set up and studies carried out with regard to certain groups of countries. But political good will alone is not enough. The practice of exchanging information must be inspired by its own dynamic (pressure from those having experience to spread that experience ; interest of those countries who stand to benefit from this spread of information).

For this dynamic to take hold, whether between different countries or in the context of one network, a choice must be made as to the form and content of the transfers, and this choice must be a selective one.

From this point of view, which, then, are the "holes" in the existing structure to be filled in, either by reinforcing present structures or creating new ones ?

1.3. All systems of water management implicate three components :

Techniques : scientific knowledge about resources and their use in ecosystems and defined systems of production, corresponding technologies, etc ...

Instrumental procedures : legal and economic procedures, adjusted not only to the institutions and financial resources, but also, in the developing countries concerned, to the socio-cultural realities which, in the domain of the use of water, are often influenced by centuries and tradition.

Men : not only the planners and directors, but also those who actually carry out the plans, for at present the manpower potential in many countries is still limited in this field.

Training is also an obvious factor to consider with regard to work policy.

Practical considerations make it necessary to split up into sectors, the information between these three components.

1.4. The horizontal transfer of technologies between countries of comparable levels of development implies, as for the vertical transfer, the users transposition of imported techniques according to the objectives of his own situation, and the constraints to which he is subjected.



The user must have an active and innovating attitude which is firmly based on a true and realistic evaluation of any experience which is transmitted to him. This is particularly necessary, even fundamental to the rational management of water resources, where many factors must be considered before making a decision. (see above 1)

- from the point of view of information and data : the promotion of exchanges between countries will not be effective unless each country, or national organization, has at its disposal a thorough knowledge of given facts about its own situation and its own problems : implies incentive and support at a national level to the organization of bodies instrumental in carrying out water policy.
- the diffusion of techniques or procedures by those who (at a national or regional level) hold this type of information, must go hand in hand with the diffusion of information pertaining to national situations and problems. Thus, there must be a two-way flow of information, in order to get a mutual knowledge of needs and possibilities.

REGROUPING OF COUNTRIES' HOMOGENOUS ZONES, TO ENCOURAGE THE TRANSFER OF KNOWLEDGE AND EXPERIENCE, TRAINING AND STUDIES, ON THE SUBJECT OF THE MANAGEMENT OF WATER RESOURCES

- 2.1. The problems posed by water in countries of the arid and semi-arid zone concerned, have certain characteristics in common. These characteristics result from :
  - natural conditions : rainuage, agroclimatology, the hydrogeology of surface water and ground water, an agro-silvo-pastoral balance which is threatened, etc...
  - the socio-economic situation : the importance of the pastoral way of life in the rural economy, the low income of the peasants, the limited supply of local food crops, difficulty of transportation, the variety of cultural traditions of widely dispersed populations, etc ...
  - the trends of rural development policy : objectives of improving standards of living and health, the amount of importance given to peasant participation, the search for a balance between the cultivation of cash crops and cultivation of food crops.
- 2.2. However, there are great variations. The superintendence of water poses different problems in the arid and the semi-arid zone, in the zone of the Soudan, in the Maghreb, in continental regions and coastal areas.

2.3. Practical points :

The aim of grouping countries into "homogeneous" zones is :

- to achieve greater efficiency in training, diffusion of information and studies, whose choice of subject matter will correspond to the specific needs of a limited zone.
- reciprocally, and if the "point of entry" of actions carried out and imposed by methodological considerations, is on a definite subject, this will enable participants for a training course or seminar to choose institutions which aim specifically to deal with one category of information or field of study.

2.4. The main advantage of this approach is that it makes the most of material resources used to take an extreme example that of the diffusion of the results of applied research. Judging from a realistic point of view, one would rather see a diffusion of information directly to the managers and specialists in the zone where those results were applicable, than a costly and inefficient general diffusion of information.

2.5. Method :

In this perspective, the organization of countries into groups or subgroups depends on the generality of the subject matter of the exchanges or training under consideration.

In any case, a country or a region of that country may belong to several groups at once. A systematic methodology for identifying the groupings will necessarily be based on a combination of criteria ; it will be a question of organizing a hierarchy and weighing up between the various criteria involved.

2.6. As far as water resources are concerned, the "point of entry" is the dividing up of zones according to raienguage. In the arid zones (defined as 250 mm. below the isohyetal line) only certain special hydrological conditions permit human settlement ; (apart from sites of mineral extraction, where water is brought in at huge expense). In the semi arid zones, water (surface water or ground water) is not only limited resource to take into account.

From the point of view of natural resources, the approach must be an ecological one integrated with, notably the aptitudes of the ground (depth, water regime), surface vegetation whether it is raised or not, the distribution of pastureland, the availability of energy and whether this is conventional energy or not (solar, wind-borne).

As far as water is concerned, we will have to consider at least : the distinction between regions where substratum is cristaline, and hardly permeable, and where it is sedimentary, and permeable.

The existence or non existence of rivers and allogenic water courses which alter conditions of deciding the best way to make use of irrigation (great projects concerning the development of basin irrigation).

2.7. From the point of view of the socio-economic situations, a distinction must be made between general conditions of rural development, considered as a part of national development (for example the level of urbanization and industrialisation, and revenue, notably that coming from exportable resources. Also, the relative size of the rural population in the demography of the country as a whole) and the specific conditions of regions with different ecosystems (various systems of ownership in traditional cultures, systems of exploiting the environment, and, in particular, various forms of pastoral life. Also to be considered are the conditions pertaining to health and epidemiology). At the level of the synthesis in question, the analysis of social conditions is linked with that of economic conditions.

2.8. The trends of development policy and the constitution of rural life are equally elements to be taken into consideration. Water policy is intimately connected with rural development policy. The latter is dominated by certain options in the matter of : agricultural prices (for cash crops or food crops) cooperative systems at the level of village collective organizations. All these factors play an essential role in decision making.

#### 2.9. Further aims

The definition of homogeneous groupings holds an interest which goes further than the merely practical. It constitutes a study which allows :

- the identification of common problems
- the enrichment of mutual experience through the comparison of summary analyses of political situations and trends which are made in the context of the same methodology.
- to bring out, not only the similarities but the differences.

This last point is important for future trends in training, and in the use made of information exchanged. It provides the elements for an assessment of how far the content of training and actions undertaken are relevant to the needs of the users.

2.10. Groupings which already exist :

Existing groupings between countries or zones of common interest are already facilitating the circulation of information and experience, and the orientation of training towards specific ends.

The large basins pertaining to rivers and lakes constitute hydrological units and are the objects of interstate organizations (OMVS ; CBLT ; CFN, etc ...) These hydrological units however, do not necessarily constitute ecological units. The most obvious case being that of the river Niger. Homogeneous zones, for a theme yet to be decided, thus redefine their perimeters in such a case.

The eight countries of the Sahel which have been most affected by the drought are grouped into the interstate committee (C.I.L.S.S.). They have assigned themselves common objectives regarding food supply, and have elaborated a detailed strategy of rural development with the aim of reaching these objectives.

This strategy implies common trends in water policy : important plans to equip the territory ; the restoration of irrigated perimeters ; use of land for irrigated cultivations and pluvial cultivations ; the importance given to the management of water points in pastoral zones.

Concerning water for agriculture, certain agricultural zones exist which, although disjointed, can feasibly be considered as homogeneous the case of rice cultivation, or (more rarely 'rizipisculture') In West Africa these zones are handled by A.D.R.A.D. (WARDA) in the case of the Saharan oases.

2.11. Within political and technical organizations whose activities include water policy, there exist networks of communication and information exchange. It goes without saying that each of these organizations works with its aim particular approach, and this must be taken into account when considering the definition of homogeneous zones for different themes.

2.12. Basic materials

At the level of the synthesis with which we are concerned, basic materials abound : on natural resources we have specialised maps dealing with certain themes (BRGM's synthesis on water bearing layers in West Africa, ORSTOM, the international programme of O.M.M., F.A.O., U.N.E.S.C.O. on agrometeorology, surface vegetation, etc...)

A lot of the works are recent, having come out in response to the droughts of the past few years and their human consequences. There exists equally an abundance of maps and plans of social and economic characteristics.

The fact that we have as yet no collation of data applicable to the areas concerned as a whole, should not present an insurmountable problem, at least if the aims are limited to a study seeking the definition of homogeneous zones, (the objectives for which have been set out in paras. 2.3 and 2.9.).

2.13. The reflexion will make reference to themes grouped along 4 axes.

a) 'The evaluation of water resources'

- regional data banks
- reconnaissance techniques (e.g. hydrological measurements, photo interpretation ; ground techniques such as drillings)
- a synthetic approach to resources/needs (operational research in the domain of water).

b) Planning of use of water resources

- water as a factor in planning out the territory
- norms of consumption
- water as the factor chosen to be of a nature for optimum productivity.

c) Techniques of mobilisation

- examples : techniques of flood for casting ;  
of preparation of irrigation projects ;  
of analysis of social impact and consequences.

d) Management, Maintenance, Exploitation

- water legislation
- external financing
- vulgarisation popularisation and participation of the users in the preparation of projects.

## CONTENT OF PILOT EXCHANGES AND EXPERIMENTS

### 3.1. The exchanges take effect on 3 levels :

- knowledge - general information diffused in the conventional form thanks to systems of documentation and diffusion.
- the experiences and experiments - these incorporate into multidisciplinary fields of knowledge, an appreciation (if not an evaluation) of results obtained. These results, obtained in the field, describe certain particular situations. According to the objectives set, the experiment can be regarded as more or less 'satisfactory'.
- Pilot or model experiments - these are experiments which have been conceived (in the ideal) or accepted a priority by several partners. They are both followed up and evaluated in order to answer a gamut of questions of common interest.

### 3.2. In a domain as complex as water policy for rural development, the circuits of circulation of messages and the population at whom the diffusion is aimed are not always identical at the three levels.

The difficulties specific to communication between those countries in the arid and semi-arid zones must be taken into account:

- purely material difficulties (delivery and the increase in documents)
- difficulties resulting from the lack of specialized personnel (which almost always result in an increase in work for those who are qualified and a small division of scientific and technical work among the research assistants, designers and planning officers, etc...)
- difficulties in capitalising experience, due to the compulsory mobility of this limited personnel.
- lastly, difficulties of language in those zones which include French speaking, English speaking or Arab speaking countries.

### 3.3. Regarding the documentation and diffusion of knowledge

Recorded in scientific or technical publications, equipped institutions exist and cover large groups of countries ; the ideal aim would be to ensure the widest possible circulation as all the information on the resources and the techniques in management and administration could be of interest to the practitioner regardless of the 'homogeneous' zone with which it is specifically concerned. It is unlikely that we will be able to achieve this ideal.

3.4. The most realistic way seems to be the reinforcement of the existing institutions, both regional and subregional, for which the ICHS is a model, for the countries south of the Sahara, taking into account the grouping of the countries, due to their administrative and political structures. Thoughts could be directed on the following problems :

3.4.1. Efficacy of the documentary network, constituted by each institution which is taken into consideration ; it is a question of adjusting it as far as possible to the real needs of its users. Without mentioning the different aspects of the technical documentaires concerned (these appear in the papers, notably those of the ICHS) the importance of documentary syntheses should be underlined, noting periodically the progress made in the different specialised subjects. The organisations which cater for both research and documentation (ICHS large reservoirs, specialized cultures) are well placed to deal with this.

3.4.2. The development of networks in the framework of 'homogeneous' zones. Much remains to be done in this respect. In one zone currently 'homogeneous' like the sahelian zone-and in spite of all efforts made-partitions persist. We have looked for technical solutions which would make the exchanges easier-for instance, the documentary systems of OMVS and CFN are exactly identical. The Sahel institute has, as one of its projects, a "turning plate" ensuring the coordination of all attempts in exchanging information and directing the users towards the institutes which correspond to their needs. But the communications between zones which do not have common institutions and which result in a political cooperation between governments, remain disorganized. An improvement in these conditions is worth studying.

3.4.3. The deployment of regional and subregional networks with foreign networks. This problem has several facets :

- on the one hand, the influx of information coming from the developed countries (national and international organizations, assay offices, etc ...) is important and indispensable to the progress of knowledge and practice ;
- on the other hand, the past history regarding the methods of foreign aid and the relative poverty of the countries result in a peculiar situation.

Much of the information on the countries themselves come from extra-regional organizations where it is easier to obtain them than in the respective countries (e.g. maps)

Lastly - and especially in the area of water resources - certain technical areas (e.g. industrial pollution) are relatively less important to the zone and hinder the network. A compromise should be found, on the basis, of selective criteria which leads us again to the characterisation of 'homogeneous' zones in certain fields.

3.5. When one deals with documentary exchange, one has a tendency to think mainly about the facts of natural resources, technology, and economical facts ; but, institutional, legal and especially sociological facts are also essential together with those which relate to the policies on rural development. The documentation and the corresponding information are national and it should be so, because estimations are necessarily connected to it. If a certain point of view is acceptable, the exchange of information between countries should be particularly concerned with this field : to enrich the information and at the same time to avoid a ricochet by the extra-regional organizations which are badly placed to analyse it or to select it. This remark also applies to the exchange of practical experiences acquired on special assignments.

### 3.6. Exchanges of experience - general aspects

The exchange of experience divide into three groups :

- exchanges made on specific subjects classified, for example, according to paragraphs 1 - 2 - 3
- exchanges made on projects or national programmes, dealing with all or part of the possible themes, in the framework of a perimeter or a limited geographical area (preparation of a valley, irrigation of a zone destined for a particular form of farming, sanitization for the struggle against epidemics etc ...)
- exchanges on regional point of great importance, at the beginning of a job, in each country, of the principles in method commonly used : projects in the struggle against deserts, the "green-belt" etc

It seems that the exchange of experiences is the most fruitful procedure on the condition that it occurs among the most-informed practitioners (ideas, planning, execution). They allow a dynamic and comparative analysis to take place of the solutions to the respective problems in the correct environment.



- 3.7. The assembling of the results of past experiences should play a more important part than it does in the exchanges. The basic ideas and the methods (systems analysis) on which the politics of water are based are relatively recent. But, in the past, those responsible had to cope with similar problems with worse methods, with less perfect analytical tools and different technologies - especially in the field of the social impact of the projects. One is stuck for instance, by the fact that besides the large new hydro-agricultural projects, the preparatory programmes include a large number of "restoration" projects of existing perimeters, large or small (Nigerian office) - This goes to show that certain experiences are negative. There are cases where the lack of funds explains the failures but an insufficiently extensive study, which would allow for new knowledge or new methods of investigation, is often the cause. (is often responsible)
- 3.8. The choice method for promoting and directing the exchange of experiences is the seminar, prepared, if necessary, with case histories. The choice of homogeneous zones then comes into its own and constitutes valuable food for thought.
- 3.9. An exchange of experiences is already in practice in ICHS, thanks to the meeting of the specialists. These meetings or ad hoc seminars, in the matters not actually considered, are to be encouraged : this method has the advantage of creating informal personal relationships, as does a common training which is equally important. It is obvious that the exchange of experiences forms a sort of continual training which, therefore, must be connected to the original training by courses and classes.
- 3.10 A certain number of informal channels for exchanging experiences exists - for instance, direct and bilateral relations between institutions, the exchange of reports, technical contacts (notably abroad or by professional associations) which, in fact, play an important role. One would need to look into how to evaluate them. - "compling" of institutions : a far greater mobility assured for personnel (especially for those responsible actually - in the area -) to make contact with a project outside their country ; a systematic circulation of records comprising the results and evaluations.

The necessary basic requirements are :

- a precise subject - generally accepted for each 'homogeneous' zone
- a list of the main recent 'experiences' or those in progress, which is quite easy to do : notably the geographical division of a certain number of projects, known to the specialists but not recorded in a precise enough manner.

### 3.11. Pilot schemes :

In the strict sense of the term, the pilot schemes directed towards agricultural development, deal with limited areas and are aimed at accurate studies of the specific perimeters of that area (soil; water need of plants, the effectiveness of the water distribution and the exploitation of the water, etc ...) with the aim for instance of the maximum usage of the ground within the framework of a definite exploitation system. Thus, worded, their predetermined relatively limited zones restricts their productiveness. All the large national projects, notably those for the growing of cereals or for diverse food crops foresee pilot schemes of this nature. They bring about more methodical and scientific results of vital importance, of use in larger areas than the systematic study of "homogeneous zone" if it is sufficiently modulated, can foresee.

3.12. The diffusion of the results as soon as they are acquired and according to a predetermined schema of distribution has, therefore, definite advantages. The compilation of a catalogue of these "pilot schemes" should be drawn up for each group of countries. As it is a matter of scientific results of great importance, the distribution zone can be larger than the ecological zone or the reservoir concerned and interests all arid and semi-arid countries.

3.13. Regarding the exchange between countries, the projects dealing with development areas, conceived to answer to the national needs can be considered as 'pilot schemes' but imitating the methods released by the regional or international scientific cooperatives. (PNUE, FAO, ILCA, Specialist Organizations, BRGM, ORSTOM, GERDAT working in a large area).

The projects are generally localized according to the ecological criteria. For instance, there is one for the pastoral zone in Sahel, connected to the research in agro-pastoral stability. They are especially interesting in view of their integrate nature.

- water : the relationship between underground and superficial sources, maximum diffusion of water supply points, the effects of building pits and dams, the recharge ratio of underground sources, usage of new energy for pumping.
- Interrelationship soil/vegetation : variations in initial productivity according to diverse probabilities.
- Breeding : zoological studies on the rational usage of flocks.

- socio-economical strategies : special attention to the attitudes of the population, from the inherited structures to availability of work, etc...

3.14. The ideal schema would almost certainly be that a certain number of operations in progress should be considered, by common agreement, as being 'pilot schemes' in the broad sense of the term ; which supposes that :

- a) a plan be established at least on the type of information or on the results they could have, which would interest the countries from specific zones.
- b) a periodic progress assessment be made and communicated to those expressing an interest.
- c) the principal of diffusing the results, whatever they maybe, be accepted by the country responsible.

- The assembled material would be of great value as case histories for use in training.

3.15. Foreign or international aid which is usually called upon to set up new projects (including the restoration of perimeters (a specially important case, since the past records are already known) would almost certainly attach a great deal of importance to this kind of approach and would facilitate this aid, because it is always preoccupied in stabilizing its expenses beyond the limits of a country.

3.16. The choice of 'pilot projects' (or pilot zones) even in the limited sense, nevertheless calls for a political decision. One must, therefore, think about the existing institutes who could, by their technical service or by their responsibility of general cooperation, preside over the necessary dialogue between countries.

#### APPENDICE - SUMMARY OF POINTS WHICH COULD BE THE OBJECT OF OPERATIONAL PROPOSITIONS

##### 4.1. Research

- 1/ Identification of 'homogeneous' zones and original 'homogeneous' zones/themes and all exchange subjects :

- in information
- specific experiences
- integrated explorations

2/ Printing on different levels on model projects

3/ Identification of operations in progress which are the object of a distribution process.

4.2. Reinforcement for existing institutions both regional and sub-regional

- capacity for assembling information
- diffusion potential
- synthesis

4.3. Reinforcement of systematic relationships between regional or sub-regional institutes with international institutes.

- previous studies
- mobility of personnel
- ways and means

4.4. Impulses with the aid of international assistance

- seminars/introduction of sub-themes exchanges of information
- courses /introduction of a element, exchanges of information and experience

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ CONF 3  
29 January 1979

ENGLISH

Original : FRENCH

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

PLANNING AND LONG-TERM PROGRAMMES

---

Mr. Khemaïs ALOUINI  
Principal Engineer  
Ministry of Agriculture  
Directorate of Rural Engineering  
Tunis, TUNISIA

## PLANNING AND LONG-TERM PROGRAMMES

The major anxiety of under-developed, developing or even developed countries, is to succeed in producing essential foods for their ever-increasing populations and to be self sufficient in this respect. This is the reason why agricultural development is essential. In a way it is a strategic "must".

Now, one of the main difficulties confronting agriculture today is certainly due to lack of water.

In Tunisia, a semi-arid country, (the greatest part of Tunisia receives less than 400 mm annually and almost half of the Southern part of the country receives less than 100 mm annually), the problem of water shortage has always assumed a special importance.

How, therefore, can these difficulties be overcome, and how can our resources in water and soil be exploited to the maximum extent in a methodical and rational manner.

Planning is the answer, as it supplies an instrument for examining the problem in depth. Therefore I will present in the first part of this paper "The planning and exploiting of soil and water resources in South Tunisia", and in the second part, "Long and medium term programmes" which derive from it.

### Master plan for the use of soil and water resources in South Tunisia

Once the results of the study of water resources in Northern Sahara, carried out by UNESCO between 1968 and 1972, were known, the Ministry of Agriculture established a master plan for exploiting soil and water resources in Southern Tunisia in the Gabès, Medenine and Djerid districts, an area of 85,000 km<sup>2</sup> (more than half the national territory).

The close, continuous and fruitful collaboration between experts in charge of this planning study and responsible officials of the Ministries concerned, conducted by the services of the district engineers of the Ministry of Agriculture has resulted in an integrated plan, which is an expression of the ambitious and generous policy to develop South Tunisia and to take advantage of all its potentialities in the 25 years to come.

The objectives being :

- to exploit all available supplies of water within the limit of an acceptable quality and cost of development ;
- to practice a policy of strict economy of water involving a campaign against wastage of all types and research into the best methods to ensure optimum use of each cubic meter ;
- to safeguard the ancient Oasis on more than 15,000 ha. ;
- to create nearly 9,000 ha. of new areas (namely an increase of 60 % of irrigated surfaces) ,

this plan foresees the realistic and flexible use of equipment.

This programme is based on :

- current knowledge of soil and water resources,
- existing agricultural production methods and their fitness for further change,
- an ability to finance in line with the economy drive in force since 1968 and which would develop in parallel with an increase of the N.G.P. of the order of 5 % annually between today and the year 2000.

Analysis of the current situation in South Tunisia envisages 4 systems for using water resources in four regions with the same characteristics

- Djerid
- Nefzaoua
- the region of Gabès
- the region of Jerba-Zarzis.

1) Agricultural system : this strategy aims at :

- the safeguarding of the ancient Oasis
- the rehabilitation of stock breeding
- the fight against desertification
- the development of modern agriculture based on fruit and fodder production.

2) Industrial system :

The industrial tendency is established at Gabès ; other less important developments are foreseen in the agricultural and food branches of industry.

3) Urban system :

Gabès is the most important area. Other centres will be Medenine, Tozeur, Jerba and Zarzis.

4) Tourist system :

4) Tourist system :

Including the Jerba zone, Zarzis, as well as Tozeur and Nefta areas.

Current water consumption is taken entirely from underground sources of which the principle are :

- the terminal complex widely used at Djerid and in Nefzaoua,
- the continental band, present but deeper and still unexploited at Djerid and in Nefzaoua, but used in the Chott Fedjej region,
- the water tables of Djeffara which supply the coastal strip.

Potential water resources

Water potentials, as well as the quality of these waters are summarised in the table below (reference 2000, take into consideration the progressive drying out of the sources and the artesian supply).

Water potential of South Tunisia (l/s)	Djerid	Nefzaoua	Chott Fedjej	Djeffara Nord			Djeffara Sud	
				Gabes	Hamma	Mareth	Zeuss Koutine	Jerba Zarzis
Sources	-	60	-	-	-	-	-	-
Terminal complex artesian wells and Pumps.	4800	5200	-	-	-	-	-	-
Continental band Artesian wells	2000	1000	1000	-	-	-	-	-
Djeffara water table	-	-	-	1750	900	750	350	700
TOTAL	6800	6260	1000	1750	900	750	350	700
Quality Dry residue in g/l	1.5 to 3	1 to 2.5	2.8 to 3	2.7 to 4	3 to 4.5	2.5 to 3	2.5 to 3	6.5 to 7



- the average consumption is of the order of 9 m3/s of which 8.5 m3/s is consumed by agriculture ;
- the total resources of water in the South Tunisian water tables thus represents a nominal 18.5 m3/s in continuous supply which is more than double actual requirements ;
- water resources are usually the factor which limits development possibilities in South Tunisia.

Ground resources and future possibilities

Present day irrigated areas in South Tunisia amount to 18,000 ha. New areas for future development amount to around 11,300 ha. This has been checked by pedological studies and it is possible that this area could be considerably extended by further knowledge to say 15,000 ha.

PROGRAMMES  
PROGRAMMES OF DEVELOPMENT CHOSEN

A) Long-term programmes

I - Agricultural sector

The main objective is to improve the income and life conditions of the farmers so as to reduce then to stop the exodus of workers.

a) Safeguard of the ancient Oasis

The main restraining factor to development are the structures of land property ; it will be possible to change these only in creating new perimeters.

Technical activities will be directed towards the satisfying of the current water shortage, the improvement of the drainage system which is urgent and essential, and the management of irrigation water to reduce losses.

These projects will call for investment in the order of 24 millions of Tunisian dinars distributed over 3 or 4 five year periods.

	Technical projects to safeguard established water resources				
Regions	Djerid	Nefzaoua	Gabès	Jerha	Total (ha)
Area	3900	4400	6700	800	15,800
Investment in thousands of dinars	5850	6600	10,050	1,200	23,700

b) Creation of new areas

The creation of new perimeters must be correlated with action taken to safeguard ancient Oasis since the former must not interfere with the latter.

The only possibilities of development having regard to the availability of water, are in Djerid, Nefzaoua and the region of Chott Fedjaj (Chenchou).

The total investment distributed over 4 or 5 five year periods will increase to 34 million Tunisian dinars apportioned as follows :

5,000 ha Djerid
3,200 ha in Nefzaoua
600 ha in Chenchou

---

8,800 ha TOTAL

II - Industrial and urban sectors

The zones of activity other than agriculture develop essentially in coastal regions. The projects envisaged are directed towards satisfying water requirements :

- of industry and of the population in the region of Gabès,
- of tourism in the zone of Jerba-Zarzis.

The water resources in the water tables in these regions are at the same time very limited in quantity and of low quality.

Non-agricultural districts will have to consequently find other water resources either thanks to the conveyance of water from more distant supplies or thanks to desalination.

The total of these investments will amount to 70 million dinars.

This leads to a global assessment of investment to develop the South subject to the governmental agreement.

Agricultural sector	57,500
Industrial and urban sectors	70,000
	<hr/>
Million dinars	127,500

B) Medium and short-term programmes

The fifth devempûe,

B) Medium and short-term programmes : The fifth development plan

An ambitious target allocated to the hydraulic sector during the five year plan course for economic and social development (1977-1981) is :

- to improve current knowledge of water and soil resources ;
- to equip an additional area of 20,000 ha of irrigated surface ;
- to complete the rehabilitation of 20,000 ha enclosing Medjerda and Nebhana ;
- to preserve 12,000 ha of citrus fruit, of which 6,000 ha are in the Southern Oasis and 6,000 ha at Cap-Bon ;
- to achieve 35,000 drinkable water points annually ;
- to overcome the problem of supplying water to the industrial zone of Gabès.

The achievement of this objective calls for a total investment of 417 million dinars or nearly 10 % of the overall expenditure for the fifth plan.

I - Agricultural sector

It has been decided to continue the programme which is already part of the IVth development plan. It consists in the essential of the following projects :

- safeguarding of 5,020 ha of ancient Oasis at a cost of 3.6 million dinars ;
- creation of 1,000 ha of new sources at a cost of 3 million dinars ;

These projects which are now being carried out will be completed during the five year plan.

In addition, a new programme has been decided as part of the fifth development plan ; it consists of the following projects :

- safeguarding of 3,200 ha of ancient Oasis at a cost of 4,800 million dinars ;
- creation of 2,350 ha of new supply points at the cost of 9,400 million dinars.

These two projects are now being studied and will be eventually financed by a loan by the World Bank. Work on these two projects will commence during the final year of the fifth plan (1981).

II - Industrial and urban sectors

A project for water supply to the industrial zone of Gabès has been decided. This envisages a viaduct of 50 kms tying Chott Fejjaj with the 6 wells (750 l/s) drilled in the coastal zone.

The cost of this project has been estimated at 6.5 million dinars

Work is in hand and will eventually be completed during the final year of the plan (1981).

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem.7/CONF.4  
31 January 1979  
ENGLISH  
Original : FRENCH

**LIBRARY**  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

NOTES ON PLANNING AND LONG-TERM PROGRAMMES

IN ARID ZONES

---

Paul-Marc HENRY  
Plenipotentiary Minister  
Principal Counsellor  
United Nations Development Programme  
Inter-regional Counsellor  
United Nations Technical Aid Department  
Paris, FRANCE.

NOTES ON PLANNING AND LONG-TERM PROGRAMMES  
IN ARID ZONES

1. Development necessarily involves increased consumption based on accelerated use of potential resources. Even in a situation where all such resources are known and used according to a planned consumption programme, development cannot proceed beyond a certain threshold. All consumers should be subject to official regulations, and those regulations should be respected by everyone without exception. In fact, excessive consumption, on both an immediate and long-term basis, is always made at the expense of present and future consumers located in the same area of political power. In other words, objective factors concerned with scarcity operate in all systems whether founded on equality or inequality whenever temporal or spatial distribution is concerned.
2. It has often been emphasised that as far as economic development is concerned, general productivity of any system is, in the last analysis, determined by optimum (or, on the other hand, negative) use of the rarest factor in the system. It is obvious that in arid zones "increase and regularity of agricultural production is very closely linked to improvement of the manner in which ground water is used for crops." (DAMAGNEZ). But we are not only concerned with agricultural production. Water is essential for any economic or social development because in this respect there is no difference on a world scale between dry and rainy areas. The amount of water immediately available, either on the surface or underground, and whether obtained locally or transported, has on the short- or long-term view no bearing on the basic fact that water remains the limiting factor in the development of any industrial or agricultural production project, as it is for the development of the human race.
3. On a world-wide scale, it has been estimated (MILOS) that by the year 2000 consumption will reach nearly 5,500 billion cubic metres of fresh water, of which 53% will be used for agriculture, 41% for industrial purposes and 6% for domestic consumption. In fact, the country which uses more water than any other in the world i.e. the United States, consumes more than 5,000 litres per head of the population per day, of which 48% is used in industry, 43% for agriculture and 9% for domestic consumption. Obviously, consumption in this sense does not imply the complete disappearance of the element consumed, but means the transformation of a pure element into a polluted one which can only be re-cycled by using processes which are either very expensive, or extremely slow, if natural recycling processes are to be relied upon.
4. Everywhere, water is a rare, natural resource, present at irregular periods because of climatic cycles, quickly consumed, easily wasted and as easily polluted and always difficult and costly to recycle.

5. On the other hand, the natural tendency of planners is to consider arid zones as naturally poor and only capable of limited development and necessarily restricted to "austerity" conditions, whereas, in fact, there are many arid areas in the world where consumption plans directly based on plans used in ecological zones, and where water is not the a priori limiting development factor, are being effectively implemented. For example, in the United States, in Central Asia and in Australia, agro-industrial and urban systems have been set up with consumption levels even higher than those in areas with abundant rainfall and relatively easy access to surface and underground water supplies.
6. It is this same "oasis" concept which has been extended on a vast scale in conurbations which represent the peak of overconsumption and which impose considerable tension on ecological systems within their production network, so that they tend to become highly vulnerable. To the extent to which development programmes in all ecological zones of the world appear to conform on a fairly long-term basis to consumption patterns in temperate zones, there must necessarily be a permanent imbalance between consumption and production which can be corrected, or at least reduced, by massive imports of consumption facilities in the shape of a permanent grant directly attributed to that purpose (redistribution of public funds, transfer of funds by emigrants, etc.,) or by other direct aids to production in the form of importing water, fertilisers and energy to provide for autonomous production (which can only be paid for by exports) or finally by mass emigration of populations to zones which can be more easily cultivated, or to urban areas which themselves are subsidised in other ways.
7. The characteristic phenomenon of our time is that in underdeveloped arid zones or zones still bound by traditional restrictions of the economy, demographic pressure has made the continued balance between man and his surroundings precarious if not impossible at a time when western consumption patterns are being increasingly disseminated via the mass media, and modern transport facilities on land and in the air, and are exploding all traditional cultural and religious ways of life.
8. It is now time to investigate the extent to which phenomena common to both poor and rich zones of dry regions - the marked tendency to overconsumption at all levels and the increasing necessity of importing know-how, capital and all kinds of other resources - is irreversible. In other words, is the development of arid zones becoming a simple function of regional or national development? Or, on the other hand, is it still possible to achieve autonomous development, re-establish a degree of self-sufficiency and restore the equilibrium between man and his environment through a self-imposed process of adjustment?

1 - ARID ZONES AS EMPTY SPACES TO BE OCCUPIED AND DEVELOPED

9. It is certainly paradoxical that during the final quarter of the last century, serious thought was being given to the establishment of colonies in space, where gigantic systems could be set up to support thousands of individuals in complexes relying solely on outside resources in order to relieve the pressure of humanity on earth-bound facilities. Why create at immense cost satellite systems of this kind when huge spaces exist on our own planet, readily lending themselves to the development of new colonies for the world's population which would have no "natural" relationship with the ecological zone where they were established, but could certainly operate more economically than colonies in space.
10. "Colonies" of this type already exist, not only in the form of oases of urbanisation and intensive culture located in the neighbourhood of temperate areas, ( as in the USA and Australia) but also in the form of mining centres, gas, petroleum (and uranium) exploitation areas which operate satisfactorily and can be compared to great ships, anchored in the middle of a solid sea.
11. In this respect, it is opportune to study objectively the interface relation between traditional ways of life in arid zones, which are often of a nomadic character, and fixed industrial type establishments with advanced technology. The changes are already apparent. They are characterised by rapid degradation and often total disappearance of traditional systems. This not only affects the desert, but also neighbouring zones in steppe-like country, or the Savannah. Here is an apparently irreversible change where representatives of the old system can only exist in reserves which are more or less officially protected and invariably reliant upon exterior resources.
12. In this perspective, the deterioration which can be seen in natural country by over-grazing, cultivation of marginal zones and eradication of trees and shrubs has come to be regarded as a virtually irreversible phenomenon which can only be corrected by conventional technical and financial aid from the community. On the other hand, rational occupation of available land by industrial or mining complexes which exist by a combination of high-yield agriculture (soilless cultivation etc.) and extensive external aid, in the form of technique and energy, is a problem to be solved in the context of an inter-dependent economy between zones which have become rich and zones which are naturally poor but which are in fact frequently rich in mineral and potential energy sources.
13. All of which adds up to the fact that in the final analysis, American, Israelian, Russian and Australian patterns are eventually imposed at the expense of the so-called natural and traditional ways, the maintenance and improvement of which are beyond the resources of conventional Companies or communities.

14. When discussing planning and programming, in terms of large areas, the objectives as far as consumption is concerned must always be specifically and clearly defined to the same extent, at least, as production targets. Population motivation is naturally a complex matter, but it must be emphasised that in the contemporary world information networks, thanks to telecommunications are separate from production networks or at least tend by their very existence to be completely divorced from traditional systems. The messages transmitted are those of an industrialised society, with a development based on the extravagant use of fossil energy, and on patterns of food, clothing and mobility which have absolutely no relation to the traditional austerity patterns operating strictly within the framework of ecological limitation considered as a fundamental factor.
15. It must be noted that specialists studying arid zones more or less automatically tend to lift these regions and sub-regions which they are investigating and divorce them completely from the economic and social situation of the Nation-State in which they are located; they are viewed in isolation, as separate entities requiring special treatment, in the course of which the inhabitants would naturally remain outside the main stream of economic and social transformation oriented from the centre rather than from the periphery, and toward extensive consumption rather than austerity.
16. A deeper appreciation of this idea of separate development within a carefully analysed and reviewed ecological framework with its own effective or potential resources, the most important being water, is not possible without considering systems of integrated development on a regional basis. These can be found in the most technically advanced Nation-States, arid zones basically lacking water, and more fortunate zones. In return for facilities from the "richer" zones, the "poorer" zones offer vital requirements in the form of mineral and energy resources or merely space. (Lebensraum.)
17. The idea of wealth is basically relative. It is linked to the level of consumption and to the capacity of potential demand to express itself on the market as an effective demand. That is to say, in an initial integration stage between poor zones and rich zones, the latter will obviously impose their requirements and standards and tend in fact to acquire large amounts of water, energy and mineral resources from the economically weaker zones at the most advantageous price for them, which is of course the most unfavourable price for the initial owners of such resources. Thus, in the initial stage, the law of trading works against populations in arid zones who have no method of defence other than some form of territorial control which is rapidly outclassed by modern military force and political power centres in rich zones, whether they be in the Nation-State itself, or outside. But during the second stage, on the other hand - provided the arid zone populations have succeeded in protecting their cultural, political and social identity - the negotiation terms can be reversed on the basis of eminent rights and territorial control of the zones to be developed. There are many recent examples of this reversal, particularly in Africa.



18. If it is only a question of satisfying limited needs on a local basis, the problem of rare resources i.e., water in arid zones can be solved "at a local, or at highest, regional level" (RULLIERE) but amounts of water required for industrial growth have increased so drastically, and quality demanded so high that operations on a much wider scale must be envisaged to meet these needs, involving considerable investment" (IBID).
19. In all these cases, this investment can only come from outside. That is to say, it automatically and necessarily implements production and consumption projects in the particular area with the complete investment programme on a national scale of the Sovereign State which thus becomes inevitably embarked upon a complex dialectic process between a third party holder or transmission and transfer unit on the one hand, and the zone to be developed on the other hand, where the long term function as supplier of raw materials is not immediately adequate to balance the negotiation.
20. This complex state of affairs is frequently disguised by a somewhat technical dissertation on micro systems in relation to macro systems. It is in fact, technically correct to say that zones can be considered in isolation and that local micro situations could be analysed as pilot situations and their problems and solutions could be projected on a wider scale and even, if necessary, to a region with well-defined ecological characteristics, reflecting precisely the sample represented by the micro project. But this theory does not take account of the fact that the system itself can be changed and rendered non-typical by the intervention of any foreign element, which may even be the process of observing the system itself. Micro experience, if directed to the preservation or restoration of a certain ecological and lasting balance between man and his surroundings, can only relate to the region as a whole if the scale of intervention is modified on the scale of the macro-experience. But this is in practice impossible for financial administrative and political reasons.
21. To sum up, the change of scale necessarily involves basic changes in the nature of the operation. On the macro scale, it is the public centralised power which in the final analysis, determines all priorities. On the micro scale, we are concerned with autonomous systems capable of self-adjustment.
22. The two systems and levels of intervention are not necessarily incompatible provided that all conditions are clearly analysed ab initio. The large number of mistakes and setbacks experienced in programming the development of arid zones during the past 30 years is due to the constant confusion which exists between micro scales and macro scales, between their implicit or explicit consumption targets, between their completely different requirements in relation to the technical situation, between the cultural ideas with which they are associated and - in a word - between their radical differences as far as conceptions for the future and the identity of the human groups involved are concerned.

2 - ARID ZONES ARE NOT NECESSARILY PERIPHERAL ZONES

23. For nearly 30 years, arid zones have been the subject of multiple and extensive studies at all levels in both rich and poor countries. More recently, the problem of arid zones and that of the desert has been re-examined in the light of ecological development. A vast programme on a world scale of action to combat the growth of desert areas has been approved by member countries at Nairobi. In Africa, the Sahelian area of the south Sahara region has been adopted as the site of an important coordinated action project. The scale on which corrective measures are due to be taken is enormous, and in step with the dimensions of the problem itself. Work has already started to the north and south of the Sahara and in the Steppe regions: these projects, begun on a national scale, are extremely significant.
24. As an example, mention can be made of the development of the Abadla plain in southern Algeria. The scale is limited (7400 hectares) but the development cost is very high (40 billion Algerian dinars.) This is the first response to a "disastrous economic and social situation in the Saoura region." The project is being carried out within the framework of the agrarian revolution. We quote here from a remarkable article by Marie Christine MARTIN (Options Méditerranéennes No 26):  
"This is the take-off point in the economic development of the Saoura. The task is formidable, because there is absolutely nothing in this immense, very sparsely populated and increasingly dried-up region...the fact that everything has to be started from scratch may perhaps be regarded as an advantage; it provides the opportunity of building up from nothing a coherent in the context of the future with none of the difficulties of inserting new structures into an existing economically blocked system. Despite all difficulties, the Saoura has got off to a good start, and the change is irreversible; Abadla is the irrefutable proof of the possibility of setting up a profitable economy in a desert zone, provided that all the economical, social and human aspects of the problem are studied and an infrastructure suitably balanced for the region is envisaged."
25. This is not to be regarded as merely a pilot project. On the contrary, the plan is to develop "a cultivatable area sufficiently large to undertake an operation scaled to the size of the agrarian revolution." The 7400 hectares represent the complete cultivatable zone of the Saoura, a typically deserted region. Under-employment in this area is considerably aggravated by the sedentariness of the semi-nomadic tribes, due to political and administrative reasons. The development of the Abadla zone will henceforward provide work for some of these unemployed. However, a more permanent solution in the future will be the development of the mining region of Tindouf (Gara Djebilet). Here, then, is being set up in this marginal area on the outskirts of the large Algerian industrial centres, an "articulated" system embracing, in the name of development, (or under-development) the semi-nomad population which is becoming sedentary, the administrative and technical executives from the outside world, establishing a development programme in the region which will require the import of technological and energy resources and in all probability the development of mineral resources, also organised in terms of requirements external to the region, directly related to the market economy and its hazards.

This is a long way from ecological schemes, restoration of pasture lands, increase of livestock and the maintenance or restoration of traditional ways of life. It is perhaps regrettable, but cannot be ignored.

26. It should also be added that from the geo-political viewpoint it is completely unrealistic to imagine that arid zones can be left to themselves in a sort of 'free zone' which would allow unrestricted movement of men and their herds without taking account of political frontiers, even if these be artificial. All recent events (and particularly those in areas near the Saoura) have demonstrated that the United Nations tend to insist upon sedenterisation of the nomad population and their inclusion in the economic development plans and the general regional development policy.

3 - DETERIORATION OF BIOLOGICAL ENVIRONMENTS AND DETERIORATION OF THE SOCIAL ENVIRONMENT

27. To quote Gilbert LONG "a number of factors exist today to testify to the disturbing fact that biological environments are deteriorating... In the arid zones to the north of the Sahara these processes result in the replacement of former forest lands by steppe-like areas and open spaces formerly very active biologically are turning into deserts; the earth is eroding (wind or hydric surface erosion) and the ground is becoming salinated on account of unsuitable techniques used in certain irrigated zones and there is a general deterioration and decrease in the general biological capital."
28. To this "natural" deterioration we must of course add the pressures of industrial urban systems on the natural systems. In this context, it must be mentioned that the political and geo-political decisions are part of the "urban-industrial" stresses to the extent to which the local system is not considered as self-contained, but as an integral part of a much larger system.
29. If it is acknowledged as feasible and even desirable that on a long-term basis arid zones in sub-regions destined for rapid development because, for example, of their mineral or energy resources, should coexist alongside intermediate subregions suitable for modernised pastoral development, then this coexistence must obviously be organised. This can only be achieved as the result of a decision taken by the Nation-State at the highest level. "The first rule of the game now consists in planning and thinking as much on a long-term basis as about income which can be immediately acquired by the winning of natural resources. Following this line of reasoning, one would be forced to consider the future of rural society over a period of approximately 25 years, i.e., at least the span of a generation... This is a suitable "time span" for planning the development of rural areas and should encourage politicians to give to human society more specific consideration of the possible development of the basic factors: essential foodstuffs, dwellings, demography, employment, etc." (LONG)
30. Now, it must be stated (FAO 1974 Emasar Project) that "it is not so much the lack of investment capital which has delayed or hindered pastoral development as deficiencies in planning such development. Among the commonest reasons for failure, the report cites: "the absence of a specific National undertaking or strategy for pastoral development often linked with politics or legislation, impedes rational progress..."
31. In practice, there exists constant confusion between political, economic and social targets. It is certainly difficult for a government to make a conscientious and deliberate undertaking for a whole generation. Yet industrial options, the selection of societies, officially adopted consumption objectives and demographic tendencies do in fact call for specific undertakings covering a generation or more. We know that there is a certain development prospect based on the analysis of "likely tendencies" or "probabilities" and on a "threshold option" which precisely corresponds to the terminology used by LONG in his analysis of ecological mutation problems. There is no question that these probabilities exist in all arid zones of the world; in other words, the progressive deterioration of the biological environment under the hand of man, or alternatively the substitution of new

systems for old (irrigation schemes, among others) resulting in accelerated deterioration of former self-contained systems of survival and adaptation. In vast regions of the globe, new populations are replacing the old in the historically brief period of barely a century.

32. Thus, in arid zones, the planner is concerned with an environment in full course of evolution requiring in some cases radical change calling for the introduction of sophisticated technology at high cost and technical know-how outside the region, but in other cases he is faced with the problem of protecting an existing environment, and the more fragile the social and biological structure of that environment, the more difficult is his task; if the structure is on the brink of disaster, it cannot be left to develop of its own accord, having no means of self-protection.

CENTRALISED OR DECENTRALISED DEVELOPMENT ?

33. The problem of regionalisation as far as development planning is concerned, is a universal one. Is the right direction from the bottom to the top, i.e., the organisation of an autonomy and relative self-sufficiency as far as food and energy are concerned through the medium of elementary communities, or on the other hand, is it preferable to create economic and social solidarity on a Nation-State level by organising the process of redistribution of all resources through efficient networks encouraging interdependence within the national framework and at least a relative form of international independence?
34. There are obviously physical limits to the organisation of such networks; for example, where overland, air or sea transport is concerned, these limits are dictated as much by the geographical situation as by financial and technical resources. It is known that enclaved areas or regions with no coastline require a special approach for general development. Arid regions often - though not invariably - reflect this double characteristic. Paradoxically, transport is no longer the major problem, as it was 50 years ago (compare the motor vehicle crossings of the Sahara between 1925 and 1975 to measure the progress achieved.) Planes, followed by helicopters and perhaps tomorrow airships will have effectively "freed" inaccessible regions. But at what price? In social terms, the price paid was the complete disruption of traditional patterns in the arid regions of Arabia and Africa. Economically, the price is also high, because total integration within the modern technological network requires costly facilities.
35. As far as water is concerned; modern installations demand pumping distribution, watering and sprinkling systems, which at their present state of development, require outside aid. Energy from petrol and natural gas, and to a lesser degree, water power, must be supplied from an integral network on a national and sometimes even a world-wide basis, obeying the laws of finance. The question must be clearly stated: is it possible, by using appropriate technological facilities, to form local networks combining energy resources and hydraulic power in systems which, although not totally independent of large networks, have at least a certain degree of independence, so that users can control their own development with the maximum economy of external expenditure, and use modern technology in the quest for the key to the continuity of the earlier subsistence economy - the economic recycling of immediately-available ecologic resources? Ideally, the actual cost of these decentralised systems should not be determined only as a function of the initial investment, but also of the cost of maintenance, which in the case of certain systems (e.g. solar energy) could be virtually nil. In this context, it would be constructive to envisage two basic and complementary patterns of development for all zones; one based on rapid integration by macro decision of the complete zone into the interconnected energy or hydraulic network on a national scale, the other based on a hypothesis of autonomy in which the remains of the traditional system would be free to play an important part in the progressive transformation to a technically modernised network, but achieving self-sufficiency and financial independence once the initial investment had been made.

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

COMMUNICATIONS FROM STATES

---

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ET. 1

January 15, 1979

ENGLISH

Original : French

SYNTHESIS NOTE ON THE FOLLOWING THEME :

"POLICY ON WATER FOR AGRICULTURE AND BREEDING IN ARID AND SEMI-ARID AREAS"

Cheïbou TOURE  
Hydraulics and Energy  
Management  
BAMAKO - Mali

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply



SYNTHESIS NOTE ON THE FOLLOWING THEME :  
"POLICY ON WATER FOR AGRICULTURE AND BREEDING IN ARID AND  
SEMI-ARID AREAS"

INTRODUCTION

Mali, a developing country essentially agricultural and pastoral, suffered from drought disasters these last years and finding water has become of prime importance, and the real key to its economic development.

1. Programme applied to the general trends of agriculture

- Preservation and development of natural resources.
- Meeting with the food needs of the population.
- Release of the economic surplus to develop industries.
- Increase of the population standard of living.

A careful study of each field is needed to carry out this huge programme.

1°) Population forecast

In the year 2000, the population of Mali will reach 10 000 000 inhabitants, including 8 000 000 country dwellers and 2 000 000 town inhabitants. 2 000 000 of the 8 000 000 country people will be active workers. This forecast has been used to anticipate the food needs of the population.

2°) Food needs of Mali in the year 2000

Although 56 % of the land is arid, only 1,5 % of the Malian territory is used for agricultural purposes. This leaves a margin large enough to develop agriculture by means of :

- digging wells
- developing and improving those already existing
- catchment areas, dams, pools and lakes
- hydro-agricultural development - pumping stations
- others.

The food needs will be the following in the year 2000 :

CEREALS : rice : 130 kg per person  
              millet : 70 kg per person at least  
              which gives a total of : 1.3 million tons of rice per year  
  0.7 " " of millet per year  
              at least.

MEAT : At the present time, the inhabitants of Mali eat 15 kg of meat per person and per year. This amount must be doubled which means 30 kg/person/year. Therefore, 300 000 tons of meat must be produced.

FISH : At the present time, the inhabitants of Mali eat 12 kg of fish per person and per year. This must be increased to 20 kg/person/year which means 20 000 tons per year.

FRUITS AND VEGETABLES : The amount required in the year 2000 will be :

200 000 tons in towns

800 000 tons in the country by means of hut gardens.

FIREWOOD : It is needed for cooking and the inhabitant of Mali is poor. The present production per year is 1.5 million cubic metres, but 6 000 000 cubic metres will be needed in the year 2000.

### 3°) Policy to be applied

The general trends show the following policies :

a) Agriculture must be intensified rather than expanded. This policy has a double advantage : first, it tends to increase the production of the cultivated areas at a maximum and second, it keeps a maximum land for breeding which is one of the most important resources of Mali.

b) Expansion after 1982. Until 1982, the policy adopted is a policy of consolidation. We can hope that this policy will become a policy of expansion after this date, due to the building of large dams, for example :

- Selingue on the Sankarani River
- Tossaye and Labezanga on the Niger River
- Manantali on the Senegal River
- Sills on the Bani River.

Due to these different works, we can plan intensive productions of rice, 1 580 800 acres should be used for rice cultivation in the period up to the year 2000.

## 2. Programme applied to the general trends of breeding

Mali must increase its meat production, this could be highly profitable. The policy recommended in this field will be to rationalize the use of grazing by means of :

- Using the arid, non irrigable areas of the Sahel (North) for the breeding of newborn livestock. Those areas cover 213 000 km<sup>2</sup>. 50 wells (wells - drilling od poold) must be developed per year to use these areas.

- Using the better water areas of the Centre and the South for the fattening of livestock.

This policy will have the double advantage of better using the traditional transhumance, the animals remaining in the South for their fattening, and therefore avoid overgrazing in the areas of the Sahel. 70 wells and 50 drinking-trough are planned in the Sahel of MOPTI. This operation plans to dig 83 deep wells between 1978 and 1980, and 300 drillings concerning hydrogeology (ground waters) between 1977 and 1983 in the areas of BOUGOUMI, YANFOLILA and KOLONDIEBA.

### 3. Country people must be trained and informed

The Malian Rural Polytechnic Institute of KATIBOUGOU is specialized in the training of country development agents, for the country as well as for the countries of West Africa. This training includes the following fields : agriculture, breeding, forestry and rural engineering. During the school year 1977-78, we had 639 students in stage A (engineers' level) and 928 in stage B (technicians' level). The C.A.A. (Centre d'Apprentissage Agricole ; Agricultural Training Centre) trains the trainers in agriculture who intervene at the basic sector's level.

Since 1969, this classical plan of education and training for country people is reinforced by a functional elimination of illiteracy which fits into the prime objectives of the economic, social and cultural development of the country.

The managerial staff has become Malian at a maximum, no emigrant has any responsibility and technical aid is kept at a minimum.

These centres train about 160 trainers per year and the functional elimination of illiteracy helps the training of 142 specialists per year.

### CONCLUSION

Mali, with 56 % of barren lands, and with an economy based on agriculture and breeding, is principally interested in the "Policy on water for agriculture and breeding in arid and semi-arid areas", for its economic development.

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ ET.2

2 FEVRIER 1979

ENGLISH

Original : FRANCAIS

REFLECTIONS ON THE MANAGEMENT  
OF WATER RESOURCES IN THE CONGO REPUBLIC

H. OKEMBA

Engineer of Rural Projects

BRAZZAVILLE - CONGO

REFLECTIONS ON THE MANAGEMENT  
OF WATER RESOURCES IN THE  
CONGO REPUBLIC

By H. OKEMBA

ENGINEER OF RURAL PROJECTS

## I - INTRODUCTION

The management of water resources in the Congo is a very recent idea and its practical development is still only in the study stage. It is at the request of the Congolese government that I.B.R.D./W.M.O. carried out in February March 1977 a study of the sector of supply for drinking water and of sanitation in the Congo. This mission was charged on the one hand to evaluate the current situation and to consider the action to be taken on the other hand to establish the factors which could hinder the development of the sector, in order to examine with us a method of solving current problems and to prepare an overall plan for developing the supply of drinking water to the whole area. (S.D.W.)

While drawing up a development programme for the S.D.W. sector at Ministry level we realised that the problems encountered by S.D.W. would have to be resolved within the larger context of the overall harnessing of hydraulic resources and not in a parochial manner.

This new conception of water problems at Ministry level has encouraged the authorities to create within the Direction of Territorial Development a 'water planning cell' whose job is :

- to study all problems relating to water as to its value, to its use by various sectors of the national economy as well as its conservation.
- to propose plans for hydraulic control.
- to elaborate and to propose short, medium and long term programmes for the management of water resources.

This is why we have requested the co-operation of C.E.F.<sup>2</sup>I.G.R.E. so the Centre can help us by advice and research to define the necessary information which would be submitted to the competent authorities with a view to elaborate a national strategy for management of water resources.

The Popular Republic of Congo is situated in Central Africa, it covers an area of 342,000 Km<sup>2</sup>. It is bounded on the North by the Central-African Empire and the Cameroon, on the West by Gabon, on the East by the Oubangui river and the Congo river which separates it from Zaire, on the South by the territory of Cabinda (Angola). The Congo has direct access to the sea, with 170 Km of coast.

The population is assessed at present at 1.4 million inhabitants, or a density scarcely greater than 4 inhabitants per Km<sup>2</sup>. The Congo differs from all the other African countries as being more urbanised : during the last half-century, a vast continuous exodus from rural areas has brought about a rapid increase in centres of population and small towns, which necessarily poses serious problems.

The P.N.B. per inhabitant was about 560 dollars in 1977, with an annual rate of increase of 4.3% between 1970 and 1975.

The annual rainfall is approximately 1,500 mm. The risk of floods is frequent enough in the Northern part of the country, especially in the Likonda area. Two seasons can be observed :

- the rainy season, the hottest, which extends from October to mid-December and from mid-January to May.
- the dry season, more cold with little rainfall, from June to September. A short dry season from mid-December to Mid-January should also be watched.

## II - MANAGEMENT OF WATER RESOURCES

In the National Economy, water must not be considered as an end in itself, it is an essential factor in the economy which the planners must consider in development programmes. It is used in different ways to satisfy domestic, industrial, agricultural, hydro-electric needs, requirements for rearing fish, for navigation and finally for spare time activities.

The possible uses of water are legion and a function of its natural quality. But these uses have a more or less important effect on quality and quantity.

This complicated use of water has given birth to the idea of 'the rational use of water' which can only be carried out in the framework of the overall planning of management of water resources.

The management of water resources is a section of the national economy whose task consists essentially in satisfying the different water requirements of the community, in conforming to the demands of quality, quantity and mode of living.

Apart from the supply of water, the duties of those responsible for the water resources include protection against pollution, obstruction and exhausting of these supplies, as well as protection of the environment against any harmful effect of the water.

The management of water resources can only be effective thanks to the implementation of regular procedures and management discussion groups.

## II.I. The management of water resources in the Congo

### II.I.I. Water resources.

The Congo is a country which possesses many water courses of which the most important are :

- The Congo, the second largest river in the world as regards its average flow : 39,000 m<sup>3</sup>/s.
- The Oubangui, with a flow which varies between 15,500 m<sup>3</sup>/s in september and 2,000 m<sup>3</sup>/s in april.
- The Sangha, with a flow which varies between 700 and 4,300 m<sup>3</sup>/s.
- The Kouilou-Niari, whose average flow is 913 m<sup>3</sup>/s.

Apart from these important water courses, the whole country (except the table-lands) is covered by many water courses and streams.

The underground water resources of the Congo are unknown except in the Kouilou region and more particularly at Pointe-Noire where underground waters are exploited for supplying the population and industries.

### II.I.2. The problems of water from the hydrographical basins.

This relative wealth of water courses has brought about an increasing carelessness regarding water resources. In fact, in spite of this apparent



surplus, the facts are different. From the hydrological point of view, the Congo can be divided into three distinct zones each with its particular characteristics.

- a) the Northern part of the country, which extends from the extreme North to the Alima river, commonly called the Congo basin, is a well watered zone into which flows most of the important water courses of the Congo (Oubangui, Likouala aux herbers, Sangha, Likouala Mossaka, Kouilou, the Alima and the Congo).

This region is a difficult physical environment, where a zone of marshy forests extend from the extreme North-East to Mossaka, in this area there are frequent floods during the rainy season. The local population live on the land, by hunting and above all by fishing which supplies one of the main sources of protins for the populace.

- b) The table-lands which extend from the Alima to the North of Brazzaville, is composed of four plateaus of which the greatest (MBE plain) has a surface area of 6,000 Km<sup>2</sup>. These plains rise in stages between 860 and 600 meters in height. It is the part of the country the most lacking in water courses. The few rare water courses in the region have in general an irregular regime, and flow at the bottom of deep valleys with a difference in level of from 300 to 400 meters. The scarcity of water, especially in the dry season creates difficulties in the supplying of water to men and animals, and is a limiting factor in the regional development where the main economic activity is still agriculture. In order to make a beginning to the solution of the many local problems, the Government has planned the construction of a hydro-electric barrage on the Mpama which will supply equally irrigation, and the S.D.W. of men and domestic animals, as well as supplying electricity to the villages and industrial programmes. Besides, the I.C.H.S. has undertaken, with the help of B.R.G.M. a study of underground water in the area.

This study is very useful to us as it enables the Planning Ministry to plan the development of water supply to the district based on more precise data.

- c) The Southern part of the country has very different hydrological characteristics from the two other 'regions'. The main water courses are the Kouilou, the Bouenza, the Djoue and the Louesse. Economically it is the most developed region

in the country ; all the large towns are built there, most of the centres of industry are concentrated there as well as the greater part of the population. (70 %)

Two hydro-electric barrages have been constructed across two of the four main water courses in the region : the Djoue barrage (15,000 kw), the Bouenze barrage (72,000 kw). The construction of a very large capacity hydro-electric barrage on the Kouilou has been planned for the future. The expected rating of this station is to be 7 milliards kWh.

On the other hand this part of the country, which produces the bulk of the agricultural product, presents many serious handicaps :

- . a very irregular rainfall and periods of exceptionally heavy rain, which is very harmful to agricultural production (Valley of the Niari in particular).
- . the small water courses of the Niari valley are infested with bilharzia which makes their water unsuitable for human consumption. Beside bilharzia ; other water-borne diseases such as typhoid and para-typhoid, amoebic dysentery, etc...
- . the evaluation of underground water sources in the region has not yet been carried out, this limits the power of the authorities to intervene in the field of supply to the inhabitants and domestic animals.

### II.I.3. Use of water.

#### a) Agriculture.

The use of water for agriculture in the Congo is very limited and of little importance. Rain is the principal source of water exploited by the peasants and the big agricultural complexes. The use of irrigation has not yet spread, however certain agricultural farms such as the State farm at Kombe and the 'Societe Mixte Congolo-roumaine d'exploitation du coton (Socoton)' take advantage of irrigation techniques to increase their productivity.

The rearing of fish requires large quantities of water. Many fish exploitations of modest dimensions are scattered all around the country. The large farms also use a lot of water and more particularly the pigfarms which are developing rapidly, because they are very profitable.

#### b) Industries

The Congo possesses a considerable range and diversification of industries generally of modest dimensions, of which the most important are the supply of feedstock, textile, the cement and chemical industries, etc...

Nearly all these industries are heavy consumers of water. The industries established at Brazzaville and some of those situated at Pointe-Noire are fed by the urban network, the others keep themselves supplied from water courses or wells.

#### c) S.D.W.

In the urban zone, about 40 % of the population are employed by the public service of S.D.W. The service in the four large communes is effected in the proportion of 42 % by individual connection and only 4 % by street-fountains, the use of which tends to be discouraged by the S.N.D.E. (Société Nationale de Distribution d'eau) on account of the considerable wastage of water which results.

This arrangement results in several households using the same individual connection which can then be considered as a type of street-fountain. We have calculated that an individual point would supply on the average 13 people. By contrast, in smaller centres, the service by street-fountain is predominant. The quantities available for domestic needs in urban areas are around 50 litres per man per day.

In the rural zone, the population in the main is obliged to provide itself with water (natural source, wells, water courses, rainfall). However, there are certain villages and hamlets which benefit from makeshift installations of S.D.W. (harnessed, supplies, wells, etc...) The quantities available for domestic purposes are, on the average about 20 litres per man per day.

#### d) Navigation - energy.

The important hydrographical network in the country, especially, in the Northern area, has led to the development of waterways for navigation which is steadily increasing. Beside, the Congo and Oubangui rivers, thanks to the fact that they flow through several states, encourage commerce between the Congo and certain neighbouring countries : Zaire, Central-African Empire, Cameroun.

Let us take into consideration also that all the hydro-electric potentialities of the Congo have not been evaluated and taken advantage of and that only two water courses, the Djoue and the Bouenza, are used to produce electricity. There remains several other water courses capable of supplying vast energy.

#### II.I.4. Administrative Organization for management of water resources .

The allocation of water to various users and determining the best methods of utilising it to satisfy them, is a problem which calls for, at country level, institution for concerting and managing water resources and for an appropriate legislation.

To summarise briefly, by virtue of a personal contribution, we would suggest that the administration for managing water resources should be thought out in the following manner :

- creation at ministerial level of a 'cell for water planning' which is the agent for concerting, programming and supervision as far as water is concerned. It devises, in collaboration with other interested parties, schemes for water control, it proposes short, medium and long-term action for the management of water resources, while considering economic aspects. It works hand in hand with international organizations and interested financial groups...
- to hand over bit by bit to the S.N.D.E. (Société Nationale de Distribution de l'Eau) which is already concerned with the management of installation in Brazzaville (377,000 h) and in Point Noire (192,000 h), the responsibility of managing the two other large towns in the Congo : Loubomo and Nkayi.
- to make the rural engineers responsible for all problems relating to the supply of water to villages, and to agricultural and pastoral hydraulics.
- reinforcing of the Sanitary Engineers, to improve services to the local population by implementing, in collaboration with the local authorities, a programme for improving sanitation in towns and villages ; and by fighting against water-borne diseases.
- carrying into effect a feasibility study leading to the creation of a Direction of Hydraulics. This direction which will be placed under the authority of the Ministry of Mines and Energy will have the following objective :

- . the study of the national hydrological network as a beginning, it could work with ORSTOM in this domaine.
- . the evaluation of water resources in general, and more particularly of underground resources.
- . the classification and management, of the installations in less important towns (between 5,000 and 20,000 inhabitants).
- . the protection of water resources on a national level by the fight against pollution, etc ...

This direction, which will be an important agent in the management of water will work in close collaboration with the planning cell.

In order that the management of water resources is carried out satisfactorily, it must be given the appropriate legal backing. The inauguration of water legislation allows the difficulties between various agents interested in the use and management of water resources to be ironed out, and allows developing countries to avoid the same mistakes as were encountered by developed countries as regards pollution for example.

The introduction of water legislation in developing countries in general and in the Congo in particular, will have to take several factors into account :

- the political trend of the Government.
- Sociological and psychological factors of the country.
- the current level of economic development.
- existing legislation, etc...

This legislation must be above all realistic, sufficiently flexible, and must be able to be adapted easily to each stage of development whether industrial, agricultural and urban. It is necessary to do it in such a way that the law (the water statute for example) can be implemented with the agreement of all concerned. In effect, it has been shown in this connection and in several countries that all legislation which tends to restrict development, is very quickly abandoned or postponed.

### III - CONCLUSION

This paper is a quick survey of the current water problems in the Congo, because it is impossible in the time available to go into too much detail. Nevertheless, I remember that all the problems which have been briefly discussed here have been analysed more deeply in the report that I am about to publish with the assistance of I.T.C.W.R.M.

The Congo is not an arid country, but in spite of the fact that it is situated in a tropical zone, it poses many problems in management of water resources which must be solved. Several third-world countries are in the same position.

This is why the completion of a water policy is more and more essential in developing countries, because it allows on the one hand the solution of numerous problems, and on the other hand the ironing out of the difficulties or the various interested parties by the installation of an organization for the management of water resources allowing close contact with the latter in well defined programmes.

Besides, it should be noted that the establishing of planning agents has been considered necessary by the Water Conference of Mar del Plata and is part of the objectives of the Plan of Action 1978-1980 for the World Health Organization, with a view to the water Decennary of 1980-1990.

SÉMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSACRÉ À LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ÉLEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES

NIAMEY, NIGER, 12-17 FÉVRIER 1979

C.I.E.H  
CENTRE INTERAFRICAIN  
D'ETUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.  
CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE À  
LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ET 4

FRANCAIS

Original : Français

**LIBRARY**  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

Utilisation de la Technique de Forage à l'Air  
pour la recherche d'eau en zones arides et  
semi-arides au MAROC

---

Abderrahmane BEN TAYEB  
Ingénieur d'Etat  
Chef des Ressources en Eau  
FESL - MAROC

UTILISATION DE LA TECHNIQUE DU FORAGE  
A L'AIR POUR LA RECHERCHE D'EAU AU

M A R O C

1. INTRODUCTION

Un très important effort de recherche d'eau souterraine est effectué dans le Sud-Marocain depuis Octobre 1974.

Compte tenu des conditions géographiques particulières de ces régions (éloignement des centres urbains, absence de routes, rareté de l'eau), des conditions géologiques (sous-sol à prospecter formé de roches compactes et dures), et de la volonté de l'Administration d'abaisser autant que possible le coût de la prospection, on a été amené à utiliser de nouvelles techniques de recherches hydrogéologiques

Une des innovations a été l'utilisation de sondeuses à l'air, soit des marteaux "hors de trou", soit des marteaux "fond de trou".

La technique de foration à l'air n'étant pas encore classique dans le domaine de l'Hydrogéologie, et l'expérience acquise au Maroc étant considérable, il a paru intéressant de résumer ici nos connaissances sur les inconvénients et les avantages de cette technique en matière de sondage de reconnaissance hydrogéologique.

2. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFERENTES TECHNIQUES DE FORATION UTILISEES EN HYDROLOGIE.

2.1. PRINCIPE DU FOR/GE ROT/RY A LA BOUE

Le rotary à la boue est la méthode de foration classique pour la recherche des eaux souterraines.



la foration au battage étant réservée à des cas spéciaux (terrains meubles et faibles profondeurs). Dans les sondeuses rotary l'usure de la roche est obtenue par un trépan soumis à un mouvement de rotation. La remontée des déblais hors du trou est assurée par une circulation de boue. Cette boue sert aussi à maintenir les parois du trou en exerçant une contrepression.

## 2.2. - PRINCIPE DU FORAGE A L'AIR

La sondeuse à l'air présente deux différences majeures par rapport au rotary.

- L'usure de la roche est obtenue essentiellement par percussion d'un taillant (la rotation n'ayant qu'un effet tout à fait secondaire) suivant le principe du "marteau piqueur".

- La remontée des déblais jusqu'en surface est assurée par une circulation d'air sous pression, envoyé par un compresseur.

Le mouvement de percussion du taillant est donné par le "marteau". On distingue deux types de marteaux:

- Le marteau "hors du trou" qui reste en surface.

- Le marteau "fond de trou" qui est descendu dans le sondage (nous verrons dans la deuxième partie les avantages et les inconvénients de chacun de ces appareils).

.../...

2.3 AVANTAGES ET INCONVENIENTS COMPARES DU  
ROTARY A LA BOUE ET DE LA SONDEUSE A AIR

2.3.1. Avantages du rotary :

L'avantage essentiel du rotary est que la boue exerce une contre-pression et dépose une croûte (cake) sur les parois du trou, ce qui permet de traverser les terrains peu ou pas consolidés (alluvions, sables).

2.3.2. - Inconvénients du rotary :

a) La principale contrainte est la boue d'injection, ce qui oblige à avoir de l'eau à proximité (contrainte importante en zone désertique). De plus à performances égales de profondeur et de diamètre, une sondeuse rotary est plus volumineuse et plus complexe qu'une sondeuse à l'air. Ceci entraîne des contraintes supplémentaires pour les accès sur les emplacements de sondage, d'où des coûts plus élevés. (construction ou amélioration des pistes en particulier).

b) le deuxième inconvénient du rotary est la faible vitesse de foration dans les roches dures. En effet la percussion réalise de meilleures vitesses d'avancement dans les roches dures que la rotation.

2.3.3. - Avantages de la sondeuse à l'air  
par rapport au rotary.

Les principaux avantages sont :

- Suppression de la contrainte du transport de l'eau pour la boue (surtout lorsque on fore dans des roches fissurées donnant lieu à des pertes totales).

.../...

- Matériel plus léger et plus facilement transportable, surtout dans les zones difficiles (dunes, regs caillouteux, etc...) d'où, en fin de compte, un coût d'immobilisation et de fonctionnement nettement moindre.

D'autres avantages sont de nature géologique et hydrogéologique.

C'est ainsi qu'avec une sondeuse à l'air, les cuttings déblais remontent plus vite qu'avec la boue et se mélangent moins. La coupe géologique est donc plus précise.

D'autre part l'observation permanente et minutieuse de l'avancement de la foration apporte des renseignements précieux au géologue. Par exemple une descente rapide du taillant ou bien un coincement de la rotation, sont un indice de fracturation de la roche. Par ailleurs un bruit assourdi est l'indice d'une roche meuble ou humide.

Mais c'est surtout dans le domaine des observations hydrogéologiques que la foration à l'air est précieuse. En effet les cuttings n'étant pas contaminés par la boue de circulation, la moindre humidité ou venue d'eau est immédiatement décelable. L'hydrogéologue peut donc diagnostiquer avec exactitude la côte de la venue d'eau et son importance, ce qui est en général le but principal des sondages de reconnaissance hydrogéologique.

#### 2.3.4. - Inconvénients du sondage à l'air

Le principal inconvénient est la difficulté de forer les couches non consolidées. En effet l'éboulement des parois du trou provoque un coincement des tiges et du taillant au fond.

Une solution partielle a été trouvée par les **constructeurs**, pour les couches bouillantes de surface, avec la méthode de tubage à l'avancement (procédé "SATURNE" ou "O.D."). Mais aucune solution satisfaisante n'existe pour les couches bouillantes profondes.

Le deuxième inconvénient est la difficulté de forer dans les couches humides ou aquifères. En effet les cuttings mouillés remontent mal et ont tendance à se coller sur les tiges ou sur les parois du trou, formant ainsi des "bouchons".

Ces difficultés peuvent cependant être souvent résolues, comme nous le verrons plus loin, et la foration à l'air dans les couches aquifères ne paraît pas un handicap insurmontable.

#### 2.4. - CONCLUSION :

En fin de compte le seul handicap important de la foration à l'air par rapport au rotary à la boue est l'impossibilité de traverser les couches bouillantes lorsque celle-ci sont en profondeur.

Par contre la foration à l'air présente de gros avantages, en particulier :

- dans les zones désertiques où l'eau est rare.
- Pour la foration dans les fractures, les pertes totales étant moins graves dans le cas de l'air que dans le cas de la boue.
- Dans les zones difficiles d'accès, les sondeuses à l'air étant plus maniables que les appareils rotary.

- Pour la foration des roches dures, la percussion ayant dans ce cas des performances supérieures.

- La fourniture de renseignements géologiques et surtout hydrogéologiques, beaucoup plus exacts et précis.

Donc en principe le sondage à l'air, jusqu'ici surtout utilisé par des mineurs et les géotechniciens, doit se développer en hydrogéologie, moyennant sans doute une certaine évolution du matériel mis en oeuvre et de la technique des sondeurs.

Nous allons voir maintenant comment s'est faite cette évolution des techniques au Maroc.

### 3. - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES ET PERFORMANCES DES DIFFERENTES SONDEUSES A L'AIR UTILISEES EN HYDROGEOLOGIE AU MAROC.

#### 3.1. - LE MARTEAU "HORS DE TROU" ATLAS-COPCO BBE 57.

La première expérience marocaine d'une étude hydrogéologique par la méthode des sondages à l'air a été effectuée fin 1974 dans la plaine de Tiznit (Sud d'Agadir) à l'aide d'une sondeuse Atlas-Copco BBE57, marteau "hors de trou" (avec un compresseur Atlas-copco - PR.-600).

.../...

En 3 mois de travail (novembre 74 à février 1975) 136 sondages ont été réalisés représentant 4000 mètres linéaires. (profondeur moyenne des sondages 30 m). Le diamètre du trou était soit 89, soit 76 mm. On a prospecté ainsi une surface d'environ 1000 km<sup>2</sup>, avec un prix moyen du mètre linéaire de l'ordre de 100 DH.

La méthode de foration adoptée a donné entière satisfaction dans les zones de recouvrement dunaire (éboulements des trous).

L'avancement moyen a été de l'ordre de 5 minutes/mètre.

A la suite de ce succès deux autres chantiers ont été entrepris avec le même matériel mais dans des conditions complètement différentes.

Ainsi à Al Noceima il n'a pas été possible de forer aux diamètres voulus dans des calcaires fissurés et karstifiés.

En effet les cuttings ne remontaient pas et, en s'accumulant dans le trou, formaient des "bouchons". Ceci était dû à un débit d'air insuffisant, provenant à la fois des tiges de forage trop petites ( $\emptyset$  ext. 16mm) et du diamètre du trou trop grand ( $\emptyset$  102 à 115 mm).

Il est apparu d'autre part que les tiges du marteau "hors de trou" sont trop flexibles et que dans les zones fissurées et karstiques elles ont tendance à dévier très facilement, d'où des coincements répétés.

Une troisième et dernière expérience a été tentée à Figuiq avec le même matériel et les mêmes diamètres de foration qu'à Al Hoccima, mais dans des calcaires massifs peu ou pas fissurés. Le diagnostic d'Al Hoccima a été confirmé, à savoir que le débit d'air était insuffisant pour remonter les cuttings dans les diamètres et profondeurs imposés.

A la suite de ces 3 expériences on est arrivé à la conclusion que la technique du marteau "hors du trou" était valable pour des trous peu profonds (50 m au maximum) et en petit diamètre (76 mm). Pour des profondeurs ou des diamètres supérieurs il a été nécessaire de faire appel à la technique du "fond de trou".

### 3.2. - LES MARTEAUX "FOND DE TROU"

Dans le marteau "fond de trou", comme son nom l'indique, le marteau ne reste pas en surface mais est situé immédiatement au-dessus du taillant et il est descendu au bout des tiges jusqu'au fond du trou.

Avec ce système les pertes d'énergie entre le marteau et le taillant sont réduites au minimum et la vitesse de pénétration dans la roche ne diminue guère avec la profondeur. Il est possible alors de descendre plus profond et aussi d'augmenter les diamètres. Il faut ajouter que les tiges d'injection d'air ont un diamètre beaucoup plus grand que dans le marteau "hors de trou" (170 ou 90 mm de Ø ext. contre 16mm). Ceci permet des débits d'air plus importants, donc un meilleur soufflage des déblais. De plus une meilleure rigidité des tiges de forage et le bon guidage, entre les parois du trou et le marteau permettent d'éviter les déviations, même en terrain fracturé.

Le seul inconvénient de ce système est qu'en cas de coincement dans le trou (à la suite d'un éboulement ou d'un incident quelconque) et d'abandon du marteau, cela coûte plus cher (en effet on perd le taillant, le marteau, et un certain nombre de tiges de forages, alors qu'avec le "hors de trou" on ne perd que le taillant et les tiges). Mais si le sondeur est compétent et attentif ce risque est minime.

Signalons enfin que le niveau sonore du "fond de trou" est beaucoup plus faible que celui du "hors de trou", étant donné que le bruit, produit en profondeur, est considérablement atténué en arrivant en surface. Ce détail peut paraître bien superflu. Il ne l'est pas pour le personnel (Ingénieurs et techniciens) qui doivent rester en permanence près de la machine des mois durant.

Donc, en définitive, le marteau "fond de trou" ne présente guère que des avantages par rapport au "hors de trou", du moins dans le domaine de la recherche hydrogéologique où :

- La qualité des cuttings est primordiale (en partie liée à un bon soufflage).
- Les profondeurs à atteindre sont le plus souvent supérieures à 50 m.
- Les roches à perforer sont souvent fissurées (en particulier lors de recherches dans les calcaires).
- On a tendance à augmenter le  $\varnothing$  des trous (entre 8" et 10" par exemple) afin d'obtenir des renseignements précis sur les débits, et aussi transformer immédiatement les sondages de reconnaissance en forages d'exploitation.



4. BILAN DES TROIS ANNEES DE RECHERCHE D'EAU PAR  
LA TECHNIQUE DU FORAGE A L'AIR.

Depuis 1974 La Direction de l'Hydraulique utilise intensément la foration à l'air comme outil de prospection. C'est ainsi que de 1974 à 1977 elle a effectué près de 60.000 mètres linéaires de forage à l'air de reconnaissance (sans équipement) soit environ 1500 trous dans les différentes provinces du MAROC. Cela représente une dépense totale de l'ordre de 15.000.000 DH (en 3 ans et demi) soit un coût moyen du mètre linéaire de l'ordre de 150 DH.

La première campagne de prospection des eaux souterraines par foration à l'air au Maroc a été menée par la Direction de l'Hydraulique dans la plaine de Tiznit à l'aide d'une sondeuse Atlas-Copco BEE 57 équipée d'un marteau "hors du trou" appartenant à l'Entreprise Solmaroc. Ce matériel permettait de forer en  $\varnothing$  3" 1/2 jusqu'à 50 m maximum.

Cette première tentative s'étant révélée positive, une deuxième campagne fut immédiatement lancée dans la Province de Tan Tan. Cette fois-ci le matériel utilisé était 2 sondeuses "Halco 400" du BRPM avec "marteau fond de trou". Ces sondeuses permettaient d'atteindre 100 m de profondeur avec un diamètre de 4". Les compresseurs utilisés étaient soit un PR 600 soit un PRH 700 d'Atlas-Copco.

Au cours de cette campagne menée dans les zones désertiques du Sud il fut démontré que le marteau "fond de trou" constituait un progrès considérable par rapport au "hors de trou" et que cette technique de foration était particulièrement bien adaptée à la recherche hydrog'ologique dans ces régions.

Aussi la Direction de l'Hydraulique lança-t-elle, dès la fin 1975, une opération pour l'exécution de "32.000 mètres de forages à l'air dans les zones désertiques du Sud-Marocain",

Ce marché de forage, prévoyait l'utilisation simultanée de 2 sondeuses à l'air pendant 2 ans. La principale nouveauté de ce marché résidait dans l'utilisation du tubage à l'avancement pour la traversée des alluvions et des terrains décomprimés de surface. L'entreprise à qui ont été confiés ces travaux est SOLMAROC qui opta pour l'utilisation de 2 sondeuses Stenwick Perfotrack 66, équipées du système Saturn de tubage à l'avancement et fonctionnant à l'aide de compresseurs PRH 700 Atlas-Copco. Ce marché se termine actuellement après l'exécution d'environ 40.000 mètres linéaires de foration; en  $\varnothing$  4" 1/4, jusqu'à 100 m de profondeur maximum.

En 1976 la Société SIF a exécuté à Bou Arfa pour le compte de la DH un sondage de 150 m de profondeur en  $\varnothing$  8" 1/2 à l'aide d'une foreuse Aquadrill équipée d'un marteau "Fond de trou" Atlas - Copco. C'était là le record de profondeur dans ce diamètre au Maroc. Pour ce travail <sup>la</sup> S.I.F utilisait 2 compresseurs en série (un PRH 700 et un PR 600).

Enfin en 1977 un progrès considérable a été fait avec la réalisation, par des sondeuses à l'air, non plus de simples sondages de reconnaissance mais de véritables forages d'exploitation tubés et crépinés.

Pour sa part la Société Solmaroc a réalisé pour le compte de la Direction de l'Hydraulique des forages d'exploitation, dans les provinces Sahariennes forés en  $\varnothing$  8" 1/2 et tubés en  $\varnothing$  6" jusqu'à 75 m de profondeur (toujours avec la même sondeuse Stenwick Perfotrack 66).

D'autre par la Société Comafor (Filiale de la Société Française PARSON) a exécuté à Marrakech une série de forages en gros diamètre (10", 12", 15") jusqu'à 150 mètres de profondeur en utilisant des compresseurs Haute-Pression (17 et 25 kg/cm<sup>2</sup>), Maître d'oeuvre : Ministère de l'Agriculture, ouvrant ainsi de nouveaux horizons à la foration à l'air en matière de prospection des eaux souterraines.

##### 5. PERSPECTIVES D'AVENIR

Il est certain que la foration à l'air constitue une véritable révolution dans le domaine de l'Hydrogéologie et que cette technique ne peut que remplacer progressivement les techniques classiques de forage.

Les avantages de la foration à l'air sont les suivants :

- Pas de pollution de trou par l'eau ou la boue, ainsi les moindres venues d'eau sont décelables.
- Grande sensibilité à la nature de la roche (en particulier pour la détermination des cavités ou fractures).
- Remontée rapide des cuttings et bonne qualité de la coupe géologique.
- Prix de revient du mètre linéaire de foration nettement inférieur.

.../...

- Performances très intéressantes dans les roches très dures par rapport aux autres techniques.

Les inconvénients sont bien connus :

- Difficulté de forer les roches non consolidées (éboulement du trou).
- Performances peu intéressantes dans les roches plastiques (argiles ou marnes humides).
- Diamètres de foration souvent trop petits pour les ouvrages d'exploitation d'eau et profondeurs atteintes faibles.

Des améliorations plus ou moins artisanales ont été apportées récemment, sur certains modèles de sondeuses à l'air, visant à éliminer ou du moins réduire ces inconvénients. Nous citerons :

- Le tubage à l'avancement type SATURN ou OD qui permet de traverser les alluvions superficielles sur quelques mètres.
- La mousse pour faciliter la remontée des gros cuttings dans les argiles plastiques.
- Les sondeuses mixtes marteau "Fond de trou" rotary à la boue.
- Les marteaux de gros diamètre pour les ouvrages d'exploitation.
- Les compresseurs Haute-Pression et à gros débit.

.../...

Ces progrès considérables, effectués en quelques années, nous amènent à penser que la foration à l'air va prendre une part de plus en plus grande du marché de forages d'eau.

De plus, compte tenu de l'intérêt scientifique de cette méthode de prospection, de sa rapidité et de son coût relativement réduit, la foration à l'air modifie la méthodologie de la recherche des eaux souterraines. Ainsi dans certains cas on remplace un profil géophysique par une série de sondages.

En conclusion, en matière de recherche d'eau souterraine, tous les espoirs se fondent sur la technique de la foration à l'air. La Direction de l'Hydraulique suit attentivement tous les progrès techniques effectués dans ce domaine, en essayant de les assimiler et de les utiliser pour une meilleure connaissance des ressources en eau du Maroc.

SÉMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSACRÉ À LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ÉLEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES

NIAMEY, NIGER, 12-17 FÉVRIER 1979

C.I.E.H  
CENTRE INTERAFRICAIN  
D'ÉTUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.  
CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE À  
LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ET.10  
13 février 1979

FRANCAIS

Original : français

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

LES AMENAGEMENTS DES BAS FONDS EN HAUTE VOLTA

M. ZABRE HADO Paul  
Chef du Service Hydraulique  
Humaine et Industrielle.  
Ouagadougou - HAUTE VOLTA

// ES AMENAGEMENTS DES BAS-FONDS

EN HAUTE - VOLTA

-----oO-----

L'article ci-dessous constitue la première partie d'une note rédigée par la direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural de Haute Volta.

1. - GENERALITES

L'accroissement démographique de la Haute Volta entraîne progressivement une surexploitation des terres hautes, aux sols minces, cultivées traditionnellement en mil et en sorgho.

Les sols de bas-fonds où se déposent les éléments érodés sur les plateaux, plus profonds, sont généralement peu exploités ; les cultures traditionnelles supportent très mal une submersion, même limitée. Par ailleurs ces sols profonds imposent bien souvent la culture attelée, voire mécanisée (très limitée par ailleurs).

Objectifs

Les aménagements de bas-fonds, essentiellement réalisés en investissement humain visent à une meilleure maîtrise de l'eau à l'aide de diguettes, submersibles par forte crue.

Ces diguettes :

- retiennent l'eau après la crue et augmentent donc la durée de submersion ;
- étalent la crue sur toute la largeur du lit majeur et augmentent la surface de submersion ;
- augmentent donc fortement la recharge en eau des sols.

Ces sols, plus longtemps humides permettent la culture du riz et marginalement le maraîchage.

On peut donc

- améliorer les rendements de la riziculture là où elle existe,
- introduire cette culture ailleurs.

A l'échelon national, les aménagements de bas-fond font partie des moyens d'accroissement des productions indispensables à la satisfaction de besoins alimentaires croissants.

Mais il faut que les réalisateurs soient convaincus de l'intérêt de tels ouvrages... L'aspect social et psychologique de la préparation de tels projets est au moins aussi important que l'étude technique. Et la plus grande prudence est conseillée sur l'étendue des premiers travaux.

### Historique

De nombreuses tentatives d'aménagements ont été déjà faites avec plus ou moins de succès ; les dernières d'entre elles permettent de nourrir quelques espoirs quant à la réussite de l'opération.

Les causes de ces insuccès sont multiples :

- les premiers aménagements ont été entièrement réalisés au tracteur, sans participation des paysans concernés ;
- l'encadrement insuffisant a très vite entraîné l'abandon du bas-fond après une ou deux années d'exploitation ;
- les surfaces entreprises n'étaient pas en rapport avec les possibilités des paysans déjà occupés par les céréales traditionnelles et peu motivés pour la culture du riz.

La dernière tentative semble plus prometteuse, en raison surtout de l'utilisation de l'investissement humain et grâce aussi à la présence d'un encadrement dense et qualifié. Ce dernier est indispensable pour conseiller les paysans sur les variétés, les semis, sarclages et autres opérations culturales

## 2. - CHOIX DU BAS-FOND

Nous allons examiner à présent les différents critères régissant l'aménagement des bas-fonds. Leur observation est essentielle à la réussite de chaque aménagement et conditionne le succès global de l'opération.

Ces facteurs sont de deux ordres :

- technique (pédologie, topographie, hydrographie),
- socio-économique { desir des paysans d'aménager,  
discipline collective,  
équilibres agro-pastoraux à respecter.

### Facteurs techniques

La satisfaction de certaines exigences techniques impose un choix préalable du bas-fond en fonction de ses caractéristiques physiques.

#### - La pédologie

Une classification pédologique très simplifiée utilisée en Haute Volta range les sols en cinq grandes classes constituant une toposéquence. Les bas-fonds font partie des sols "hydromorphes permanents" (classe V)

L'hydromorphie est une condition nécessaire à la riziculture mais il faut en outre que texture et structure du sol conviennent.

Des sols sablo-argileux constituent un terrain favorable à la riziculture :

- humidification rapide
- bonne rétention de l'eau
- peu de retrait à la sécheresse
- facilité de travail au sol.



Les sols hydromorphes sableux sont par contre moins favorables. Leur perméabilité réduit considérablement l'effet des diguettes.

Certains bas-fonds sableux peuvent toutefois être retenus dans des zones de bonne pluviométrie.

Il est au moins aussi intéressant de suivre les variations de niveau de la nappe souterraine que celle de la nappe d'eau libre.

#### - La topographie

La topographie du bas-fond doit satisfaire certaines conditions. La pente moyenne du terrain doit être faible, d'une part pour limiter la densité des diguettes, d'autre part en raison des risques de dégradation dus à l'écoulement rapide des eaux sur des pentes fortes.

La pente optimale d'un bas-fond est de 3 %, celle-ci peut aller jusqu'à 6 ou 7 % ; des pentes de 1 % sont à éviter, pour les raisons évoquées ci-dessus et ce d'autant plus que ces pentes correspondent à des bas-fonds petits et encaissés où le niveau des crues est souvent incompatible avec une bonne tenue des diguettes. On s'efforcera donc de ne retenir que des bas-fonds larges et aussi plats que possible.

#### - Pluviométrie - Régime des eaux

Si l'asohyète annuelle relative à une zone donnée est assez bien connue, la répartition spatiale et temporelle des pluies l'est beaucoup moins.

On a constaté en 1971 à Temmoré des différences pluviométriques de plus de 100 mm entre 2 bas-fonds éloignés de 3 km seulement. Seule l'observation nous indique que tel ou tel bas-fond est en général mal arrosé et que la culture du riz y sera délicate.

La répartition temporelle des pluies appartient encore au domaine de l'imprévisible et fait que la culture du riz dans les bas-fonds restera liée aux aléas pluviométriques. Il a été constaté, cette année en particulier, que le riz recite assez bien à la sécheresse, mais celle-ci portera toujours préjudice aux rendements.

Le régime des eaux est en général assez mal connu ; quelques renseignements peuvent être obtenus auprès des paysans. Toutefois, le calcul permet une approche plus technique du phénomène.

Cette étude fait intervenir surface, pente moyenne, forme du bassin versant, perméabilité, valeur de la pluie décennale. On obtient ainsi un ordre de grandeur du débit de crue décennal. Mais le temps de montée de la crue est une donnée aussi importante sinon plus, que l'observation seule permet de connaître. Une submersion lente est en effet beaucoup moins destructrice qu'un orage bref et violent qui provoquera une montée brutale des eaux.

.../...

Une année ou deux d'observation même sommaire, de l'évolution des niveaux de crue (3 ou 4 crues observées en crue et décrue) fournirait des données particulièrement intéressantes à l'ingénieur chargé du projet.

L'évocation de tous ces paramètres techniques, leur connaissance insuffisante, la variation de certains d'entre eux, montrent que l'aménagement d'un bas-fond constitue un compromis qu'il faut rendre aussi heureux que possible.

#### Facteurs socio-économiques

Alors que la conception de l'aménagement fait appel à des critères techniques, le choix de cet aménagement fait intervenir des critères socio-économiques dont l'étude constitue un préalable à tout travail technique.

##### - Problèmes fonciers

L'aménagement vient bouleverser les structures agraires traditionnelles, les terres sont redistribuées au prorata des journées de travail effectuées. Il se pose donc un problème de recensement des terres lorsque le bas-fond est déjà exploité. Il est indispensable, préalablement à l'aménagement, de faire admettre le principe de la redistribution des terres et de la création de nouvelles parcelles.

S'il s'agit d'un bas-fond inexploité, il existe le plus souvent un propriétaire dont il est nécessaire d'obtenir l'accord, et à qui il faudra généralement attribuer une parcelle.

##### - Problèmes humains

Les paysans concernés doivent être convaincus de l'utilité de l'aménagement qu'il vont réaliser. L'accord de principe est facile à obtenir, mais, il faut s'assurer que, le temps venu, les paysans apporteront leur participation effective à la création de l'aménagement. Lors des réunions préparatoires, l'encadreur insistera donc sur le fait que l'aménagement est réalisé à la main par ceux qui en seront les bénéficiaires.

Ces réunions préparatoires peuvent utilement être illustrées par la visite de bas-fonds déjà aménagés, ou des projections de diapositives montrant des aménagements. Il importe de bien choisir les premiers riziculteurs, surtout dans une zone nouvelle où la première opération est souvent déterminante pour la poursuite de l'aménagement (Voyages d'information).

La "motivation" des paysans est donc très importante ; à la limite, dans les zones où il existe déjà des bas-fonds aménagés, l'exemple doit suffire pour susciter chez les paysans le désir d'aménager à leur tour, leur bas-fond.

##### - Problèmes économiques

La superficie aménagée chaque année doit être fonction des possibilités rizicoles des agriculteurs déjà occupés par les cultures traditionnelles (sorgho, mil, maïs).

.../...

Suivant les bas-fonds, il est donc attribué 10 à 20 ares par famille ; au-delà, les sarclages sont négligés, la parcelle mal entretenue. Si l'on tient compte, en outre, du fait que l'aménagement doit concerner des zones de 2 à 3 hectares au minimum en 1ère année (10a 15 ensuite, en fonction des besoins) il faut donc réunir 10 à 30 familles en 1ère année.

L'aménagement exige donc un grand effort du paysan en 1ère année : construction de la diquette, dessouchage, deux aides peuvent lui être accordées, les vivres distribués par le Programme Alimentaire Mondial (P.A.M.) et l'intervention d'unités motorisées.

Un autre point à souligner est l'utilisation traditionnelle des bas-fonds comme zone de pâturage pendant toute la saison sèche. Il y a donc un équilibre agro-pastoral à respecter car les aménagements de bas-fonds sont autant d'hectares pris à l'élevage. Le projet d'aménagement devra en outre tenir compte des pistes traditionnelles de passage des troupeaux, pistes qu'il est préférable de ne pas déplacer.

### L'encadrement

L'encadrement est indispensable à la réussite de l'aménagement. L'encadreur connaît bien le milieu dans lequel il travaille, il pourra diriger les réunions d'information auprès des paysans, recueillir les renseignements nécessaires aux techniciens, conseiller utilement les agriculteurs dans la conduite de l'aménagement, inciter à l'utilisation des engrais.

Le développement des aménagements de bas-fonds va de pair avec la mise en place d'un encadrement aisé et qualifié.

### 3 - TECHNIQUE DE L'AMÉNAGEMENT

Le présent chapitre ne prétend pas fournir la solution idéale mais, explicite simplement les principes pris en compte dans la réalisation des aménagements. Chaque campagne s'inspire des résultats de la précédente et essaie d'en corriger les erreurs. Cet effort permanent de mise au point concerne aussi tous les aspects de développement dont les suggestions et remarques sont toujours fort utiles.

#### - Principe de l'aménagement

Les bas-fonds étant susceptibles d'être traversés par des crues importantes, l'aménagement n'a pour but que d'assurer un contrôle partiel des eaux ; il doit donc être aussi rustique que possible, tout en ayant l'efficacité maximum sur le plan rizicole.

L'aménagement consiste en la création de diquette en terre compactée de 30 cm de hauteur construite suivant les courbes de niveau et permettant de retenir une lame d'eau de 10 à 20 cm d'épaisseur.

#### - Lever topographique

En raison des pentes faibles de bas-fonds, il est indispensable pour déterminer le micro-relief, de procéder à un lever topographique.

Toutefois, certains bas-fonds sont aménagés en implantation directe, ce qui évite un second déplacement sur le terrain. Cette méthode se justifie pour de petits aménagements de 2 ou 3 hectares où il est possible d'avoir une vue d'ensemble du terrain ; pour de plus grandes surfaces, le lever topographique donne une meilleure idée de l'ensemble du bas-fond et permet une répartition plus régulière des diquettes ; il permet de créer des parcelles de forme régulière.

Enfin il subsiste un plan auquel il est possible de se référer ultérieurement.

La densité des points doit être suffisante pour permettre un tracé correct des courbes de niveau. On lève environ un point tous les 20 mètres de façon à obtenir un quadrillage régulier du terrain. En outre tous les points particuliers sont notés ; arbres, pistes, concessions, marigots, passages de troupeaux.

Malgré la densité des points, certains petits accidents de terrain n'apparaissent pas au lever mais sont perceptibles à la réalisation lorsqu'il se trouvent près de l'emprise de la diguette. L'implantation pourra donc éventuellement rectifier localement le tracé de l'aménagement.

Les stations sont matérialisées par de forts piquets de bois dépassant de quelques centimètres du sol et repérés par d'autres piquets plus importants.

Cependant, si l'implantation n'est faite qu'après la saison des pluies il est nécessaire de remplacer ces piquets par des bornes : buses Volbricram de 12 cm de diamètre remplie de ciment ; leur couleur rouge permet de les retrouver rapidement.

Le lever, après calcul, est reporté à l'échelle de 1/1000 et les courbes de niveau tracées par interpolation linéaire entre tous les couples de points.

Une équipe topographique entraînée peut lever 6 à 10 hectares par jour suivant les difficultés rencontrées soit 250 à 300 points par jour ; pour les petits bas-fonds, la surface levée est d'environ 6 ha/jour en raison des pertes de temps proportionnellement plus importantes.

Le tracé des courbes de niveau et le projet sont souvent faits en bureau d'études, on compte un à deux jours par bas-fond suivant la difficulté du projet et son importance.

Enfin l'implantation peut se faire à raison de 10 à 30 ha/jour.

Pour la campagne 1971 - 72, la superficie moyenne d'un lever est de 10 hectares, nous allons calculer le temps nécessaire pour lever, projeter, planter un bas-fond fictif de 10 ha :

- A aller retour, lever du bas-fond...	2 jours
- Calcul et report des points.....	2 "
- Tracé des courbes et études.....	2 "
- Implantation, y compris le trajet...	1 "
	<hr/>
Total....	7 jours.

A raison de 300 jours ouvrables par an, et en supposant une perte de temps de 20 jours (pannes de voiture, pertes de temps diverses sur le terrain etc...)

On peut estimer à 6000 hectares par an les possibilités d'une équipe topographique, en supposant que l'étude soit faite par le bureau d'études, l'équipe topographique pourra lever 600 hectares.

Dans ces deux hypothèses les levés sont supposés stoppés et reportés pendant la saison des pluies ; ce qui n'est pas toujours le cas et en définitive une équipe pourra traiter entre 300 et 400 hectares par an.

#### - Trace de l'aménagement

##### Trace de la diguette

Le trace de l'aménagement se fait en bureau d'études, en tenant compte de tous les renseignements notés au cours du lever. Les itinéraires au détail seront exclus du périmètre car il est difficile de les déplacer ; il faut éviter en outre de noyer les pistes existantes, en essayant de placer la diguette à l'amont immédiat de la piste.

La diguette est constituée par décomposition de la courbe en une succession de segments de droite suivant aussi fidèlement que possible la courbe de niveau, et en corrigéant certains petits accidents de terrain (fig. 1)

Latéralement, la diguette remonte jusqu'à un point situé 10 cm plus haut que la courbe de niveau sur laquelle elle se trouve. Il faut éviter de créer des angles aigus, cause fréquente de rupture, en disposant convenablement les extrémités des diguettes.

##### - Longueur des diguettes

Des aménagements de bas-fonds étant le plus souvent réalisés dans des zones de fort ruissellement il est indispensable de prévoir certains passages pour l'eau qui permettront d'évacuer la majeure partie des crues. La création d'une diguette continue entraîne en effet et nécessairement la submersion lors des crues. Il semble d'après l'expérience, qu'une longueur de 100 mètres à 200 mètres de diguette soit une bonne moyenne ; les chemaux correspondant aux thalwegs naturels.

On constitue ainsi de petites unités d'aménagement en cas de rupture de l'une d'entre elles, les autres ne sont pas effectuées.

##### - Les ouvrages

Afin de protéger l'aménagement de la submersion certains ouvrages peuvent être prévus :

- les chenaux pour les axes hydrauliques marqués
- les deversoirs

La rupture des diguettes se produit toujours sur le cheminement préférentiel des eaux, c'est-à-dire dans les petites declivités où le tirant d'eau est plus fort et la vitesse d'écoulement plus élevée.

Les ruptures sur des diguettes successives constituent en général une séquence. Ce micro-relief n'apparaît pas toujours au lever, vu la densité des points mais apparaît souvent à la réalisation.

La construction de deversoirs en ces points particuliers éviterait leur rupture, retarderait la submersion de l'aménagement lors des grosses crues, et diminuerait la hauteur de submersion. - Ce deversoir pourrait être placé à 15cm au-dessous de la crête de la diguette.

### - Type d'aménagement

Les principaux types d'aménagement sont les suivants :

#### - Aménagement de type fermé

Le réseau est constitué par des diguettes suivant les courbes de niveau et, de part et d'autre, des diguettes suivant les lignes de plus grande pente. Ces diguettes latérales servent à la fois de diguettes de protection contre les fortes crues et de diguettes de retenue lorsque les casiers sont pleins.

L'alimentation des casiers se fait par submersion, ce qui entraîne une usure importante donc un entretien permanent.

Le problème du drainage des casiers se pose en début de saison, lorsque le riz n'est pas encore levé et qu'une forte crue submerge le périmètre, une sidang partielle est assurée par des buses placées à l'aval des casiers, ces mêmes buses assurent l'alimentation en eau lorsque la crue n'est pas assez forte pour submerger les diguettes.

Ce type d'aménagement peut être retenu dans le cas de bas-fonds très larges où les crues sont étalées par mesure de sécurité, la partie centrale du bas-fond peut servir de canal de passage pour les grosses crues, l'aménagement étant alors latéral, les casiers ne seront submergés que si les eaux sont assez hautes pour inonder la totalité du bas-fond.

Ce type d'aménagement ne permet pas de récupérer les petites crues qui sont pourtant très précieuses pour le riz ; il arrive qu'il y ait de l'eau à l'extérieur de l'aménagement et rien à l'intérieur.

Il est pourtant utilisé pour les bas-fonds situés entre 2 marigots ou constituant une île et pour les bas-fonds très plats, afin de réduire la longueur des diguettes latérales.

#### - Aménagement de type ouvert simple

Le réseau est constitué de diguettes suivant les courbes de niveau, latéralement ces diguettes se prolongent en remontant la ligne de plus grande pente, la cote du terrain naturel à l'extrémité de ce prolongement est supérieure de 20 cm à la cote d'implantation de la diguette, La diguette ayant une hauteur de 30 cm, le déversement se fera donc latéralement dès qu'il y aura 20 cm d'eau dans le casier, la revanche de la diguette est alors de 10 cm.

Il faut signaler que ce déversement latéral ne permet pas le passage de la totalité des grosses crues et que la submersion n'est pas évitée.

#### - Aménagement de type ouvert avec chenal d'écoulement

Ce type est une variante du précédent et convient pour les bas-fonds constitués d'un ou plusieurs thalwegs bien marqués et traversés par des crues moyennes ou fortes. L'aménagement est scindé en tronçons de longueur variant de 150 à 250 mètres, l'espace libre entre 2 untes constituant un chenal d'écoulement, Ces chenaux occupent les axes du ou des thalwegs existants.

Un tel aménagement présente l'avantage d'offrir un passage aux grosses crues, tout en récupérant une partie des eaux par les ouvertures latérales des diguettes.

Il est nécessaire de bien orienter les extrémités des diguettes de façon à limiter au maximum la force destructrice de l'eau.

- Aménagement avec petite retenue et dérivation

Il peut être intéressant dans certains cas, de créer une réserve d'eau plus importante que les 20 cm retenus par une diguette normale, on peut donc prévoir de construire la première diguette de façon à retenir 40 cm d'eau, le volume ainsi stocké est alors multiplié par 4.

La construction de cette diguette demande un soin particulier, il s'agit d'un ouvrage déjà important et l'on doit éviter sa dégradation, la submersion ne peut être admise ;

Un tel ouvrage ne doit donc pas constituer un obstacle continu à l'écoulement des eaux. Il se justifie comme dérivation sur un marigot. La revanche prévue est de 20 cm ; enfin, il faut pouvoir être en mesure de contrôler débits d'entrée et de sortie de l'eau dans la retenue.

On obtient aussi une maîtrise partielle de l'eau et la possibilité de réaliser des pépinières, permettant de repiquer ensuite dans la réserve elle-même. Un tel ouvrage nécessite des sols argileux de façon à obtenir une véritable retenue d'eau conservant l'eau plusieurs jours.

Cet ouvrage nécessite des travaux importants de réalisation et exige une certaine technicité des utilisateurs.

- Implantation

L'implantation est réalisée par l'équipe topographique qui a effectué le lever. La base de l'implantation est constituée par les bornes des stations laissées en place et par tout autre repère fixe ayant été noté au cours du lever. La technique employée est soit l'alignement et le chaînage, soit le rayonnement à partir des stations. Le plus grand soin doit être apporté à ce travail de façon à reproduire fidèlement le plan résultant de l'étude.

Seuls les angles des diguettes sont matérialisés par un piquet ; afin d'éviter toute confusion entre deux piquets au cours de la réalisation, chaque diguette est caractérisée par un numéro, une lettre ou une couleur figurant sur les piquets. Ceux-ci étant parfois assez éloignés les uns des autres, et afin d'éviter toute erreur due à la disposition d'un piquet, il est conseillé de placer quelques piquets intermédiaires et éventuellement de dégager à la date le futur emplacement de la diguette dès son implantation.

- Utilisation d'une unité motorisée

L'emploi d'une unité mécanisée modifie peu les temps de travaux précédents. L'emploi de la charrue pour matérialiser la diguette ne supprime pas le piochage des déblais, la terre ramuée à l'emplacement même de la diguette exige un compactage soigné.

La zone de labour doit être suffisamment large pour que le volume de terre remuée soit suffisant, car les volontaires piochent rarement après le passage du tracteur.

Le dessouchage n'est possible avec la sous-soleuse que pour de petits arbrustes. Les souches doivent être enlevées à la main.

L'emploi de l'unité mécanisée trouve surtout son intérêt dans la préparation des sols (sous-solage de premier labour) ou dans le cas de terrassement importants. (construction d'un drain, grosses diguettes de protection).

## 5 - UTILISATION DE L'AMÉNAGEMENT

### L'entretien

Si l'on veut que l'aménagement une fois mis en place demeure fonctionnel pendant plusieurs années, il doit constamment être mis en état. Plusieurs parcelles étant sous la dépendance d'une même diguette et l'influence des diguettes les unes sur les autres étant très importante (la rupture d'une diguette amont risquant fort de faire réaction en chaîne) l'entretien du périmètre doit être collectif.

Après chaque pluie les trêches qui peuvent s'être formées sont corrigées quelque soit leur importance.

### Conduite de l'aménagement

On ne peut comparer la conduite d'un aménagement d'aval de barrage où l'eau est parfaitement contrôlée avec celle d'un bas-fonds aménagé où la quantité d'eau et sa répartition dans le temps sont incontrôlables. En raison de la dépendance des parcelles entre elles à l'intérieur d'un même casier et d'amont en aval les vidanges et remplissages éventuels exigent une conduite collective de l'aménagement et des stades végétatif à peu près identiques.

Il appartient à l'encadreur de veiller à la meilleure utilisation possible de l'aménagement et à la mise en place homogène des semis.

Ce problème ne se pose évidemment pas sur certains bas-fonds où le ruissellement est quasi-inexistant et où il n'y a donc ni vidange ni remplissage à assurer.



A N N E X E

Plusieurs organismes sont nées en Haute-Volta dans le sens de l'aménagement du territoire et ayant des activités potentielles :

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

- Rôle :
- construction des barrages,
  - aménagements rizicoles ou céréaliers des avals de barrages,
    - technique type classique des grands aménagements, prise d'eau par système vanne, canal central, canaux secondaires et tertiaires,
    - utilisation rationnelle de l'eau par système de vanettes.

Ex : Résultats des campagnes 1977 et 1978 (voir ci-après)

Prévisions de la campagne 1979.

Note :

- Les annexes suivantes seront publiées dans le compte-rendu du Séminaire.
- Cultures maraîchères irriguées en Haute-Volta - choix d'une méthode d'irrigation.
  - Aménagement des vallées des Voltas.
  - Citation de la "Proposition de financement 3ème FED (rectifiée), juillet 1973".
  - Questionnaires n° 1 et n° 2.

RESULTATS DES CAMPAGNES 1977 ET 1978  
PREVISIONS DE LA CAMPAGNE 1979

Compte tenu des objectifs qui lui sont assignés, l'exercice de l'Office National des Barrages et de l'Irrigation (ONBI) est de 12 mois et s'étend du 1er Octobre au 30 Septembre. La campagne dure 6 mois et s'étend du 1er Novembre au 30 Juin.

I - RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1977

1°) Aménagement de l'aval des barrages ruraux

Le tableau ci-dessous donne les prévisions et réalisations de l'ONBI au 30 Juin 1977. Les travaux ont démarré le 1er Février 1977.

Sites	Superficie ha		Taux de Réalisation %	Financement
	Prévues	Réalisées		
Gouinré	27,40	17	62	FED
Gah	29,90	11	37	FED
Bogandé	18	9	50	FED
Tougou	8,30	6	72	FED
<b>T O T A L</b>	<b>83,6</b>	<b>43</b>	<b>51</b>	

L'ONBI n'a pas atteint l'objectif qu'il s'était fixé, à savoir mettre 83,6 ha à la disposition des ORD au plus tard le 30 Juin 1977. Ce retard est essentiellement dû :

- A l'installation et à l'arrivée tardives des crédits et du matériel ; les travaux ont démarré en Février 1977 au lieu de Novembre 76.
- A la rupture de stock de ciment en Haute-Volta dès le mois de Mars.
- A la dispersion inévitable des chantiers entraînant une dispersion des moyens.

.../...

RESULTATS DE LA CAMPAGNE 77-78

1°) Aménagement de l'aval des barrages ruraux.

Le tableau ci-dessous donne les prévisions et réalisations de l'ONBI au 30 Juin 1978. Les travaux ont démarré le 1er Novembre 1977.

Sites	Superficie ha		Taux de réalisation %	Financement
	Prévues	Réalisées		
Gouinré	10,40	10,40	100	FED
Gah	18,90	18,90	"	"
Bogandé	27,50	27,50	"	"
Mani	25,45	25,45	"	"
Bilanga	21,15	21,15	"	"
Tougou	2,30	2,30	"	FDR
Bidiga	7,10	7,10	"	"
Donsé	25,45	15	59	"
<b>T O T A L</b>	<b>138,25</b>	<b>127,80</b>	<b>92</b>	

Il ressort de ce tableau que l'ONBI a réalisé son programme à 92 %. Le retard constaté à donné provient d'une installation tardive des crédits.

Au cours de la campagne 77 - 78, l'ONBI a assuré la réfection du périmètre aménagé de Louda, inondé en 1975 suite à la rupture du barrage. Les travaux ont porté sur :

- La construction de 3000 ml de canal principal, de prises d'irrigation, de dalots et de siphons,
- le rechargement de 3000 ml de piste,
- la réfection de la prise d'eau dans le barrage.

Ces travaux de réfection ont été financés par les Pays-Bas.

.../...

III - PREVISIONS DE LA CAMPAGNE 78 - 79

1°) Aménagement de l'aval des barrages ruraux

a) Fonds Européen de Développement (FED)

Il est prévu deux chantiers

Tapoa : 76,10 ha

Boudiéri : 22,65 ha

Total 98,75 ha

b) Fonds de Développement Rural (FDR)

Il est prévu

Donsé : 10,45 ha

Dargo : 8,8 ha

Ouargaye : 25,00 ha (si le dossier est approuvé)

Total 44,25 ha

c) Aide des Pays-Bas

Il est prévu

- la réfection de la rive gauche du périmètre de Louda

- une extension de ce périmètre de 20 ha

d) Fonds Africain de Développement (FAD)

Il est prévu l'aménagement de 57 ha à l'aval du barrage de Dablo si le dossier est approuvé.

Ainsi donc pour la campagne 78-79, l'ONBI compte mettre à la disposition des OED 138 à 220 ha.

2°) Projet 40 barrages

Il est prévu la construction des barrages de :

- Boukouma à l'entreprise - Financement FAD

- Savili en régie - Financement Pays-Bas

- Mansoufougui en régie - Financement Pays-Bas

- Tikaré en régie - Financement FAD

- Séguénéga en régie - Financement FAD.

A la fin de la campagne 78-79, cinq nouveaux barrages seront mis à la disposition des paysans et éleveurs, portant ainsi le nombre de barrages construits dans le cadre du projet 40 barrages à neuf (9) sans compter le barrage de Ouahigouya.

SÉMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSACRÉ À LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ÉLEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES

NIAMEY, NIGER, 12-17 FÉVRIER 1979

C.I.E.H  
CENTRE INTERAFRICAIN  
D'ÉTUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.  
CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE À  
LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ET.11  
13 février 1979

FRANCAIS

Original : français

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

L'EAU : POSSIBILITES ET LIMITES  
EN MATIERE DE DEVELOPPEMENT RURAL

MOULAYE Abdallah  
Directeur de l'Hydraulique  
et de l'Energie.  
NOUAKCHOTT (Mauritanie)

Depuis l'aube des civilisations, des populations entières n'ont pu vivre et faire proliférer leurs activités qu'en triomphant des restrictions imposées par le milieu naturel, notamment en ce qui concerne le volume et la répartition des ressources en eau. De nos jours encore les régions arides sont confrontées à des difficultés considérables et doivent déployer beaucoup d'efforts pour lutter contre la dévastation de leur économie.

La répartition des ressources en eau, inégale dans ces pays arides, y conditionne la vie et la nature des hommes.

La maîtrise de l'eau dans nos pays devient ainsi et demeure une nécessité primordiale sans laquelle aucune action permanente n'est possible en matière de développement.

L'importance de l'eau pour les pays du Sahel, réside dans son impact sur les activités économiques et l'extrême vulnérabilité du système socio-économique aux calamités naturelles.

C'est pourquoi, l'ampleur de la sécheresse qui frappe nos pays depuis 1969 et dont les effets se font encore sentir a été telle que les populations n'ont pu survivre que grâce au déploiement d'efforts considérables des Gouvernements et à l'aide accrue de la Communauté Internationale. A cet effet, les Nations Unies ont organisé en une seule année deux conférences internationales pour sensibiliser l'opinion mondiale sur les conséquences des calamités naturelles.

C'est dans le cadre de la recherche de solutions aux effets de telles calamités que s'inscrit notre séminaire sur la politique de l'eau pour l'agriculture et l'élevage en zones arides.

La contribution de la République Islamique de Mauritanie sera modeste certes, mais contribuera à la connaissance des problèmes pour lesquels nous sommes réunis dans un pays à la fois

.../...

sahélien et saharien. Le présent document comportera quatre chapitres qui présenteront la Mauritanie, ses ressources et besoins en eau, les possibilités et limites pour le secteur rural ainsi que la politique envisagée dans le cadre d'une planification de l'utilisation des eaux.

## I. PRESENTATION DE LA MAURITANIE.

### 1. Géographie physique.

Extrémité Ouest du domaine saharien, la Mauritanie s'ouvre sur l'Atlantique par une côte basse et très découpée de 500 km environ. La majeure partie du pays, qui couvre au total 1.085.000 km<sup>2</sup> avec la forme (+) approximative d'un quadrilatère de 1.000 km suivant les parallèles et plus de 1.000 km suivant les méridiens, est tabulaire ; l'altitude maximum est enregistrée dans la Dédia d'Idjil, piton près de F'DERICK qui culmine à 917 m.

On peut distinguer 3 domaines géographiques. Au nord, il existe une pénéplaine très arrasée d'où émergent quelques domes ou pitons de roches plus dures : c'est le pays REGUEIBAT s'étendant jusqu'aux environs de NOUADHIBOU, et prolongé par une bande médiane Nord-Sud (Inchiri, Agan, Aftout, Guidimaka), de largeur variable où alternent rags et zones ensablées, avec les rares pitons et des chainons quartzitiques tels que les monts Oua-Oua, dans le Guidimaka. A l'Ouest, cette pénéplaine se poursuit jusqu'à la mer, en parfaite continuité topographique, par des terrains formant le remplissage d'un bassin sédimentaire côtier, remplissage affleurant sous forme de grès argileux, et au Nord de calcaire gréseux. A l'Est et au centre enfin, l'immense bassin sédimentaire de Taoudeni se termine au-dessus de la pénéplaine par une Cuesta orientée Est-Ouest, puis Nord-Sud à partir de F'DERICK. La hauteur de commandement de cette Cuesta au Teniaggouri dans la région d'ATAR. Le jeu

.../...

---

(+) Cette surface ne tient pas compte de la région de TIRIS EL GHARBIA qui a une superficie de 70.000 km<sup>2</sup>.

conjoint d'accidents tectoniques et de l'érosion a donné naissance au Sud-Est à la plaine de HODH, d'altitude moyenne de 200 m, limitée au Nord par une falaise formant un arc de cercle presque parfait entre l'Assaba et la région de NEMA. Le massif de l'Affolé, horst de terrains plus anciens, qui en occupe le centre constitue le château d'eau de cette région.

Le climat sahélien au Sud, et saharien à partir du parallèle 18° ne permet pas l'existence d'un réseau hydrographique fonctionnel. Seul le fleuve Sénégal forme le plan d'eau permanent. Ailleurs, il s'agit uniquement d'Oueds plus ou moins dégénérés, coulant quelques jours à quelques semaines par an sur une partie de leur cours. Dans le Nord le réseau est tout à fait fossile, l'endoréisme est général en Mauritanie sauf quelques Oueds au Sud-Ouest.

## 2. Géologie.

Débutant dans les dernières années avant la guerre, l'étude de la géologie de la Mauritanie n'est devenue systématique qu'après 1945. Depuis 1960, de nombreuses observations nouvelles sur l'histoire structurale du pays ont modifié les conceptions acquises.

### a) - Cadre structural.

On distingue deux domaines structuraux, dont l'évolution a été sensiblement différente : au Nord à l'Est et au Centre un domaine stable, formant une zone carbonisée du bouclier africain (Rocci 1965), à l'Ouest un domaine plissé à une époque post-dévonienne, "Mauritanides", et plus ou moins masqué par les dépôts mésozoïques et tertiaires (Sougy 1962).

Trois unités peuvent être définies dans le domaine oriental et central stable.

La première est constituée par le socle précambrien inférieur formant la dorsale Régueibat au Nord, l'Amsaga, le Tijirit et le Tasiat à l'Ouest d'ATAT. Il s'agit d'un complexe de roches sédimentaires et d'intrusions basiques, d'âge précambrien inférieur,



effectuées par un métamorphisme allant de la mésozone à la catazone, la granitisation intense a donné naissance à des granites et des mignatites. Sur ce socle se sont déposées deux formations volcano-sédimentaires, les séries d'Aguel Nebka et d'Afoun Abd El Malek, localement regroupées par des granites alcalins et calcoalcalins. L'ensemble est attribué au moins provisoirement au Précambrien supérieur.

Les deux autres unités correspondent aux bassins sédimentaires qui bordent la dorsale Régueibat : au Nord le bassin de Tindouf dont le remplissage s'étend du Cambro-Ordovicien au Dévonien au Sud l'immense bassin de Taoudeni où les premiers niveaux connus sont rapportés à l'Infracambrien inférieur, tandis qu'au centre du bassin on connaît des dépôts locaux de Carbonifère. L'ensemble de ces niveaux sédimentaires s'est déposé sur une pénéplaine bien arasée et les variations de puissance résultent seulement, soit de mouvements en cours de sédimentation déterminant ainsi des zones de hauts fonds dans le substratum, soit de discordance de ravinement, la principale séparant l'infracambrien du Cambrien. Au Sud-Est du bassin, les mouvements tectoniques semblent avoir été plus importants, expliquant la présence du horst Infracambrien de l'Affolô au milieu de la plaine cambrienne du Hodh, et l'existence dans la région de Bassikounou, l'extrémité sud-est du pays, de la partie Nord de la fosse intracratonique de Ouéartémachet où le rejeu des failles bordières semble atteindre plusieurs centaines de mètres.

Dans le domaine occidental on connaît quelques témoins du socle Précambrien inférieur dans l'Inchiri, les Idjibitien, le Tamkarkart et la région Moudjéria-Bakel. A l'extrême Nord, dans le Semmourt Noir, les plissements affectent des formations infracambriennes et paléozoïques. Plus au Sud, dans les régions d'Akjoujt, du Tamkarkart et des Idjibiten affleurent des formations épimétamorphiques tectonisées, affectées par des charriages d'Ouest en Est (Tessier, Dars, Sougy 1961) leur permettant de reposer sur le socle Précambrien inférieur soit directement, soit par l'intermédiaire d'une "semelle" de sédiments paléozoïques, d'une épaisseur maximum égale à 100 m. Au Sud du 18° parallèle enfin, ces mêmes formations épimétamorphiques plissées ne semblent plus affectées par ces phénomènes de charriages. De plus en bordure des séries

horizontales du bassin de Taoudeni apparaît la formation volcano-sédimentaire de la Falémé, plissée, peu ou pas, métamorphique qui constitue un équivalent du paléozoïque du bassin de Taoudeni mais déposé ici en bordure d'une zone géosynclinale.

En bordure de mer, un bassin sédimentaire côtier dont le remplissage débute au Crétacé ou peut-être même au Jurassique (Kennedy 1965), s'approfondit rapidement vers l'Ouest jusqu'à atteindre plus de 4.000 m au droit de NOUADHIBOU. La structure du bassin est mal connue dans le détail, le jeu des faibles bordières explique la subsidence et il existe en outre des hauts fonds du substratum tel celui d'orientation Nord - Nord-Est décélé par des mesures électriques (C.G.G. 1957), entre Médérdra et Boutilimit.

b) - Stratigraphie.

Le rapport entre les différentes séries des deux domaines n'est encore pas définitivement établi. C'est ainsi que les formations épimétamorphiques de la série de Bakel - Akjout sont attribuées, suivant les auteurs au Précambrien supérieur ou au Paléozoïque.

On trouvera dans le tableau I hors-texte un résumé de la stratigraphie dans les principales zones géographiques et les rapports entre les diverses formations quand ils ont été précisés, la stratigraphie du Précambrien inférieur a été cependant très simplifiée, les géologues y distinguant généralement plusieurs groupes en relation avec diverses orogénies.

De même, dans la couverture sédimentaire, un certain nombre de discordances locales n'ont pas été indiquées. D'une manière générale, on notera, pour cette couverture, la prédominance des dépôts d'origine détritique sur les dépôts carbonatés et la possibilité d'effectuer des corrélations lithostratigraphiques à longue distance.

c) - Affleurement et formations superficielles.

Sur la moitié Nord du Pays, les conditions d'affleurement

sont bonnes du fait de la rareté de la végétation. Plus au Sud, ce sont surtout les massifs dunaires ou des placages de sable, qui constituent une entrave à l'observation : les massifs dunaires se présentent soit sous forme de dunes enchevêtrées ("akle") soit suivant des alignements préférentiels le plus souvent commandés par la direction des vents dominants dans ce cas l'épaisseur de sable peut atteindre 50 m et même localement 100 m dans l'Aouker du Hodh. Les pentes des dunes peuvent être parfois supérieures à 40°, permettant ainsi aux ruissellements de se concentrer dans des creux intermédiaires appelés "gouds". Seuls les massifs dunaires peuvent éventuellement contenir des nappes locales.

Les alluvions anciens ou actuels occupent le lit majeur des principaux oueds que ceux-ci soient fonctionnels ou non. La nature de ces alluvions est très variable, essentiellement fonction du substratum du bassin versant, sans qu'on puisse généralement déceler un classement des matériels d'amont vers l'aval, par suite de l'allure du profil en long de l'Oued, ce profil montre une suite de cuvettes pratiquement indépendantes les unes des autres, car séparées par des seuils du bad-rock. On trouve souvent à la base des alluvions une formation graveleuse, vestige d'une phase d'érosion plus intense. Par ailleurs, on peut rencontrer des formations carbonatées de néoformation dans le lit majeur.

Les rags, de nature variable, couvrent d'assez grandes étendues en MAURITANIENNE moyenne. Les terrains d'altération sont particulièrement développés au droit des Oueds ou des accidents tectoniques. En moyenne comprise entre 5 et 15 m, l'épaisseur des terrains altérés ne dépasse qu'exceptionnellement 20 m, en principe certaines roches, comme le granite sont plus altérables que d'autres, telles les roches volcaniques. En fait les conditions topographiques et climatiques locales jouent un rôle prépondérant dans la détermination de l'épaisseur d'altération, facteur conditionnant en partie l'importance des ressources aquifères.

.../...

Les hamadas, uniquement représentées dans les régions septentrionales, forment de vastes affleurements tabulaires dont l'épaisseur varie entre 0,5 et 20 m. D'âge tertiaire ou quaternaire ancien, il s'agit de dépôts essentiellement grésocarbonatés dont l'intérêt hydrogéologique est nul.

### 3. Population et vie économique.

La population de la Mauritanie est estimée à 1.342.700 habitants, est très inégalement répartie, les 4/5 étant concentrés au Sud du 18° parallèle.

On y distingue essentiellement des Maures blancs ou noirs "Beidanes" de langue hassanya, l'ensemble formant environ 3/4 de la population, et des noirs (Toucouleurs, Soninkés, Ouolofs et Peuhles), résidant principalement en bordure du Fleuve Sénégal.

Les principales villes sont Nouakchott la capitale 105.000 habitants, Nouadhibou, ville industrielle 23.000 habitants, l'ensemble F'Dérik - Zouérate, centre d'extraction du fer, Kaédi, Atar et Rosso.

Depuis l'indépendance, on assiste d'une part à un relâchement de la structure tribale et d'autre part à une sédentarisation relativement rapide. Le grand nomadisme est toujours pratiqué par quelques tribus de l'extrême nord ; ailleurs subsiste un nomadisme faible amplitude (100 à 200 km), conduisant les troupeaux à la recherche de pâturages, après l'hivernage, mais les ramenant très tôt dès le mois de Février ou Mars, sur les puits permanents ou dans les palmeraies.

Cette semi-sédentarisation pose localement de sérieux problèmes économiques.

La vie économique est essentiellement basée sur l'agriculture, la pêche et surtout l'élevage : le troupeau victime de la dernière sécheresse dont les effets se font encore sentir, compte plus d'un million de bovins, 5 millions d'ovins-caprins et près

d'un million de camelins. Par ailleurs, la Mauritanie qui a connu cette année un déficit céréalier important, produit en année normale 75.000 tonnes de mil et sorgho, 4.300 tonnes de riz et 12.000 tonnes de dattes. Les efforts actuels portent surtout sur la culture du riz, de la canne à sucre ainsi que sur l'amélioration et la commercialisation de la datte.

37.000 tonnes de poissons ont été traités dans les industries de Nouadhibou en 1976 sur un potentiel exploitable de 1.200.000 tonnes. L'exploitation des richesses minières est encore limitée à l'extraction du fer 9.670.000 tonnes en 1976 et du cuivre métal 7.530 (1976) tonnes ; plusieurs indices reconnus intéressants permettront dans un avenir très proche, de diversifier ces productions.

.../...

## II - RESSOURCES ET BESOINS EN EAU

### 1 - RESSOURCES EN EAU

Situé entre le 15ème et 27ème parallèle Nord, notre pays, à la fois saharien et sahélien, appartient pour la majeure partie de son territoire à un climat désertique. Il est caractérisé par une pluviométrie faible et une évaporation intense.

Les pluies tombent en général de Juin à Octobre, période dite d'hivernage. Elles deviennent de plus en plus rares au fur et à mesure qu'on va du Sud vers le Nord. On enregistre les plus faibles précipitations à NOUADHIBOU 25 mm/an et les plus fortes à SENIARBY 650 mm/an.

#### A - EAU DE SURFACE

Un seul cours d'eau permanent : le fleuve SÉNÉGAL.

Le réseau hydrogéographique est surtout marqué par l'existence d'oueds importants qui aboutissent à des dépressions fermées. Notons que seuls le bassin aval du Karakoro au Sud du 16ème parallèle et la zone occidentale du plateau de l'ASSARA montrent des oueds présentant un écoulement au moins temporaire sur l'ensemble de leur cours d'eau, avant d'aboutir au fleuve Sénégal.

Cependant, il existe quelques plans d'eau pérennes :

Lac R'KIZ : rempli par déversement de la crue du SÉNÉGAL, sur une superficie de 333 km<sup>2</sup> avec un volume d'eau d'environ  $600 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>.

Lac d'ALEG : dépression où aboutissent durant l'hivernage les eaux de l'Oued Ketchi. Ce lac est généralement desséché en Février-Mars.

Le volume des apports peut être de  $16,8 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>.

#### B - Eaux SOUTERRAINES

Nappes superficielles : Elles résultent de conditions d'alimentation favorables, dans les régions dunaires ou en bordure de côte. Dans les creux interdunaires, le ruissellement peut donner à des nappes locales, avec des débits faibles et variant de 2 à 5 m<sup>3</sup>/H, mais plus faciles à exploiter. Par ailleurs, en bordure de côte et dans les régions dunaires,

on rencontre des lentilles d'eau douce flottant sur les nappes salées. Créées par la pluie, ces nappes qui forment des poches retenues en général par des niveaux argileux sont douces seulement quelques mois et leur salinité augmente au fur et à mesure de leur exploitation.

### NAPPES GÉNÉRALISÉES

#### a) - Bassin sédimentaire côtier :

Située géographiquement à l'Ouest du pays, dans les sables et près du Continental Terminal, on l'appelle la nappe généralisée de l'Ouest.

Elle est la plus importante et la plus connue de la MAURITANIE. Ses réserves probables sont 1.000.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> soit environ : 70 H. m<sup>3</sup> dont 50 m<sup>3</sup> pour TRARZA.

Cette nappe est alimentée par des ruissellements de surface et des précipitations négligeables. L'essentiel de ses réserves est constitué par les eaux souterraines fossiles.

#### Caractéristiques :

- Niveau statique : 20 à 60 m
- Débits : 10 à 70 m<sup>3</sup>/H.
- Limites : Niveau salé à l'Ouest et niveau sec à l'Est.

Outre cette nappe, les sables inférieures du Maestrichien représentent une ressource probable dont les limites et caractéristiques restent à déterminer.

#### b) - Bassin du fleuve Sénégal

Ressources en eau très importantes, et économiquement exploitables, grâce aux réserves que peuvent apporter l'aménagement et la régularisation sur le fleuve SÉNÉGAL.

Les pays riverains de ce fleuve se sont groupés (organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal) afin d'exploiter en commun, toutes les potentialités qu'offre le fleuve. Cette décision d'entreprendre en commun le développement du fleuve Sénégal s'est déjà traduite en un certain nombre de décisions importantes, notamment l'identification des potentialités et la réalisation d'ouvrages d'intérêt commun.

C'est ainsi qu'il a été décidé d'entreprendre, outre les aménagements internes, l'édification des barrages de Manantali (prévu pour 1984) et de Diama (prévu pour 1980). La régularisation permettra d'irriguer 4.000.000 ha. avec un débit de 700 m<sup>3</sup>/sac.

c) - Arc des Mauritanides

Les conditions d'alimentation sont défavorables à l'existence de nappes dans des formations de schistes qui s'étendent en une chaîne plissée d'AKJOUT à K'PCUT.

d) - Sud-Est Mauritanien

Des précipitations supérieures à 200 mm/an rendent les conditions d'alimentation relativement bonnes dans cette zone sahélienne, cependant, les possibilités aquifères ne se situent que dans des zones hydrogéologiquement privilégiées, à savoir dans des accidents tectoniques et dans les franges superficielles de certaines formations.

Les plus importantes nappes se rencontrent dans les grès entrecroisés d'AIOUN, les pelites du NODH, l'AOUFFER et enfin dans les grès continentaux du DMAR de NEMA où les réserves peuvent atteindre 19 milliards de m<sup>3</sup>.

e) - Le Nord Cristallin

Les ressources en eau sont très faibles du fait de l'imperméabilité des roches cristallines de la dorsale Reguibat et du déficit pluviométrique.

f) - Région des Ouasis

A l'exception de la Tamourt-Naj qui draine toute la partie occidentale du TAGANT, les ressources en eau sont souvent limitées et temporaires.

2 - BESOINS EN EAU

En Mauritanie, comme dans la majeure partie des pays de SAHEL, les besoins en eau se manifestent à tous les niveaux, mais de manière très inégale.



Ces besoins sont différents selon les secteurs d'utilisation dont l'importance liée à la politique générale de développement varie avec des caractéristiques locales.

C'est ainsi qu'on peut distinguer les besoins concentrés du secteur industriel et minier (duquel il est difficile de séparer les besoins domestiques) des besoins différents du secteur rural.

Dans le premier cas, les besoins sont considérables et seront de plus en plus croissants avec le développement industriel qui devra diminuer le poids de la dépendance de la Mauritanie vis à vis de l'Extérieur, par la mise en place d'industries de substitution et la possibilité de permettre aux hommes d'affaires de réaliser des unités industrielles à la mesure de leurs moyens.

Actuellement les besoins en eau de ce secteur sont estimés à 2.974.500 m<sup>3</sup>/an, soit environ  $3 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an après l'arrêt de l'exploitation du cuivre qui utilisait  $2,2 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an.

La demande en eau de ce secteur va connaître un accroissement important d'une part avec la mise en place des projets de cimenterie, de construction du port en eau profonde, de la centrale de Nouakchott, de la raffinerie de pétrole, de l'exploitation du fer des Guelb et d'autre part avec la découverte de nouveaux indices : or, étain, molybdène, O.P.G.C. au Nord du pays, phosphates, or et cuivre dans la région du fleuve et terres rares dans la région de Tamkarkart.

Dans le secteur rural, les besoins se répartissent ainsi :

L'Agriculture sèche utilise 200.000 ha en année normale ce qui correspond à un besoin en eau de  $0,6 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/an.

Compte tenu des aléas climatiques, les responsables nationaux tentent de mener de front le développement de l'irrigation intensive.

Les superficies cultivées par irrigation contrôlée atteignent actuellement 1.500 ha sur un potentiel cultivable de 250.000 ha, ce qui correspond à un besoin en eau de  $75 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an.

Au rythme d'aménagement prévu par le plan de développement,

ces besoins seront de  $825.10^6$  m<sup>3</sup> en 1980 (16.500 ha) et  $5000.10^6$  m<sup>3</sup> en l'an 2000 (100.000 ha).

En ce qui concerne l'élevage, il consomme actuellement :  $41.10^6$  m<sup>3</sup>. Compte tenu du taux de reproduction, cette consommation sera en 1980 de 48.652.020 m<sup>3</sup> et en l'an 2000 de 95.705.000 m<sup>3</sup>.

L'agriculture et l'élevage utilisent donc actuellement par an environ :  $716.10^6$  m<sup>3</sup>.

Quant à l'hydraulique urbaine, nous avons choisi 20 l/ha/j pour 80 % de la population qui est essentiellement rurale, ce qui donne un besoin approximatif de 7.759.608 m<sup>3</sup>/an.

Pour les 20 % restant de la population, nous lui avons affecté le chiffre de 50 l/ha/j : cela correspond à 4.849.755 m<sup>3</sup>/an.

Les 1.328.700 Mauritaniens consomment actuellement  $12,5.10^6$  m<sup>3</sup>. Cette consommation passera en 1980 à  $13,5.10^6$  et en l'an 2000 à  $20,21.10^6$ .

### III - POSSIBILITES ET LIMITES POUR LE SECTEUR RURAL

Dans ce chapitre l'eau sera présentée dans un pays aride tel que la Mauritanie, à la fois comme facteur de développement, et paramètre limitant les actives de développement.

#### DANS LE DOMAINE DE L'AGRICULTURE :

L'agriculture sous pluie demande en dépit des facteurs limitant son développement, la principale source de production vivrière. Actuellement 200.000 ha, cultivés nécessitent  $0,6.10^9$  m<sup>3</sup>/an ce qui correspond à une hauteur pluviométrique de 30 mm/an.

Pour combler le déficit pluviométrique et accroître la production, on utilise l'irrigation par pompage. Actuellement 1500 ha irrigués sur un potentiel cultivable 250.000 ha, demandent  $75.10^6$  m<sup>3</sup>/an.

.../...

in 2000 : 100000 ha (!)

Les productions agricoles subissent d'une année à l'autre des fluctuations en fonction des aléas climatiques : on peut noter :

Mil et Sorgho	: 12.000 à 75.000 t/an
Riz	: 4.300 t/an
Dattes	: 12.000 t/an
Comme	: 1.000 à 5.000 t/an.

DANS LE DOMAINE DE L'ELEVAGE :

L'élevage constitue un secteur essentiel de notre économie. Il utilise près de 60 % de la population rurale active.

En 1974, la Mauritanie comptait : 1.115.000 bovins, 5.900.000 ovins - caprins, 670.000 camélins contre respectivement 2.300.000, 7.000.000, 700.000 en 1969.

*(d. i. voir du chapitre)*

La dégradation de la production de l'élevage correspond aux pertes du cheptel enregistrées pendant les années de sécheresse et le déséquilibre existant entre les disponibilités en eau d'abreuvement et en fourrage naturel s'est accentué brusquement en 1970.

Les besoins en eau du bétail sont de  $41.10^6$  m<sup>3</sup>/an.

On peut noter comme principales productions :

-viande : 43.000 t/an  
-lait : 431.000 t/an.

Les productions de ces deux branches d'activités représentent une part non négligeable de la consommation nationale et l'on estime que la participation du secteur rural au produit intérieur brut (P I B) varie entre 2,6 et 6 milliards d'ouguiga selon les années.

Malgré tout, ce secteur reste extrêmement fragile face aux nombreux facteurs auxquels il est soumis, notamment les dépradateurs divers et surtout l'insuffisance des ressources en eau disponibles.

En 2000 l'agriculture irriguée aura besoin de  $5000.10^6$  m<sup>3</sup> d'eau dont  $4000.10^6$  pourraient être fournis par les eaux de surface (fleuve et retenues).

Pour les  $1000 \cdot 10^6$  restants il faut 15000 forages de 50 m et 15 m<sup>3</sup>/h pour 12 h de pompage par jour - soit un investissement de 45 milliards d'ouguiga - soit 1 milliard de dollars US.

En ce qui concerne l'élevage les besoins passeront en l'an 2000 à  $96 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> d'eau. Si cette quantité est fournie uniquement par les puits, il faudra : 11.000 puits de 40 m et de 2 m<sup>3</sup>/h pour 12 h de puisage ce qui correspond à un investissement de : 8,8 milliards d'ouguiga, soit 195,5 millions de dollars U.S.

Ces chiffres montrent d'une part que dans les pays arides la maîtrise de l'eau demande une nécessité primordiale et d'autre part que les ressources en eau par leur nature et leur insuffisance exigent des moyens considérables pour leur mise en valeur.

Parmi ces moyens notons :

Les moyens financiers :

L'un des principaux obstacles qui s'opposent à la mise en valeur des ressources en eau reste le manque de capitaux. Les études et la réalisation des projets demandent des coûts très élevés dépassant les possibilités de financement sur le budget national.

En Mauritanie où les nappes se situent en moyenne entre 40 et 50 m de profondeur, nous avons vu que le mètre linéaire de forage revient à 30.000 ouguiga alors que celui du puits est à 20 à 25000 ouguiga.

De 1960 à 1976, <sup>12 millions \$ US</sup> 539.494.548 ouguiga dont <sup>3 millions \$ US</sup> 140.300.000 ouguiga sur budget national ont servi pour la mobilisation des ressources en eau. En 1976, 7,5 % du budget régional ont été alloués au secteur rural, ce qui représente 23,7 % des crédits d'équipement.

On voit donc que l'aide extérieure bien qu'encore nécessaire a été encourageante, même si elle pose elle-même souvent des problèmes de charges récurrentes difficiles à surmonter par les états.

#### Insuffisance de personnel qualifié

Le domaine qui nous intéresse demande un personnel varié et compétent. Le manque de ce personnel ou son insuffisance demeure une contrainte majeure pour la promotion du secteur rural.

### Inadaptation des structures

Pour traiter des problèmes complexes de la planification, de la mise en valeur et de la gestion des ressources en eau dans nos pays, les structures doivent être souples et dynamiques.

En effet, toute politique cohérente d'équipement par forages et puits ne peut se concevoir que par une maîtrise réelle de l'entretien du matériel d'exhaure. Cette maîtrise nécessite une gestion administrative et financière autonome, souple et dynamique.

### IV. POLITIQUE ET ORIENTATION.

Les chapitres précédents nous ont montré que l'eau pour les pays arides et semi-arides peut être considérée comme un bien économique, utile et rare.

Dès lors, le problème de la mise en valeur des ressources en eau se pose à ces pays en terme de choix, mais également en terme de planification.

En Mauritanie où les effets de la sécheresse se font encore sentir, la maîtrise des eaux, par la prise de conscience et la priorité dans la volonté et la décision politique devient une impérieuse nécessité.

Cette maîtrise ne peut se faire cependant que par l'élimination des contraintes et obstacles s'opposant à tout programme de développement.

La rareté en volume d'eau doit être comblée par l'amélioration des systèmes technique et administratif.

En Mauritanie, l'essentiel des ressources en eau réside dans les eaux souterraines, d'où la nécessité de multiplier les ouvrages de captage. Il se pose alors les problèmes de financement de ces ouvrages, de main-d'oeuvre qualifiée, de répartition et choix des ouvrages, de maintenance du matériel, et enfin d'utilisation rationnelle de l'eau.

L'eau étant la clé du développement, il convient de lui accorder une attention particulière dans la planification de nos pays. Un fonds spécial doit être créé au niveau des Etats et dont les recettes doivent être affectées à la recherche et aux travaux hydrauliques. Dans la recherche des financements extérieurs une orientation particulière doit être faite vers la mobilisation des ressources en eau.

Par ailleurs, une politique de participation des collectivités au financement des ouvrages dont elles bénéficient ne peut que contribuer à la rentabilité des projets.

En ce qui concerne la main-d'oeuvre qualifiée, la formation de personnels techniques et d'encadrement doit être l'une des préoccupations majeures des Etats.

*by using CERFIC "une cellule de formation au niveau régional"*

La répartition et le choix des ouvrages doit se faire selon les critères suivants :

- nature et conditions de l'aquifère,
- quantité d'eau recherchée et besoin réel,
- coût et performance techniques des équipements,
- disponibilité d'entretien du matériel,
- mode et niveau de vie des populations.

Le critère essentiel de choix de tout ouvrage réside dans sa capacité d'adaptation au mode de vie des populations qui doivent pouvoir utiliser pleinement cet ouvrage.

C'est ainsi que pour les centres urbains importants ou pour des travaux nécessitant une demande en eau élevée, le forage d'exploitation est rentable.

Pour les villages de plus de 1.000 habitants, nous préconisons les puits équipés de dispositifs d'exhaure étanche.

Dans le cas de l'habitat dispersé et pour les programmes d'hydraulique pastorale, le puits à grand diamètre correspond mieux au mode de vie des éleveurs nomades.

Ces puits doivent être implantés dans des zones favorables du point de vue hydrogéologique, et respecter des distances (6 à 15 km) de nature à éviter la surcharge des pâturages.

Dans le domaine de l'agriculture, s'il faut utiliser les eaux de surface, les forages permettent d'obtenir les meilleurs débits. Cependant l'agriculture irriguée doit être localisée essentiellement dans les bassins.

Pour accroître la production, il est impératif d'évaluer le pourcentage de terres cultivables sur le territoire national et d'instituer une meilleure utilisation de l'eau et des méthodes de gestion.

Cette utilisation doit tenir compte des ressources en eau disponibles et des besoins en eau des cultures selon les régions et les caractéristiques pédologiques.

#### Orientations nouvelles.

La maîtrise de l'eau, facteur déterminant pour la promotion du développement rural, exige des efforts considérables en matière d'investissement, de gestion et d'entretien.

Les responsables Mauritaniens envisagent désormais le problème de la mise en valeur des ressources en eau dans le cadre d'une politique d'ensemble rigoureuse et cohérente de développement intégré associant la pensée à l'action. A cet effet, un projet de planification de l'utilisation des eaux financé par le PNUD est en cours d'exécution.

Ce projet devra fournir en 33 mois, de définir les bases objectives d'une politique de l'eau qui permettra de déterminer les actions à mener à long terme. Il permettra également l'identification de projets fiables susceptibles d'être mis en oeuvre dans la perspective du développement prioritaire du secteur rural.

D'ores et déjà, des projets sont conçus aussi bien pour les grandes que pour les petites unités de productions.

Les grandes unités qui doivent déboucher sur la production intensive serviront également de pôles de développement pour la diffusion des méthodes techniques et le soutien logistique des exploitations individuelles : il s'agit des centres de recherches agronomiques, d'élevage et de recherches vétérinaires, le centre pilote d'élevage et de production fourragère de Rosso, la ferme de M'Pourié, les casiers sucrier et rizicole du Gorgol, de Boghé, l'aménagement de l'Aftout es-Sahli, etc... (voir en annexe).

Parallèlement à ces grandes unités et en raison de leurs moindres coût et délai d'exécution est entreprise une série d'actions ponctuelles faites au bénéfice des collectivités rurales notamment en matière de puits pastoraux et de barrages, (voir annexe).

Ces collectivités rurales participent désormais à l'élaboration et à l'exécution des ouvrages hydrauliques pour l'établissement de contrats au terme desquels elles reçoivent une assistance agro-pastorale directe.

Enfin, dans le domaine de la reconstruction, plusieurs structures permettant la célérité des travaux et une meilleure gestion ont vu le jour ou sont en voie de l'être.

*d'accélérer*



La SONADER : Société Nationale pour le Développement Rural étudie et contrôle les projets hydro-agricoles.

Le CNERV : Centre National d'Etude et de Recherches Vétérinaire a pour rôle de développer les recherches zootechniques.

Le CNRA : Centre National de recherche Agronomique a été créé dans le but de développer et de coordonner les activités de recherche agronomiques.

La création au niveau de chaque région de brigades hydrauliques doit permettre la multiplication des puits et de contribuer à l'inventaire des ressources hydrauliques.

La création de 4 bases régionales d'hydrauliques aura pour but la coordination des activités des brigades et l'entretien du matériel.

Enfin, la création d'un service national de forage augmentera les possibilités de réalisation dans ce domaine et contribuera à baisser le coût des ouvrages hydrauliques.

Note : L'annexe sera publiée dans le compte rendu du séminaire.

Communications of  
Engineering firms

CONTRIBUTIONS FROM RESEARCH  
AND STUDY OFFICES

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ B.E.1.

January 28th, 1979

ENGLISH

Original : English

SUBTERRANEAN DAMS

**LIBRARY**  
**International Reference Centre**  
**for Community Water Supply**

NGUYEN VAN TUU

PH. D.

Hydraulics Engineer

BCEOM

Paris

FRANCE

# SUBTERRANEAN DAMS

By NGUYEN VAN TUU  
Ph. D.  
Hydraulics Engineer, BCEOM

## A B S T R A C T

*What is a subterranean dam ?*

*It is generally a watertight screen built on aquiferous ground. It can, therefore, fulfill different types of objectives : waterproofing a plot on aquiferous area ; protecting a groundwater table from salt-water invasion or pollution ; raising and stabilizing the water table which flows under a stream-bed and which is called underflow or subfluvial table.*

*This article concerns especially this third objective.*

*Subterranean storage dams, intended to collect the underflow, offer various advantages. They are generally simple in design and cost relatively little to build. In some cases, under favorable conditions, they may be partly or even totally built by local labour. They withstand weathering extremely well, and pose no safety problems. The water reserve is protected from evaporation and pollution. Operating and maintenance expenses are minimal.*

*Thus, subterranean storage dams, due to their many advantages, may prove to be an extremely attractive solution for dealing with water resources improvement in sahelian and subdesert areas where the problem of the lack of water sometimes has dramatic consequences during the long dry season.*

## 1. SUBTERRANEAN UNDERFLOW STORAGE DAMS - PRINCIPLES - ADVANTAGES

The sahelian and subdesert climates are mainly characterized by the fact that most of the total annual rainfall occurs during the two or three months of the rainy season.

Throughout the rest of the year, the small amount of rain which falls is immediately absorbed by the ground or evaporates, provoking a total lack of surface water resources and the drying up of the ground water table, which soon becomes thus unattainable due to the limited local means of water collection.

Here is the average distribution of rain intensity (over a 30-year period) in Agades (Niger Republic), as an exemple of this particular rainfall distribution :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Rainfall (mm)	0.2	0.1	0.0	1.1	5.7	9.3	44.8	90.0	15.6	0.4	0.0	0.0	167.2
% per month	0.1	0.1	-	0.7	3.4	5.6	26.8	53.8	9.3	0.2	-	-	100
No. of Days	0.2	-	0.1	0.2	1.3	2.3	7	10.3	2.5	0.2	-	-	24.10

### Monthly rainfall in Agades and average number of rainy days

It can be seen from this table that there is practically no rain from October to April. Most of the rainfall is concentrated over the four months of the winter season, from June to September (95.9 % of the annual rain intensity), with July and August having 81 % of the annual rainfall. The underflow of the Kori Teloua, which surfaces in Agades in October, is at a depth of 5 meters in November and 17 meters in December.

On the other hand, the sahelian and subdesert climates are characterized by an intense evaporation causing great losses in free surface reservoirs. The average evaporation values in Agades taken over 10 years are as follows:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tota
Month	297	324	417	461	480	388	270	164	299	384	346	308	4137
Day	9.6	11.6	13.4	15.4	15.5	13.0	8.7	5.3	10.0	12.4	11.5	9.9	11.3

Average evaporation in Agades (in Piche millimeters)

The original reasons leading to subterranean storage dams were: protecting a water reserve from this intense evaporation and raising and stabilizing the level of an underflow.

In addition to these roles, the subterranean storage dams have many other advantages:

- They are easy to design and to construct. Under favorable circumstances, the work may be carried out by local labour.
- Under certain conditions, their construction cost may be quite low.
- They are protected from external damage such as the detrimental action of water or human or animal damage. They are thus permanent, reliable and safe. The maintenance cost is minimal.
- The reservoir is preserved from different types of pollution; the water in the reservoir, purified by the alluvium, is therefore of good quality and fresh.

As for the usual types of dams, the subterranean storage dams require that all four of the following conditions be met:

- An impluvium which is large enough to permit the reservoir to be filled and supplied.
- An upstream reservoir in which the elevated water level due to the subterranean storage dam will provide a large water reserve. This reserve depends on the volume and porosity of the bed-rock as well as the water-tightness of the substratum.

- A favorable site which permits the construction of a screen in the aquifer over a fairly shallow and narrow section, so that the structure is technically and economically feasible.
- The possibility of water utilization near the dam site.

Generally, a subterranean storage dam is a structure entirely below the stream-bed level. However, it may be topped by an aerial part above the surface which makes it possible to collect a certain amount of surface run-off. In this case, the usual precautions must consequently be taken to ensure the permanence of the structures.

The operation of the water reserve retained upstream from the subterranean storage dam may be of different types, depending on the site, the type of construction, the intended purpose of the water—direct dam intake structures with an optional water supply system, upstream wells or bore-holes with an optional pumping system. The intake structure may be either at the lower or upper part of the dam. The surface intake may only be considered if the water resources from the underflow balance the requirements.

The diagram in Picture 1 shows the working principle of a subterranean storage dam.

## 2. CRITERIA FOR THE DESIGN OF SUBTERRANEAN STORAGE DAMS

If the principle and design of subterranean storage dams seem very simple, the preliminary studies must nevertheless be scrupulously carried out in order to avoid subsequent mistakes either in the working of these dams or in their operation.

The basic criteria are as follows:

### 2.1 The choice of a site

The topography is one of the main criteria. An extended and well limited impluvium is necessary, the run-off and infiltration water of which converge on a narrow passage of the valley.

A general examination of maps (scale 1/100,000 or 1/50,000) and of aerial photographs must be followed by reconnaissance trips in the area, before going on to make a topographical survey of the site (1/1,000 or 1/5,000) and of the areas where water will be used for irrigation or water supply of villages and cattle (1/5,000 or 1/2,000).

The reconnaissance surveys in the area itself along with the study of maps will permit a first brief insight into the geological characteristics of the site, with the possibility of an impermeable bedrock underneath a porous and aquiferous layer. This preliminary study must be followed by a thorough examination of the geological maps and by research into bore-holes, wells, and drillings carried out in the region, finishing off with an exploration using drilling and boring techniques, seismic refraction or measurement of resistivities with continuous current. These investigations will give an insight into:

- The geological profile of the dam site, the position and nature of the bed-rock and of the lateral walls, their degree of natural impermeability, and the existence of faults and fissures.
- The degree of permeability and the storage capacity of the alluvial basin upstream of the dam, the possibilities of replenishing the underflow water-table.

## 2.2 Utilization of the water

As the hydraulic resources have been established by studying the hydrological potential of the stream in question, and as the storage volume depends upon the topography and geology of the site, it is possible to deduce the annual volume of water available. From this, one could determine how much water can be taken off for use, comparing the distribution of requirements (human, pastoral, agricultural, etc.) with the available resources.



There are, therefore, two possible solutions: either to limit the requirements in relation to the existing water flow or to try and mobilize all the available hydraulic resources in order to meet these requirements. This leads us to consider increasing the potential of the subterranean storage dam by constructing a traditional-type dam or by employing diversion systems which could considerably increase the volume of water available.

### 2.3 Related Structures

This involves intake and water supply structures to convey the water towards the areas where it will be used.

The intake structure may be situated either at the lower or upper part of the dam.

If it is at the lower part, this could take the form of a drain at the level of the bed-rock, located along the thalweg or along the upstream side of the dam. Water would flow from this drain through a sluice-gate and into a pipeline which would lead to the point of utilization, thus the water supply would be under pressure.

A surface structure would be used in the case where water resources are sufficiently abundant to allow the emergence of water at the dam site ; this artificial source would then be collected by means of a canal built along the crest of the dam, and would be conveyed by gravity to the areas of utilization.

The dam water could also be utilized by means of wells or bore-holes operated manually or with animals or by a pumping station.

### 3. METHODS OF CONSTRUCTION

The methods used for building the structures depend on the characteristics of the site. They may range from the simplest method—

a trench dug out by hand and filled with impermeable materials— to the most sophisticated, requiring specialized equipment: joined piles, cast in-situ walls, excavated caissons, grouting curtains, etc.

### 3.1 The trench

This can be dug by hand or mechanically. The main conditions to be fulfilled are as follows:

- The bed-rock must not be situated at too great a depth. Below 8 meters, earthworks can become extremely large.
- The water inflows should not require an excessive amount of pumping.
- The impermeable materials should be located at a reasonable distance from the site.
- The labour should be available near the site, if the work is essentially manual.

If one (or several) of the above conditions is not fulfilled, the construction of the subterranean storage dam in this way could be less advantageous than if it were constructed using other methods which will be described below. A comparison of the costs is, therefore, indispensable before making any decision.

### 3.2 Sheet Piles

Reinforced concrete or metal sheet piles can be considered, taking into account the obvious advantages, limitations and disadvantages of each of these materials.

Reinforced concrete sheet piles can easily be made on the spot. However, they are very heavy, quite short (less than 6 meters long) and difficult to drive into place.

Metal sheet piles have multiple qualities; they are very resistant, easy to transport, and relatively easy to drive.

They may be used on a variety of soils and can be reused, and they can be made in any dimension. However, finding supplies can be a problem, and they can be very expensive.

### 3.3 Grouting Curtains

Grouting curtains which are used to insure watertightness for certain usual-type dams built on permeable strata may also be considered for the construction of subterranean storage dams. The greatest disadvantage is the difficulty of estimating the cost of such a grouting curtain in advance.

### 3.4 Joined Piles - Cast In-Situ Walls - Excavated Caissons

These techniques, used on large European construction sites, are difficult to put into practice and still pose insurmountable cost problems for many African countries. The rapid technological advances taking place in civil engineering could however, in the not too distant future, make the cost of these techniques more competitive.

## 4. SELECTED EXAMPLES OF COMPLETED PROJECTS

The construction of subterranean dams, intended to increase water resources, either by providing for their seasonal storage or by raising the level of an aquifer with a view to its more convenient use, is a technique which has long been developed in many parts of the world.

One example is the Serignan dam in France, in the Vaucluse district, located in a former valley of the Eygues river which runs along the southern slopes of the Uchaux range. Reaching down to the sandstone substratum, the masonry dam cuts across a substantial flow of groundwater and has made it possible to irrigate by gravity a few areas near the dam.

In Italy, a similar structure was built in the alluvia of the Pô river, in the Turin region.

In Germany, the Chennitz dam is a clay screen, cutting through 3 m of the pebble and sand alluvia of the bed of the Zwcenitz river, enabling the use of about fifty wells located on its banks. A similar structure near Frankfurt-on-the-Oder renders possible the irrigation of a few areas and the control of low water flows. In the Westerwald region, a complex of 6 underground dams raises the water table level by 3 m to 4 m in this depression.

In Afghanistan, a clay subterranean dam reaching down to a depth of 8 m, completes a natural shoal on Wadi Charuli and stores waters originating from melting snows, thus providing irrigation for 11,500 hectares of land upstream and downstream of the dam.

Also worth mentioning is the Tadjemout dam in Algeria on Wadi M'Zi near Laghouat. It is a concrete screen 300 m long, with a maximum height of 7 m through the aquifer alluvia, and founded on sandstone.

In Morocco, there are numerous examples of underground dams. The Anezi dam, 35 m long and 4 m deep, cuts the bed of Wadi Bou Tergui, an affluent of Wadi Massa. The Tazzarine dam goes down to a maximum depth of 15 m over a length of 150 m. It is composed of drilled piles with a diameter of 560 mm. The Setrou dam on Wadi Aggai near Fez is also made of drilled piles with a diameter of 420 mm, down to a maximum depth of 10 m. The mixed Petit Massa dam recovers both the underflow water from the aquifer and the low river water discharges : the underground part is constituted by rectangular cut caissons lowered to a depth of 7 m, and is stopped by a spillway 3 m high.

All these dams are used to supply water to villages and irrigate nearby areas.

In sahelian and sub-saharan Africa, no underground dam has been built, as far as we know.

## 5. CONCLUSIONS

The essential characteristic of the sahelian and subdesert zones of Africa is that the annual rainfall is concentrated totally in only 2 or 3 months of the year. During this period, the water table, in particular the underflow, are filled by means of rainfall. But this is lost as soon as the rainy season ends, and soon this water can no longer be easily reached using the precarious equipment available to the local population. By eliminating losses downstream, the water table level can be stabilized or at least maintained at usable levels. This is the role of subterranean storage dams.

We have seen that these dams offer many advantages. Simple in design and not expensive, these structures can often be built using local resources and unskilled labour. They require little maintenance, as these underground structures are not subject to weathering as usual-type dams are. Stored in this way, these subterranean water reservoirs are protected from different types of pollution. Evaporation, which is particularly high in these climates, is practically non-existent unless the water rises up to the surface.

Far from being a panacea for the serious problems posed by the lack of water in these underprivileged areas, subterranean storage dams, due to their many advantages, could however provide valuable palliatives in many cases, and thus bring relief to those populations who are considerably affected by the heavy burden caused by drought.

---

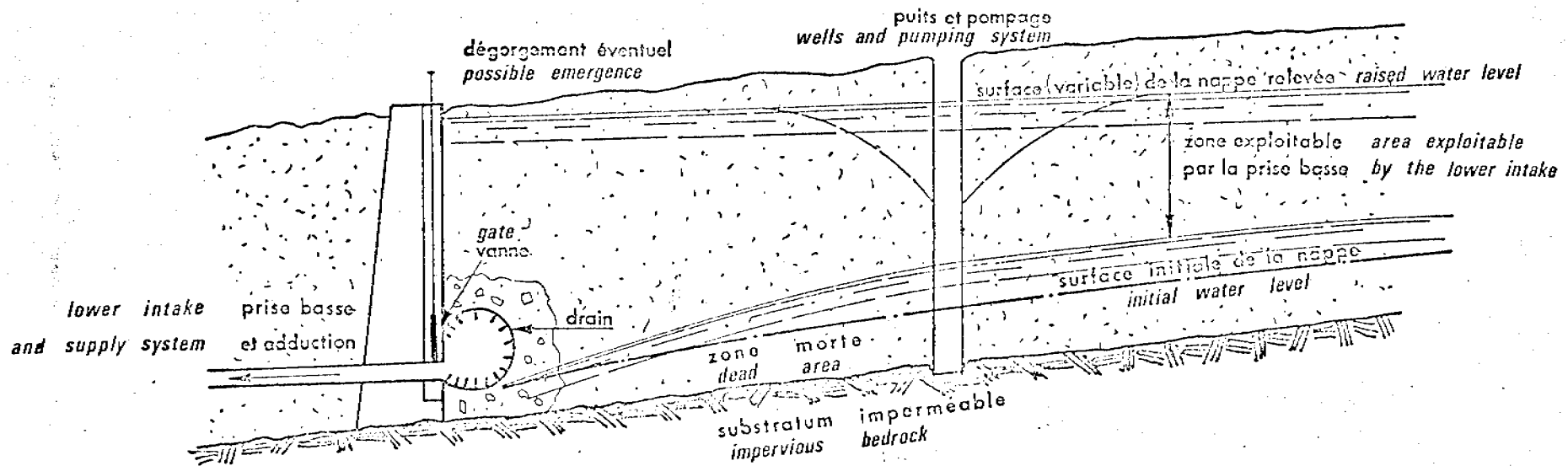


Fig 1. SCHEMA DE PRINCIPE D'UN BARRAGE SOUTERRAIN D'ACCUMULATION  
 PRINCIPLES OF SUBTERRANEAN STORAGE DAM

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ BE. 2

January 15, 1979

ENGLISH

Original : French

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

FREQUENCY CALCULATION OF WATER REQUIREMENTS  
IN ORDER TO OPTIMIZE IRRIGATION PROJECT

J. CHAROY - F. FOREST  
and J. C. LEGOUPIL  
I.R.A.T.  
Montpellier

G.E.R.D.A.T.

1979

FREQUENCY CALCULATION OF WATER REQUIREMENTS

IN ORDER TO OPTIMIZE IRRIGATION PROJECT

SONA DISTRICT (REPUBLIC OF NIGER)

DIGEST

J. CHAROY - F. FOREST - J-C LEGOUPIL  
Engineers of the IRAT Hydraulic Agricultural Department  
Agronomy Division

I.R.A.T.

(INSTITUTE OF AGRONOMICAL AND TROPICAL RESEARCH)



## INTRODUCTION

In spite of the important progress made over the last few decades, in such varied fields as genetics, fertilization, protection of crops and cultivation techniques, in numerous regions water remains a factor which limits plant life production. The last decade has demonstrated in the Sahel regions the hazardous nature of success of rain crops.

Irrigation is the palliative for this situation for it enables water to be more or less completely controlled, and more efficient cultivation methods to be used. The sudden awareness of this truism is such that at the present time many countries are drawing up an inventory of their water and soil resources, and making precise studies of how to use these hydrous resources both on the surface and under the ground.

The study, execution and management of an irrigation project requires a coordinated mass of actions of research, experiments, equipment and popularization, calling on such diverse branches as agronomy, pedology, hydrogeology, rural engineering etc... The survey presented here endeavours to resolve basic problems arising from the execution of a project within the framework of a zone to be reclaimed by irrigation.

Based on knowledge gained on fields from experiments : climatology, soils irrigability chart, crops water requirements, the aim of the present study is to establish, through an analytic approach, the operational standards and parameters for an irrigation project : identifying the hydrous resources required for the project, the structure of parcel divisions, network sizing, rational sizing of irrigation pipes etc...

This analytic approach has been set up in the SONA district, 70 hectares (175 acres), on the banks of the river Niger at about 80 kilometers N.E. of NIAMEY. This perimeter is an interesting example which, according to this general policy of reclaiming by irrigation, has a directive plan for irrigation projects already designed and set up.

Divergences will become apparent between the characteristics of the installation at present set up on the SONA district and the recommendations set out in the conclusion to this study, divergencies liable to be taken into consideration in future improvement programs for reclaiming and exploiting the Niger river banks and basins.

## I - DATA OF THE PROBLEM

### 1-1 - CLIMATOLOGICAL DATA OF THE SONA AREA

The average annual rainfall is about 480 mm with very large inter-annual and seasonal variations. Rainfall is concentrated during the months of June to September. The lack of rainfall in relation to the high annual evaporation (2 800 mm) makes irrigation indispensable if it is desired to intensify the traditional cropping methods.

### 1-2 - THE PEDOLOGICAL ENVIRONMENT AND IRRIGATION SUITABILITY OF THE SOILS

It is now proven that complete success in execution or operation of an irrigated zone depends on a serious survey of suitability or adaptability to irrigation of the main types of soil encountered. The normal pedological survey must be completed by measures made "in situ", so as to specify the hydrous and hydrodynamic behaviour of the soils.

For this reason, two surveys were simultaneously made in the SONA district :

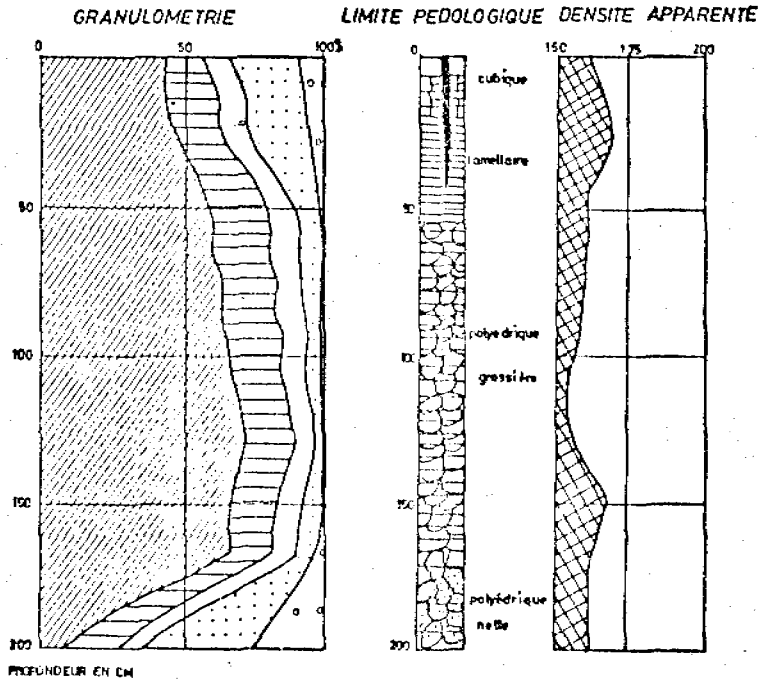
- a detailed (1/5000) pedological survey, specifying the type and space distribution of constraints enhancing the use of each morphopedological unit.

- a hydropedological survey defining (on the field), for each morphopedological unit, the hydrous and hydrodynamic parameters : infiltration rate field capacity, dynamic process of soil water progression and redistribution, available soil water...

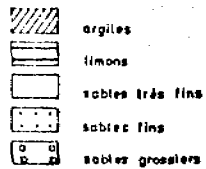
Concerning their irrigability, the morphopedological unit brought to light by the soil survey can be classified into 2 categories according to their available soil water.

803 = A1 SOIL (AW = 100 mm)

SONA 803\_VERTISOL



GRANULOMETRIE

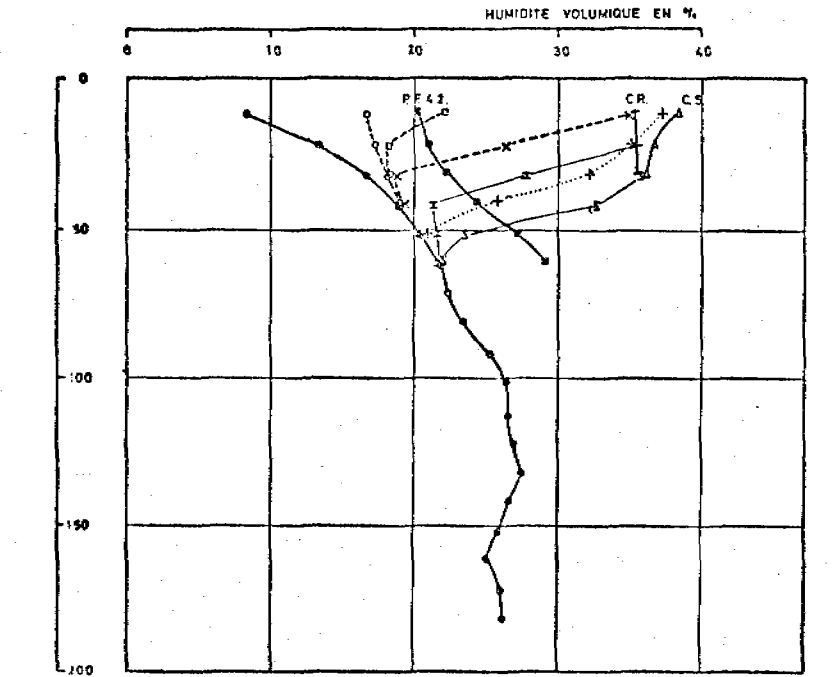


LEGENDE

LIMITE PEDOLOGIQUE



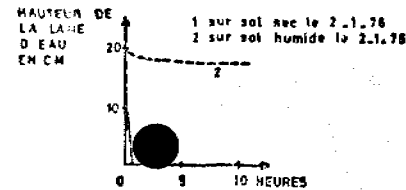
SONA CINETIQUE TUBE 803  
PROFILS HYDRICQUES



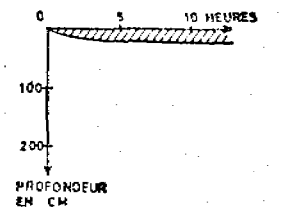
PROFONDEUR EN CM

- profil initial le 2.1.78
- 27'après 100 mm mise en eau (110 mm)
- 3 h 40' " " "
- ×—× 24 h " " "
- △—△ profil à la capacité de rétention CR
- ⊠—⊠ 4 jours " " "
- +—+ profil à l'humidité max (100 mm) C.S.
- ⊕—⊕ 7 jours " " "
- ⊞—⊞ 24 jours " " "

INFILTRATION APPARENTE

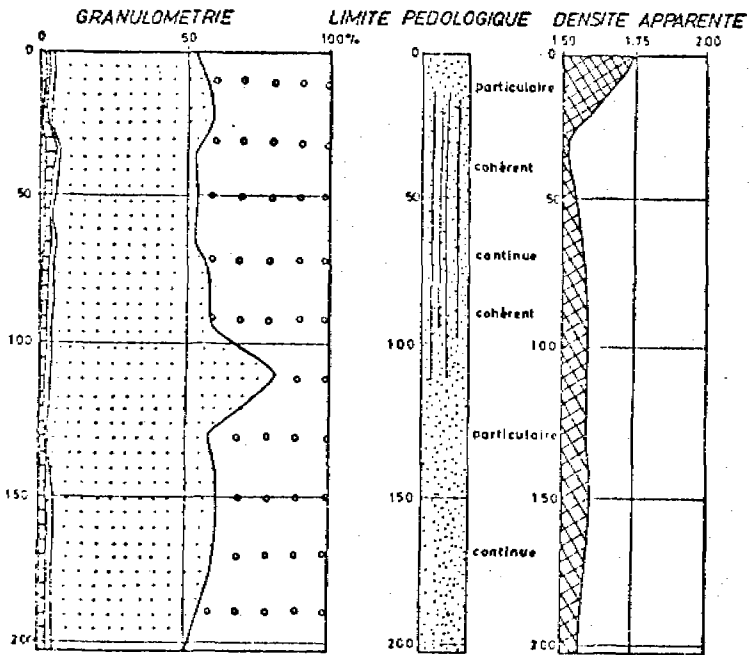


AVANCEMENT DU FRONT D'HUMECTATION



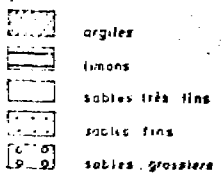
800 = B1 SOIL (AW = 130 mm)

SONA 800  
SOL FEU EVOLUE

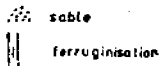


LEGENDE

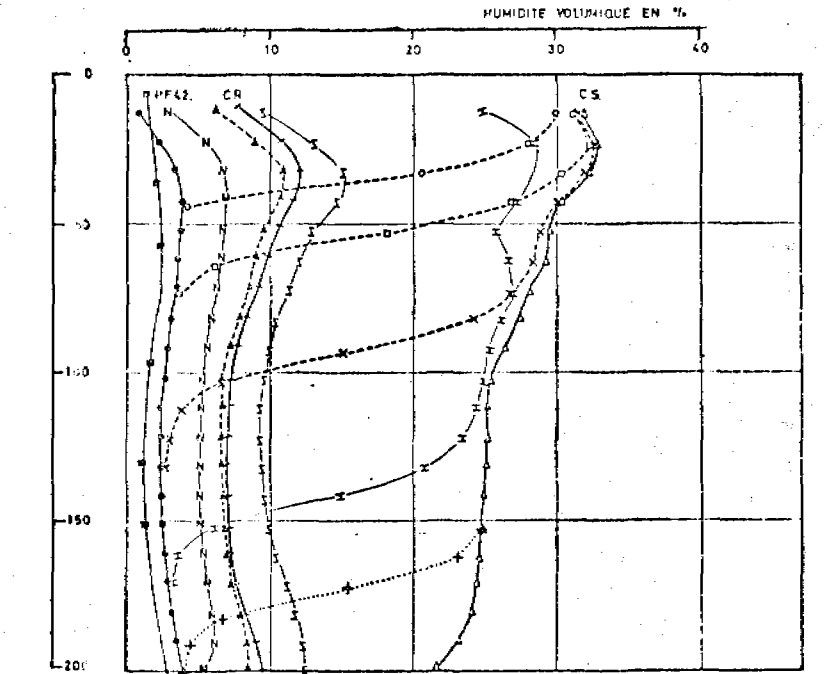
GRANULOMETRIE



LIMITE PEDOLOGIQUE



SONA CINETIQUE TUBE 800  
PROFILS HYDRICQUES



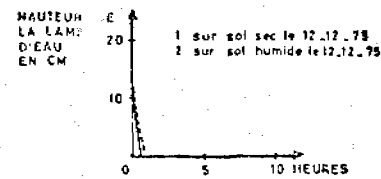
PROFONDEUR EN CM

- profil initial le 12.12.75
- profil à la capacité de rétention CR.
- ▲ profil à l'humidité maxi (900mm)
- profil à l'humidité à P.F.4.2.

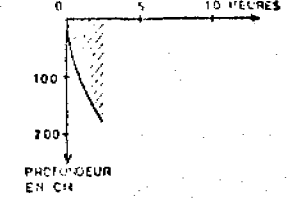
○ après 1ère mise en eau (250mm)

- 23 " " " "
- × 38 " " " "
- ⊗ 1h 13 " " " "
- ⊕ 2h 23 " " " "
- ⊞ 25h " " " "
- ⊟ 7 jours " " " "
- ⊠ 33 jours " " " "

INFILTRATION APPARENTE



AVANCEMENT DU FRONT D'HUMECTATION



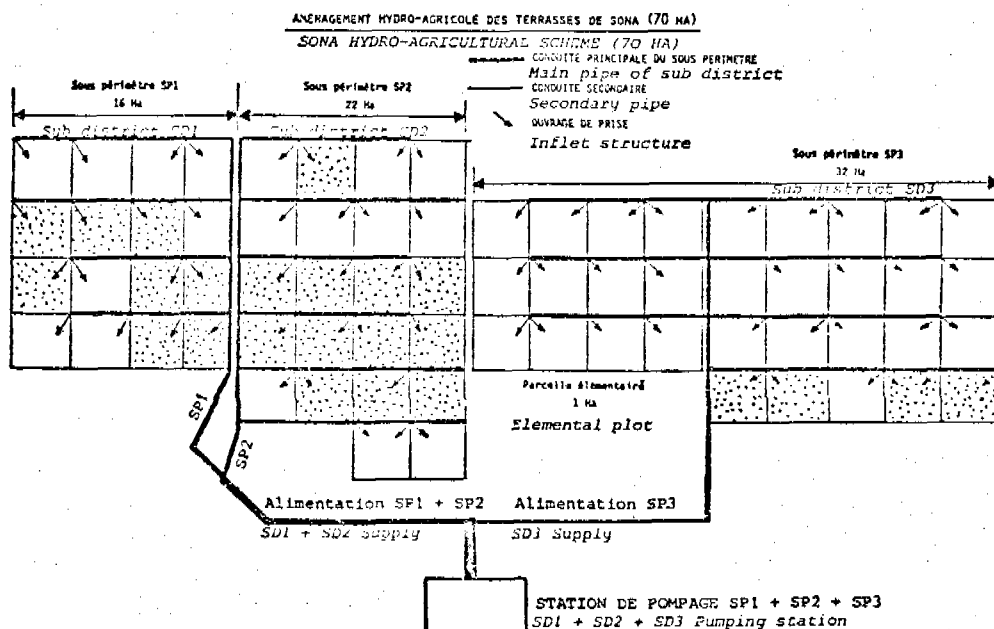
The directive plan for SONA installation, as it was designed and executed, provides for the district to be split into parcels of 1 ha. In function of soils, hydrous characteristics, and taking into account the allotments, the district can be divided into :

- 24 plots of 1 ha of soil with available water (AW) = 130 mm
- 46 plots of 1 ha of soil with available water (AW) = 100 mm

Allocation of 2 types of soil in sub districts SD1, SD2 and SD3

	SP1	SP2	SP3	PERIMETRE Surface
SOL TYPE A FU = 100 mm A TYPE SOIL	8 ha	10 ha	28 ha	36 ha
SOL TYPE B FU = 130 mm B TYPE SOIL	8 ha	12 ha	4 ha	24 ha
TOTAL	16 ha	22 ha	32 ha	70 ha

The simulation must therefore take into account this heterogeneity at the level of calculations of irrigation water needs for each sub district.



1-3 - AGRONOMICAL DATA

Taking into account pedoclimatic and economic conditions, we choose :

- on the 24 ha of soil with a high available water (AW = 130 mm), a rotation of COTTON-NIEBE,
- on the 46 ha of soil with a low available water (AW = 100 mm), four kinds of rotations : 1/4 GROUNDNUTS-MARKET GARDENING  
1/4 SORGHUM-MARKET GARDENING  
1/4 MAIZE-MARKET GARDENING  
1/4 MAIZE-NIEBE

IRAT experience in determining crops water needs has led us to calculate water needs from a "CLASS A" pan evaporation.

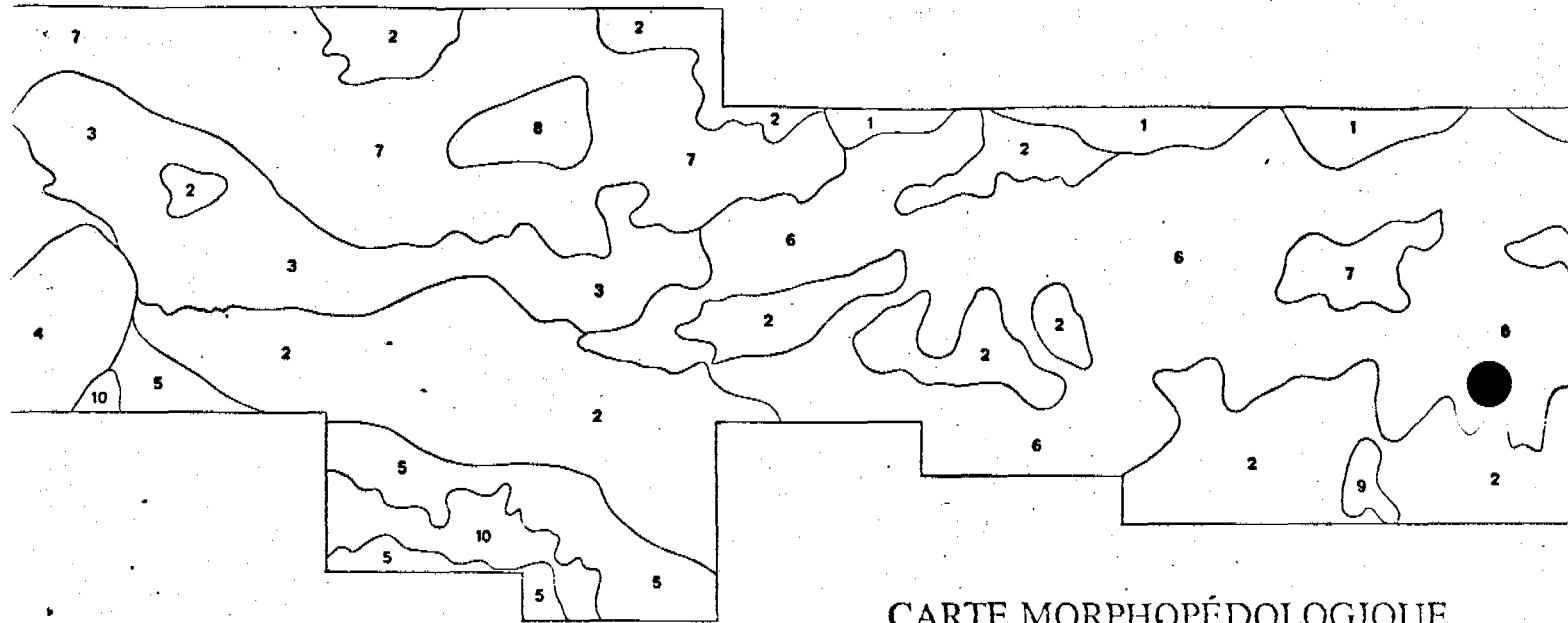
$$ET \text{ crop (max)} = K.Ev \text{ "Class A" pan}$$

BESOINS EN EAU DES CULTURES - CALENDRIER DES COEFFICIENTS CULTURAUX  
CROPS WATER REQUIREMENTS - CALENDAR OF (K) CROP COEFFICIENTS

Optimum technique

MOIS - DEC Month - Dec	ROTATIONS TYPE A A type rotations				B 130 mm	Ev Bac "CLASSE A" (mm) "CLASS A" Ev Pan
	ARACHIDES Groundnuts	MAIS Maize	MAIS Maize	SORGHU Sorghum	COTON Cotton	
JUIN June	1					84
	2	0.38	0.54	0.54	0.56	81
	3	0.38	0.54	0.58	0.56	80
						245
JUILLET July	1	0.38	0.58	0.62	0.82	72
	2	0.50	0.70	0.75	0.82	70
	3	0.55	0.75	0.75	0.82	75
						217
AOUT August	1	0.60	0.90	0.75	0.82	65
	2	0.73	1.10	0.84	1.07	63
	3	0.73	1.10	0.84	1.07	67
						195
SEPT. Sept.	1	0.70	1.10	0.80	1.00	64
	2	0.60	0.80	0.70	0.90	66
	3	0.54	0.50	0.43	0.60	68
						198
OCT. Oct.	1		NIEBE Njebe		0.50	70
	2				0.50	71
	3		0.42	MARAICHAGE Market gardening		79
						220
NOV. Nov.	1	MARAICHAGE Mark. gard.	0.50	0.12		70
	2		0.84	0.30		69
	3		0.95	0.60		66
						204
DEC. Dec.	1	0.60	0.90	0.65		64
	2	0.65	0.89	0.70	NIEBE Njebe	62
	3	0.70	0.75	0.78		66
						192
JANV. Jan.	1	0.78	0.75	0.85	0.42	62
	2	0.85	0.75	0.90	0.50	66
	3	0.90	0.50	0.95	0.64	92
						210
FEV. Feb.	1	0.95	0.50	0.95	0.95	75
	2	0.95		0.66	0.90	80
	3	0.66		0.60	0.68	68
						223
MARS March	1	0.60			0.75	90
	2				0.75	100
	3				0.75	115
						305
AVRIL April	1				0.50	108
	2				0.50	105
	3					103
						316
MAI May	1					95
	2					90
	3					96
						281

# PÉRIMÈTRE DE SONA




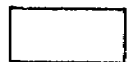
CARTE MORPHOPÉDOLOGIQUE

0 100 200 m

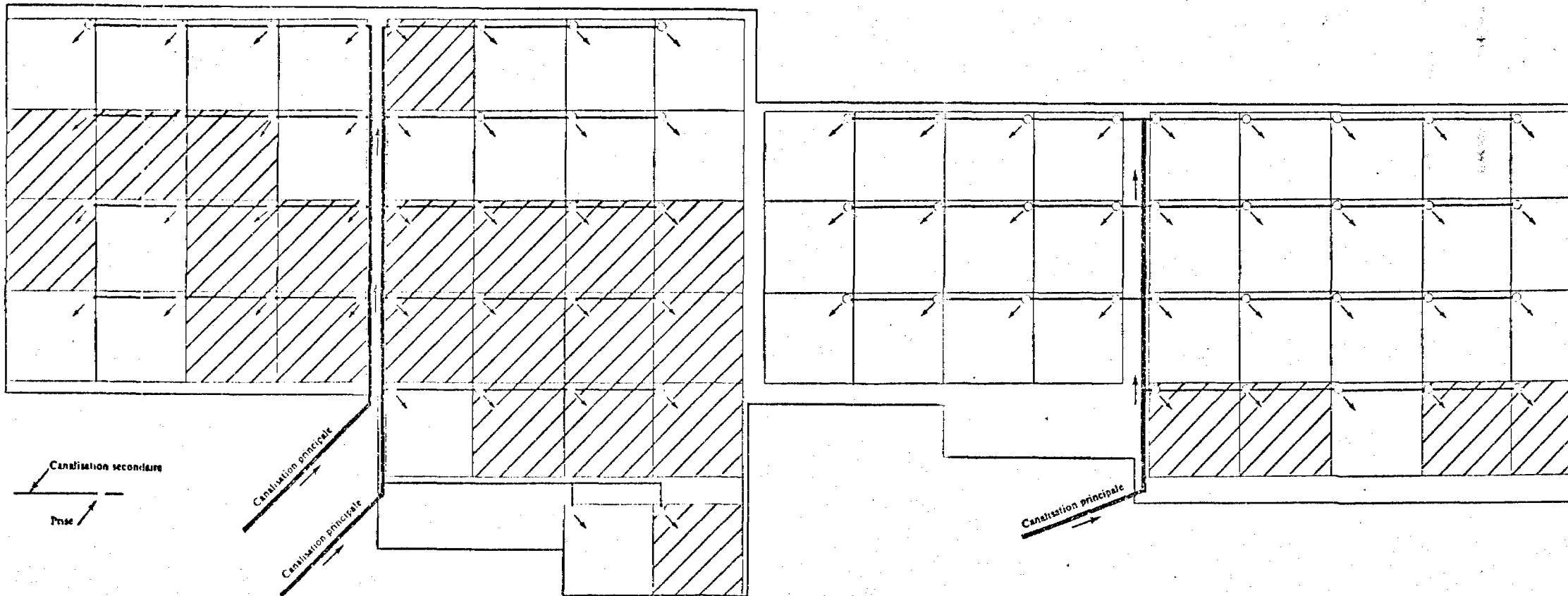
UNITÉS	SYMBOLES	MATÉRIAU	MODELÉ	TYPLOGIE DES SOLS	PÉDOGÉNÈSE	VALEUR HYDRAULIQUE	
RECOUVREMENTS ÉOLIENS	1	Sables éolisés	Pentes faibles	Sols peu évolués d'apport éolien	Steppisation	B <sub>1</sub>	
TERRASSE ALLUVIALE	2	Sable alluvial	Pente très faible	Sols brun-rouge	Steppisation Caractères hydromorphes hérités en profondeur	● B <sub>2</sub>	
		Sable argileux alluvial	Pente très faible Nombreuses petites buttes				
	Bourrelets sableux à battement de nappe	4	Sable alluvial fin	Pente très faible	Sols hydromorphes minéraux à gley	Hydromorphie Battement de nappe	A <sub>2</sub>
		5	Sable alluvial				
	Cuvettes	6	Argile sableuse à argile	Topographie plane sub-horizontale	Sols hydromorphes minéraux à pseudogley	Hydromorphie	A <sub>1</sub>
		7	Argile		Sols hydromorphes minéraux à pseudogley vertiques	Hydromorphie Caractères vertiques en profondeur	
		8	Argile lourde		Vertisols	Vertique	
		9	Argile		Sols hydromorphes minéraux à pseudogley	Hydromorphie	
		10			Sols hydromorphes minéraux à amphigley	Hydromorphie à amphigley	

# IMPLANTATION DES PARCELLES

 Sol à RU = 130 mm

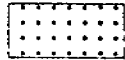

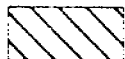

 Sol à RU = 100 mm

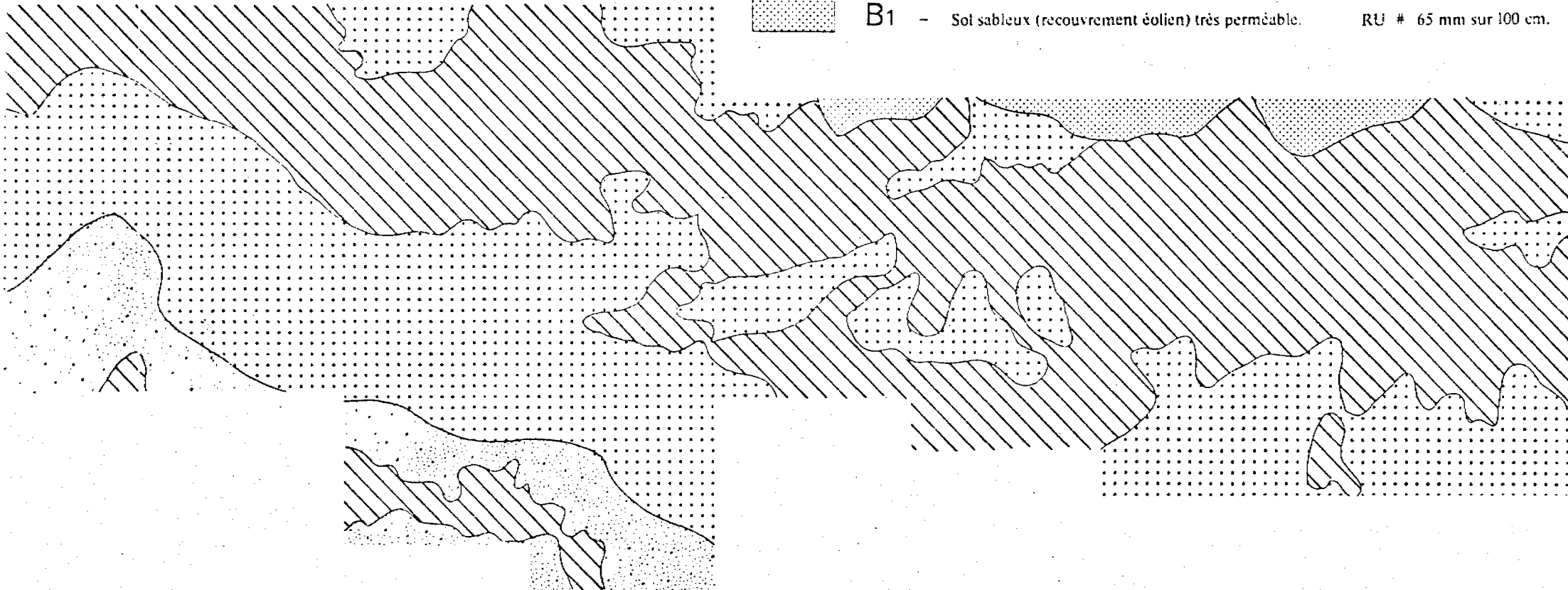
*N.B. - Superficie de chaque parcelle : 1 ha*





# CARTE D'APTITUDE DES SOLS A L'IRRIGATION

	B2 - Sol sableux brun rouge à forte compacité.	RU # 130 mm sur 100 cm.
	A2 - Sol sableux perméable à battement de nappe.	RU # 100 mm sur 100 cm.
	A1 - Sol argileux compact hydromorphe.	RU # 100 mm sur 50 cm.
	B1 - Sol sableux (recouvrement éolien) très perméable.	RU # 65 mm sur 100 cm.



## II - ESTABLISHMENT METHODOLOGY FOR THE AUTOMATIC AND FREQUENCY SOIL WATER BALANCE

In agriculture, hydrous conditions can be characterized either very simply by rain gauging, or more completely by drawing up, according to a more or less fine weather scale, of a soil water balance in all its terms :

$$I + P - R - DR + \Delta H - ETR = 0$$

where : P = Rains

R = Run-off

I = Irrigation

DR = Drainage

$\Delta H$  = Variation of soil water storage

ETR = Evapotranspiration of the crop cover

From basic knowledge gained on fields :

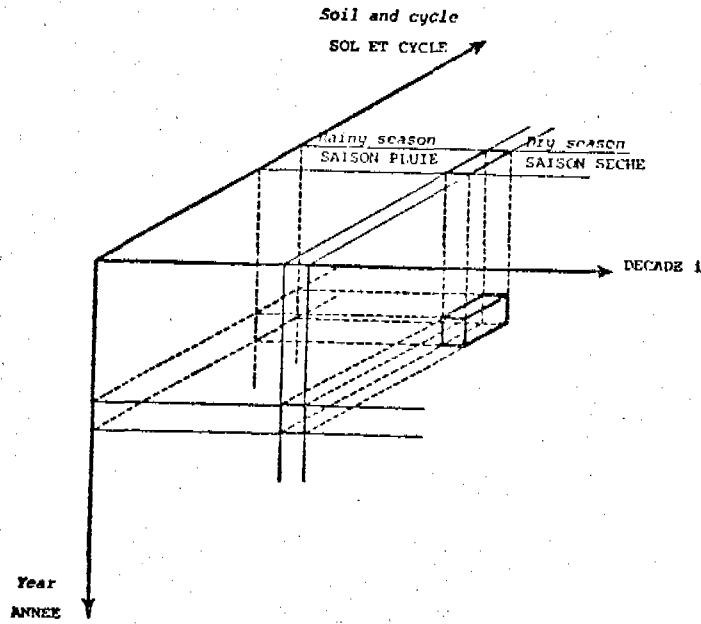
- rainfall
- soils irrigability characteristics
- choice of crops and rotations
- crops water requirements,

we suggest an analytical approach to the soil water balance of a crop cover. This soil water balance is made out automatically and results will be frequency processed on the series of the available rainfall sequence (1930 to 1974).

The global simulation program takes into consideration and analyses the whole of elementary soil water balances for :

- the chronological series observed, 1930 to 1974
- the crop rotations
- the two kinds of soils as characterized by their available water.

**DIAGRAMME A 3 DIMENSIONS DU BILAN HYDRIQUE**  
**3 DIMENSIONAL DIAGRAM OF SOIL WATER BALANCE**



**BILAN PERIODIQUE DECADEIRE OU PENTADAIRE EFFICACE D'UNE ROTATION CULTURALE**  
**EN CONDITIONS VARIABLES DE RU (Réserve utilisable)**

**DECADAL SOIL WATER BALANCE OF CROP ROTATIONS**

**NOTATIONS**

- P = LAME DE PLUIE DURANT LA PERIODE  
P = Rain during the period
- I = APPORT D'EAU COMPLEMENTAIRE  
I = Irrigation
- RU = RESERVE EN EAU UTILE  
RU = Available water
- RS = RD - ETR = RESERVE DANS LE SOL EN FIN DE PERIODE  
RS = RD - ETR = Available soil water at the end of the period
- RD = P + RS (- 1) = HUMIDITE DISPONIBLE  
RD = P + RS (- 1) = Available moisture
- RR = RD/RU + OU - A = HUMIDITE RELATIVE DU SOL (A = COEFFICIENT DE PONDERATION)  
RR = RD/RU + OU - A = Relative soil moisture (A = ponderation coefficient)
- ETP = EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE CLIMATIQUE (LIMITE SUPERIEURE D'ETM) :  
EVAPORATION SAC CLASSE A  
ETP = Potential climatic evapotranspiration  
(class A pan evaporation)
- ETM = K ETP = EVAPOTRANSPIRATION MAXIMALE DU COUVERT (LIMITE SUPERIEURE D'ETR)  
SI sol nu : ETR = 0,1 ETP  
ETM = K ETP = Maximum evapotranspiration of crop cover  
(if bare soil K = 0,1)
- ETR = F (ETP, HR) = EVAPOTRANSPIRATION REELLE DU COUVERT  
ETR = F (ETP, HR) = Actual evapotranspiration of crop cover
- DR = RD - ETR - RU = DRAINAGE PROFOND  
DR = RD - ETR - RU = Deep drainage
- DRC = DRAINAGE CUMULE  
DRC = cumulated drainage
- RUS = RUISSELLEMENT SUPERFICIEL  
RUS = Run off
- D (RS)/RU = DEFICIT RELATIF DU SOL  
D (RS)/RU = Relative soil moisture deficit
- ETR/ETM = EVAPOTRANSPIRATION RELATIVE  
ETR/ETM = Relative evapotranspiration
- D (ET) = ETM - ETR = DEFICIT D'EVAPOTRANSPIRATION  
D (ET) = ETM - ETR = Deficit of the crop cover evapotranspiration
- D (RS) = RU - RS = DEFICIT DU SOL  
D (RS) = RU - RS = Soil moisture deficit
- RV = RESERVE VARIABLE : MAX RV = RU  
RV = Variable soil available water

STATION : 320190  
Station : 320190

REPUBLIQUE DU NIGER TILLABERY  
Tillabery, republic of Niger

LE PAS DE TEMPS EST CALENDRAIRE ET COMPREND 10 JOURS  
Time step is 10 days (calendar)

K EST UN COEFFICIENT MODULATEUR DE L'ETP  
K is a modulating coefficient of ETP

A EST UN COEFFICIENT DE PONDERATION DE HR : 0.0  
A is a ponderation factor of HR

LE PASSAGE DES ANNEES SE FAIT EN CONSERVANT LES VALEURS INTERMEDIAIRES  
Passing of the years keeps intermediary values

PROJET DE PERIMETRE IRRIGUE  
Project of irrigation for the district

SONA 70 hectares  
6 rotations

**SIMULATION SANS IRRIGATION**  
**SIMULATION WITHOUT IRRIGATION**

Année : 1931  
Year : 1931  
RU Variable, max : 130 mm  
Variable RU, max : 130 mm  
COTON NIEBE  
Cotton Niebe

Année Normale  
Normal Year

BLOC B  
B Block

1 HA

PERIODES	OFFRE				DEMANDE			BILAN					INDICES			
	P	I	HD	HR	ETP	K	ETM	ETR	RS	DR	DRC	RUS	D(RS)/RU	ETR/ETM	ETM-ETR	RV
JUN 2ème	18.0	0.0	31.7	1.00	81.0	0.56	45.4	31.7	0.0	0.0	0.0	2.7	1.00	0.70	13.7	32
June 3ème	27.9	0.0	23.7	0.75	80.0	0.56	44.8	23.7	0.0	0.0	0.0	4.2	1.00	0.53	21.1	32
JUIL. 1ère	32.9	0.0	28.0	0.88	72.0	0.82	59.0	28.0	0.0	0.0	0.0	4.9	1.00	0.47	31.1	32
July 2ème	26.6	0.0	22.6	0.71	70.0	0.82	57.4	22.6	0.0	0.0	0.0	4.0	1.00	0.39	34.8	32
3ème	37.7	0.0	22.0	1.00	74.8	0.82	61.3	32.0	0.0	0.0	0.0	5.7	1.00	0.52	29.3	32
AOÛT 1ère	44.0	0.0	37.4	1.00	65.0	0.82	53.3	37.4	0.0	0.0	0.0	6.6	1.00	0.70	15.9	37
Aug. 2ème	15.2	0.0	12.9	0.35	63.0	1.07	67.4	12.9	0.0	0.0	0.0	2.3	1.00	0.19	54.5	37
3ème	47.8	0.0	40.6	1.00	67.1	1.07	71.8	40.6	0.0	0.0	0.0	7.2	1.00	0.57	31.2	41
SEPT. 1ère	38.9	0.0	33.1	0.81	64.0	1.00	64.0	33.1	0.0	0.0	0.0	5.8	1.00	0.52	30.9	41
Sept. 2ème	22.0	0.0	18.7	0.46	66.0	0.90	59.4	18.7	0.0	0.0	0.0	3.3	1.00	0.31	40.7	41
3ème	19.0	0.0	16.1	0.40	68.0	0.80	54.4	16.1	0.0	0.0	0.0	2.8	1.00	0.30	38.2	41
OCT. 1ère	7.4	0.0	6.3	0.15	70.0	0.50	35.0	6.3	0.0	0.0	0.0	1.1	1.00	0.18	28.7	41
Oct. 2ème	0.0	0.0	0.0	0.0	71.0	0.50	35.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	35.5	41
3ème	0.0	0.0	0.0	0.0	79.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	41
NOV. 1ère	0.0	0.0	0.0	0.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	41
Nov. 2ème	0.0	0.0	0.0	0.0	68.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	41
3ème	0.0	0.0	0.0	0.0	66.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	41
DEC. 1ère	0.0	0.0	0.0	0.0	64.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	41
Dec. 2ème	0.0	0.0	0.0	0.0	62.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	41
3ème	0.0	0.0	0.0	0.0	66.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	41
JANV. 1ère	0.0	0.0	0.0	0.0	62.0	0.42	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	26.0	41
Jan. 2ème	0.0	0.0	0.0	0.0	66.0	0.50	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	33.0	41
3ème	0.0	0.0	0.0	0.0	82.5	0.84	69.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	69.3	41
FEV. 1ère	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0	0.95	71.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	71.2	41
Feb. 2ème	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	0.90	72.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	72.0	41
3ème	0.0	0.0	0.0	0.0	68.0	0.86	59.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	59.8	41
MARS 1ère	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	0.75	67.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	67.5	41
March 2ème	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.75	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	75.0	41
3ème	0.0	0.0	0.0	0.0	115.5	0.75	86.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	86.6	41
AVRIL 1ère	0.0	0.0	0.0	0.0	108.0	0.50	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	54.0	41
April 2ème	0.0	0.0	0.0	0.0	105.0	0.50	52.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	52.5	41
3ème	0.0	0.0	0.0	0.0	103.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	41
MAI 1ère	0.0	0.0	0.0	0.0	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	41
May 2ème	5.9	0.0	5.0	0.12	90.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.00	0.56	0.0	
3ème	28.1	0.0	23.9	0.59	95.7	0.0	0.0	9.6	14.3	0.0	0.0	4.2	0.89	1.00	0.0	
JUN 1ère	23.0	0.0	33.9	0.83	84.0	0.0	0.0	8.4	25.5	0.0	0.0	3.4	0.80	1.00	0.0	
June																
TOTAUX	394.4	0.0			2806.8		1375.8	326.1				59.2			1072.6	

en mm x ha  
in mm x ha

At this level, we can discern from the elementary tables of the soil water balance :

- input data : rain (P), soil Available Water (AW), Potential evapotranspiration (ETP), crop coefficients  $ETM = (K) ETP$ .

- output results, liable to be subjected to a frequency analysis : natural crop evapotranspiration (ETR), soil water stock (RS), deep drainage (DR), crop water satisfaction index ( $ETR/ETM$ ), deficit of evapotranspiration ( $ETM - ETR = DET$ ).

Certain of these inputs or outputs call for remarks :

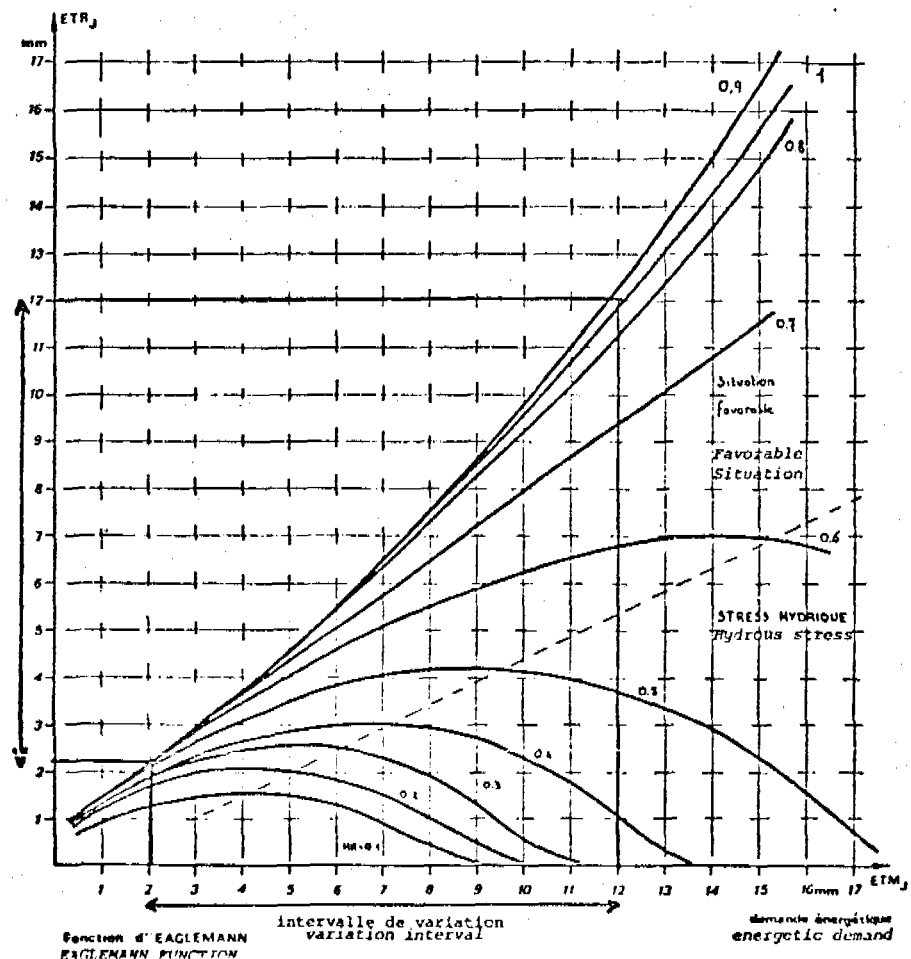
Rainfall (P) : the chronological sequence is inserted in this model at a decadal scale.

Run off (RUS) : an average coefficient of less, trough discharge of 15 % has been chosen in conformity with results obtained on soils of this type with rainfall simulators.

Actual evapotranspiration (ETR) : is estimated by a mathematical regression ratio worked out by JF EAGLEMAN from the climatic requirements at the level of the crop cover and from the relative soil moisture (HR) available for rooting.

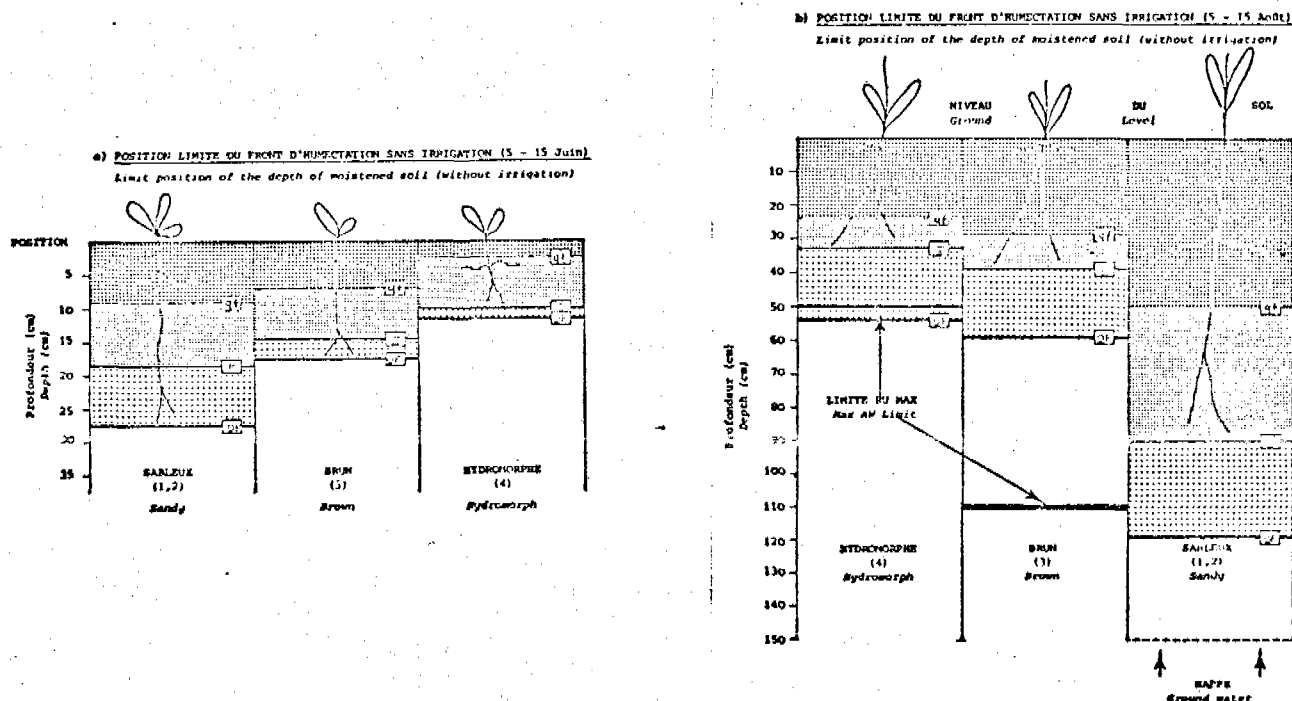
Relation entre l'évapotranspiration réelle journalière  $ETR_J$  et la demande  $ETM_J$  en fonction de l'humidité disponible

RATIO OF DAILY  $ETR_J$  ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION AND CLIMATIC EVAPOTRANSPIRATION  $ETM_J$  NEEDS IN FUNCTION OF AVAILABLE MOISTURE



Moistening of the soil profile (RV) : corresponds to the stock of water actually free for operation by the root system.

For the same stock of water, the moistened depth varies according to the hydro-pedological characteristics of the soil.



The deficit of crop evapotranspiration (ETM - ETR) : is the determining factor in the case of an irrigation project study. It is this deficit at crop level that irrigation is intended to remedy.

Depending on the objectives of the proposed study, a selection of one or several terms of the soil water balance is made. Concerning hydro-agricultural sub-structures and the practical running of irrigations, it is mainly the frequency analysis of the terms drainage (DR) and deficit of evapotranspiration (ETM - ETR) which govern project study.

### III - SOIL WATER BALANCE RESULTS - OPTIMISATION OF THE IRRIGATION PROJECT

#### 3-1 - CHARACTERISTIC VALUES OF IRRIGATION NEEDS WHICH CAN BE USED IN ORDER TO OPTIMISE THE IRRIGATION EQUIPMENT

(results are given at level of high quinquennial value - irrigation needs covering the risk 8 years out of 10)

##### . Results at elemental plot level (1 ha and QF values)

- decadal peak need = 78 mm

- crop cycles and rotations needs :

Maize	298 mm	Market Gardening	560 mm	Rotation	851 mm
Maize	298 mm	Niebe	524 mm	Rotation	808 mm
Groundnuts	126 mm	Market Gardening	578 mm	Rotation	701 mm
Sorghum	233 mm	Market Gardening	560 mm	Rotation	787 mm
Cotton	386 mm	Niebe	667 mm	Rotation	1053 mm

##### . Results at district (70 ha) level (QF values)

- rainy season cycle	206 000 m <sup>3</sup>
- dry season cycle	416 000 m <sup>3</sup>
- annual rotation	615 000 m <sup>3</sup>

#### 3-2 - PROPOSITION OF A NEW DESIGNED IRRIGATION NETWORK

As it is at present laid out on the field, the actual irrigation network does not give a good valorization of the soil and water resources and of the equipment.

In effect :

- this project is based on a district being split up into elemental plots of 1 hectare. Each plot is equipped with an inlet structure delivering the irrigation modulus to the plot.

- the results of the evapotranspiration deficit study shows that both in peak periods and in annual rate of flow the water supplies required to irrigate the dry season crops are twice those required for irrigation of rainy season crops.

This means an under-capacity (50 %) utilization of the irrigation network in the rainy season. We could consider a modification of the structure of the district aimed at a better valorization resources and equipments.

A restructuration of this irrigation network could be considered if soil and water resources are not quantitatively limited.

This proposal is based on the permanent use of the network at full capacity which would mean doubling the irrigated surfaces in the rainy season in relation to surfaces irrigated in the dry season.

The district when so restructured will have the following characteristics :

- controlled surface of 140 ha,
- split into elemental plots of 1 hectare,
- 1 inlet structure for every two plots, the "main d'eau" of 10 l/s allowing during the rainy season the irrigation of a surface corresponding to 2 plots (200 x 100 m),
- rainy season cultivated surface = 140 ha,
- dry season cultivated surface = 70 ha.

The network's hydraulic characteristics, reduced to the district's new controlled surface, are :

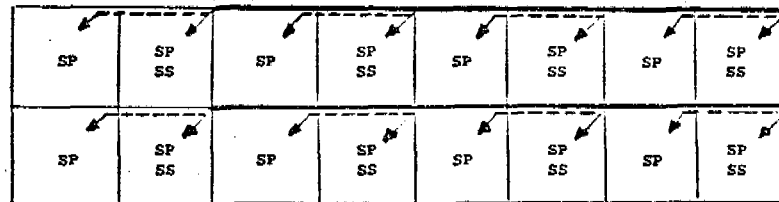
- artificial continuous discharge (24 h/24) = 0.52 l/s/ha
- equipment discharge (10 h/24) = 1.25 l/s/ha
- watering modulus "main d'eau" = 10 l/s

IN DRY SEASON, only 70 hectares will be planted by using the total discharge i.e an irrigation dose of 360 m<sup>3</sup>/ha with a maximum frequency of 4 days.

IN RAINY SEASON, 140 hectares will be planted with either an irrigation-dose of 360 m<sup>3</sup>/ha with maximum intervals of 8 days or 180 m<sup>3</sup>/ha at intervals of 4 days (4,5 mm/day supply).



Proposal for restructuration of the hydro-agricultural installation



Parcelle élémentaire de 1 ha  
 Surface cultivée en SS = x  
 Surface cultivée en SP = 2x  
 Ouvrage de prise tous les 2 ha

Elemental allotment of 1 ha  
 Planted surface in DS = x  
 Planted surface in RS = 2x  
 Inlet structure every 2 ha

SP = Rainy season  
 SS = Dry season

If the pedological and hydropedological balance of the soils allows the soil resources constraint to be removed, but that availability of hydrous resources remains quantitatively limited, then we have to find economic balance between the surface to be irrigated in the rainy season (irrigation against deficit rain risks) and the surface to be irrigated in the dry season.

The use of automated and frequential soil water balance should permit, in function of available soil and water resources, us to establish optimum economic balance between the surfaces to be irrigated in rainy and dry season ; a balance giving maximum valorization of potentialities of the environment and the equipment.

3-3 - SUGGESTED BASIC PROGRAM OF IRRIGATION FOR MANAGEMENT OF IRRIGATION DURING THE RAINY SEASON

The results of frequency analysis of evapotranspiration deficit give the following informations :

- the cumulated evapotranspiration deficit (in rainy conditions) for each crop cycle and each rotation,
- the irrigation dose standardized at 36 mm with maximum interval frequency of 4 days.

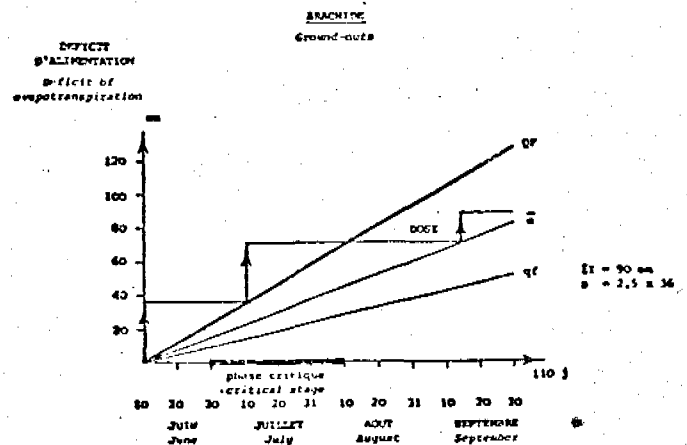
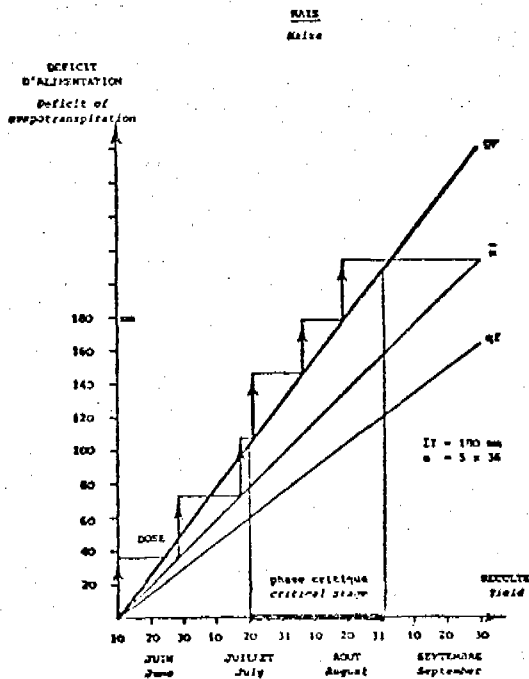
Using these two informations, we have to work out a basic irrigation program which satisfies water needs (decadal and overall) for the crop cycle under consideration and taking into account rain occurrence.

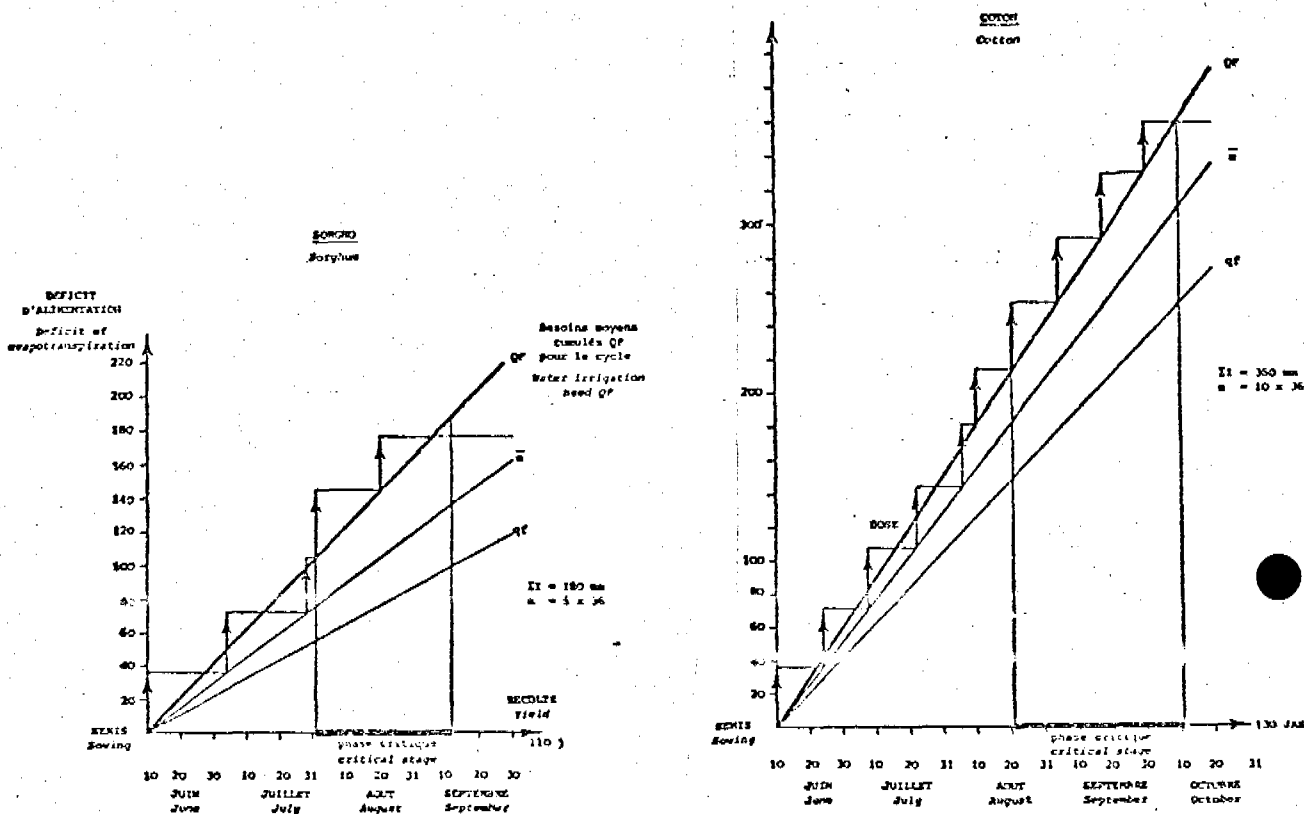
The graphs of evapotranspiration deficit (ETM - ETR) for each crop cycle are traced for three probability levels  $q_f$ ,  $\bar{m}$ ,  $Q_F$ .

- . As Y axis : cumulative deficit values (ETM - ETR) in time function for the three levels:  $q_f$ ,  $\bar{m}$ ,  $Q_F$ .
- . As X axis : decades are laid out from sowing to harvest ; the corresponding decades of the critical physiological stage are underlined.

A first approach can be made to planning basic irrigation by taking into consideration the following hypothesis :

- irrigation doses are standardized at 36 mm,
- on 10 June (rainy season crop sowing), we use a systematic irrigation  $x$  (start) = 36 mm,
- outside the critical physiological stage, the object of irrigation is to cover the median needs ( $\bar{m}$ ) of the deficit,
- during the critical stage, irrigation must cover  $Q_F$  needs of the deficit.





The total sum of doses programmed in the basic irrigation calendar must be inserted in the range of the evapotranspiration deficit for various crops. The table shows a comparison between the volume of programmed irrigation and the frequently estimated deficit (DET = ETM - ETR).

Comparison between programmed irrigation flows and DET (in mm)

CYCLE DE CULTURE DE SAISON DES PLUIES Rainy season crop cycle	Σ IRRIGATIONS	DET		
		qE	m	QF
ARACHIDE Groundnuts	90 mm (2 x 36 + 18)	53 mm	83 mm	126 mm
MAIS Maize	216 mm (6 x 36)	176 mm	224 mm	298 mm
SORGHO Sorghus	180 mm (5 x 36)	125 mm	168 mm	233 mm
COTON Cotton	360 mm (10 x 36)	278 mm	331 mm	386 mm

## CONCLUSION

*Executed on the basis of experimental results obtained on field, the methodology set out this survey allows an analytical and methodical approach to the main problems encountered in setting up an irrigation project and land reclamation through irrigation.*

*The achieved results from this method can to be used at different levels :*

*— to effect a rapid identification of the project, the planner disposing of pedoclimatic data, can thus rapidly decide on the water deficit to be supply through irrigation*

*— for a complete, more detailed, study, if he disposes of all the results characterizing the terms of the soil-water balance, he can :*

- . optimize choice of land parcels,*
- . size the irrigation equipment which are necessary for the irrigation of soils recognized suitable, and compare at project level the water requirements of developable and effectively available hydrous resources,*
- . provide for and size, if necessary, the drainage system,*
- . estimate, taking into account water needs and available resources the extent of possible satisfaction of crops needs, and thus the level of productivity hoped for,*
- . propose and administer the irrigation schedule*

*— in an agro-economic context, the agronomer, the economist and the financier can dispose of the necessary and indispensable elements for an objective and realistic planning for exploitation of the environmental resources.*

BIBLIOGRAPHIE
---------------

- CHAROY J. - Les cultures irriguées au Niger, résultats de sept années de mesures et d'expérimentations 1963-70  
Agronomie Tropicale Sept 71
- CHAROY J.  
FOREST F.  
LEGOUPIL J-C. - Evapotranspiration - Besoins en eau des cultures  
Relations eau-sol - Estimation fréquentielle des conditions  
d'alimentation hydrique en culture pluviale et irriguée -  
Bilan hydrique. Avril 1978
- CHAROY J.  
FOREST F.  
LEGOUPIL J-C. - Besoins en eau de la canne à sucre  
Juillet 1978
- D'AT DE SAINT FOULC  
J. - Irrigation par aspersion  
Eyrolles 1967
- EAGLEMAN J-R. - An experimentally derived model for actual evapotranspiration  
Agric. meteorol, 8 (4-5) pp. 385-394 - 1971 -
- FEAU C. - "Etude pédologique des périmètres de LOSSA et SONA"  
ACC DGRST  
IRAT-INRAN-GERDAT 1976
- FOREST F. - Bilan hydrique efficace et prospective décadaire des besoins  
en eau des cultures pluviales en zone soudano-sahélienne.  
Cahier pédagogique - soixante cahiers opérationnels.  
Ministère de la coopération DAD 1974
- FRANQUIN P. - Analyse agroclimatique en régions tropicales - Méthode des  
intersections et période fréquentielle de végétation.  
DOC ORSTOM Bondy
- FRANQUIN P.  
FOREST F. - Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle  
des termes du bilan hydrique  
Agronomie tropicale XXXII - 1
- KALMS J-M.  
VALET S. - Détermination des besoins en eau de différentes cultures  
vivrières et industrielles dans les conditions pédoclimatiques  
des terrasses du Niger à Tillabéry  
INRAN - Juillet 75
- LEGOUPIL J-C. - Evaluation des besoins en eau de la canne à sucre par un  
modèle informatique du bilan hydrique.  
Complexe sucrier de Borotou la Boa - Côte d'Ivoire  
DOC IRAT 1975

- VALET S. - "Prospection pédo-hydrologique des sols des terrasses du Niger en vue d'aménagements hydro-agricoles à LOSSA et SONA"  
ACC DGRST  
IRAT-INRAN-GERDAT DEC 1976
  
- VALET S.  
FEAU C. - Carte d'aptitude à l'irrigation des unités morphopédologiques des terrasses du Niger à LOSSA et SONA  
ACC DGRST  
IRAT-INRAN-GERDAT 1977
  
- VALET S.  
ALBERT C. - Etudes des relations eau-sol-plantes, dans les conditions pédoclimatiques de Tillabéry  
ACC GERDAT  
IRAT-INRAN-GERDAT 1976
  
- RAPPORT SOGETHA - "Aménagement hydro-agricole de terrasses et cuvettes dans la vallée du fleuve Niger" Etude théorique  
Juillet 1970

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/B.E.3

24 January 1979

ENGLISH

Original : FRENCH

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

CLIMATIC LIMITATIONS IN THE  
CONSTRUCTION AND USE OF HILL DAMS

Daniel ROZETTE  
Project Chief Engineer  
SOGREAH  
Grenoble, France.

## Summary

Within the sphere of works which are rustic and inexpensive, hill reservoirs have a relatively modest climatic zone : it is the zone in which the rain is regularly apportioned during the course of the year and its inter-annual variability is weak. If one wishes to realize hill reservoirs in other zones their planning and water utilisation must be adapted to the requirements of the climate.

Making use of the experience gained in European and African works of this kind, we shall try to give a classification of the climates which will allow one to define the zones in which the works will be of the same nature and we have a similar water utilization. We shall then present some simple rules in order to determine the volume to give to the reservoirs as a function of the annual precipitation and to determine the rules for water utilization as a function of evaporation.

## Synoptic table

### Introduction

A simple and inexpensive hill pond cannot be realized in all climates.

### Climate and design of hill reservoirs

The ratio  $F = p^2/P$  between the square of the precipitation of the rainiest month and the mean annual precipitation facilitates the classification of the regions in which the hilldam types will be about the same.



### Filling and silting

The ratio  $E/BV$ , expressed in cubic metres of storage capacity per hectare of watershed, is a guide comparing the characteristics of the reservoir with the solid and liquid inflows originating from the watershed ; except for a few corrections these inflows can be rapidly evaluated with a graph based on the mean annual rainfall.

### Flood hazards and safety spillway

Though many dams have been ruined because the spillway was insufficient a full safety of the structure cannot be economically attained.

### Evaporation and agricultural use of the water

When the evaporation loss of the water stored for agriculture purpose, is very high, the water should be reserved for complementary irrigation during the rainy season or the first subsequent months.

## REPORT

### Introduction

Hill ponds are particularly suitable for regions where the rainfall is regularly distributed between short dry periods and where the water requirements are average. These are in fact the regions where the water supplied by the precipitations fits for the vegetation requirements and where the irrigation only plays a complementary role which guarantees high fields. In these climates the evaporation factors and the crop requirements are relatively low and the water supply is needed for a

few weeks only, two months at the most ; the stock of water per irrigable hectare can be fairly low. Moreover a continuous vegetation prevents the erosion of the banks and of the flood channels which are never, however, submitted to very high flows. In the corresponding climatic zone the mean annual rainfall ranges from 500 to 1,000 mm and the number of rainy days is noticeable ; thus the mean precipitation is about 4 to 7 mm per day. This situation occurs in the centre of France and in the Paris region. When the inter-annual variability of the climate increases and when the difference between the rainy season and the dry season is rather high, the mean precipitation increases : 8 to 12 mm/day in the Mediterranean zone up to 14-16 mm in the Sahel. In both cases there is a fair uncertainty concerning the filling and higher risks of heavy floods ; the above mean rates in part hide the reality of the climatic variations which jeopardise the possibilities of developing hill reservoirs.

#### Climate and design of hill reservoirs

In the regions where the annual precipitation exceeds 400 mm, there is a criteria which, in our opinion, represents adequately the climatic limitation of the development of hill ponds : it is the ratio proposed by F. Fournier :

$$F = \frac{p^2}{P}$$

p being the mean rainfall of the rainiest month, and P the mean annual rainfall ; both expressed in mm.

From realizations carried out in different climates of France and Africa we have been able to obtain the following rules :

Regions in which F is less than 10

This is the case, for example, of the central regions of France and particularly Limousin.

In this case, it is always possible to develop a rustic and inexpensive hill reservoir. As we shall see later, it is sufficient to adjust the capacity of the reservoir to the inflows of the watershed. The structure, therefore, consists of a compacted earth dam, a grass trench to dispose of the exceptional floods, and a pipe for the water intake and for emptying the reservoir ; the absence of a long dry season and the regularity of the precipitations maintain the natural vegetation and generally no further protection is needed. In addition, crop water requirements are low. Thus, in these regions, the hill reservoirs very often serve more for fishing and recreative activities than for the development of agricultural irrigation. This is the scope of a private reservoir.

Regions in which F is comprised between 10 and 30

This the case of the Mediterranean basin. The structure must be more sophisticated and its maintenance depends upon the solutions of problems connected to the inter-annual irregularity of the reservoir filling to the flood disposal and to the silt load. Protection against erosion must therefore be dealt with particular care ; in fact the vegetation, which fades away in the dry period, hardly holds out against the first rains. The protection must be ensured by riprap, stone pitaling, walls or concrete lining. Water requirements usually range from 1,000 to 4,000 m<sup>3</sup>/t so that the irrigation guarantees high yields especially for fruit. In this case, a hill pond is the backbone of a highly productive modern agriculture.

Regions in which F ranges from 30 to 60

This is the case, for example, of equatorial Africa or of the eastern coast of Madagascar.

The realization is not more difficult than in the Mediterranean zone but greater safety measures must be adopted ; above all the spillway must be designed with particular care : consequently it will take an important part of the total cost of the project. Vegetation is hardy enough to ensure an adequate protection of the banks and to provide an efficient obstacle against erosion.

In spite of prolonged and heavy rains, the water of the hill reservoirs is very useful for complementary irrigation during the dry periods which can occur even during the rainy period. But the water taken out for irrigation or evaporation from the reservoir is replaced by the next rain, so that the reservoir is normally full at the end of the rainy season. Therefore, a double annual cropping can be developed.

Regions in which F ranges from 60 to 100

This is the case, for example, of the Sahel in Africa and of the high plateaux of Madagascar.

In these regions rather important works are needed. The evaporation is high and to keep the water long enough, 10 to 12 m deep reservoirs must be built. Accordingly, large capacity ponds (several millions of cubic metres) are involved and to cater for a sufficient supply, the pond must be located at the outlet of large watersheds.

In addition, water must be used for complementary irrigation only, both during short dry periods which may occur during the rainy season, and to artificially extend the rainy season.

But at the cost of a rather high evaporation loss, an off-season crop can be irrigated; even, water can be applied before the rainy season to allow for an early and safe sowing. Under these conditions the storage is high and the irrigation area is reduced: from 10 to 30,000 m<sup>3</sup>/ha depending on the rate of evaporation and of the cultivation cycle.

This is the field of the collective reservoir whose efficiency is much more effective if met with the full agreement of the farmers.

#### Regions in which F is greater than 100

This is the case of the semi-desertic zones.

The main element of the structure is the spillway which can actually feature a small concrete dam skirted by earth embankments. In extreme cases the only function of the reservoir is to ensure a flood-water spreading.

The knowledge of the ratio  $F = p^2/P$  is only a first step to appreciate the impact of the climatic limitations on the design of a hill dam. These limitations express a certain contradiction between the security of filling and the rapidity of silting of the reservoir, and oblige to adjust the importance of the spillway to the flood hazard and to evaluate the effect of the evaporation losses on the use of water.

### Filling and silting

It is evident that for the same storage capacity in the same climate the larger the watershed the better the guarantee of filling, but at the same time the silting of the reservoir will be more rapid. A damsite can therefore be characterized by the ratio R between the volume E of the reservoir and the surface area BV of the watershed :

$$R = \frac{E}{BV}$$

expressed in cubic metres per hectare of watershed.

This ratio must be compared, on one hand, to the expected annual inflow (in m<sup>3</sup>/ha of watershed) for the one in five dry years or possibility for the one in ten dry years and, on the other hand, to the annual silt load (in m<sup>3</sup>/ha of watershed) as a function of the condition of the watershed which may have been subject to soil conservation measures.

### Liquid inflows

On the basis of the studies and realizations which have been carried out during the past fifteen years in various semi-arid countries (North Africa, Middle-East, Madagascar, Sahel) a relationship has been drawn linking the minimum rate of annual inflow and the annual rainfall ; this relationship, shown on the attached graph, was originally abstracted from a study of the frequency of all the hydrological observations collected in Algeria between 1949 and 1959, and then was confirmed by the measurements carried out on small reservoirs in Israel, and later on in the Sahel (ORSTOM).

Knowing the first decile (dry year) of the annual rainfall, this graph gives a rough estimate of the annual runoff, provided that the follo-

wing adjustments are taken into consideration.

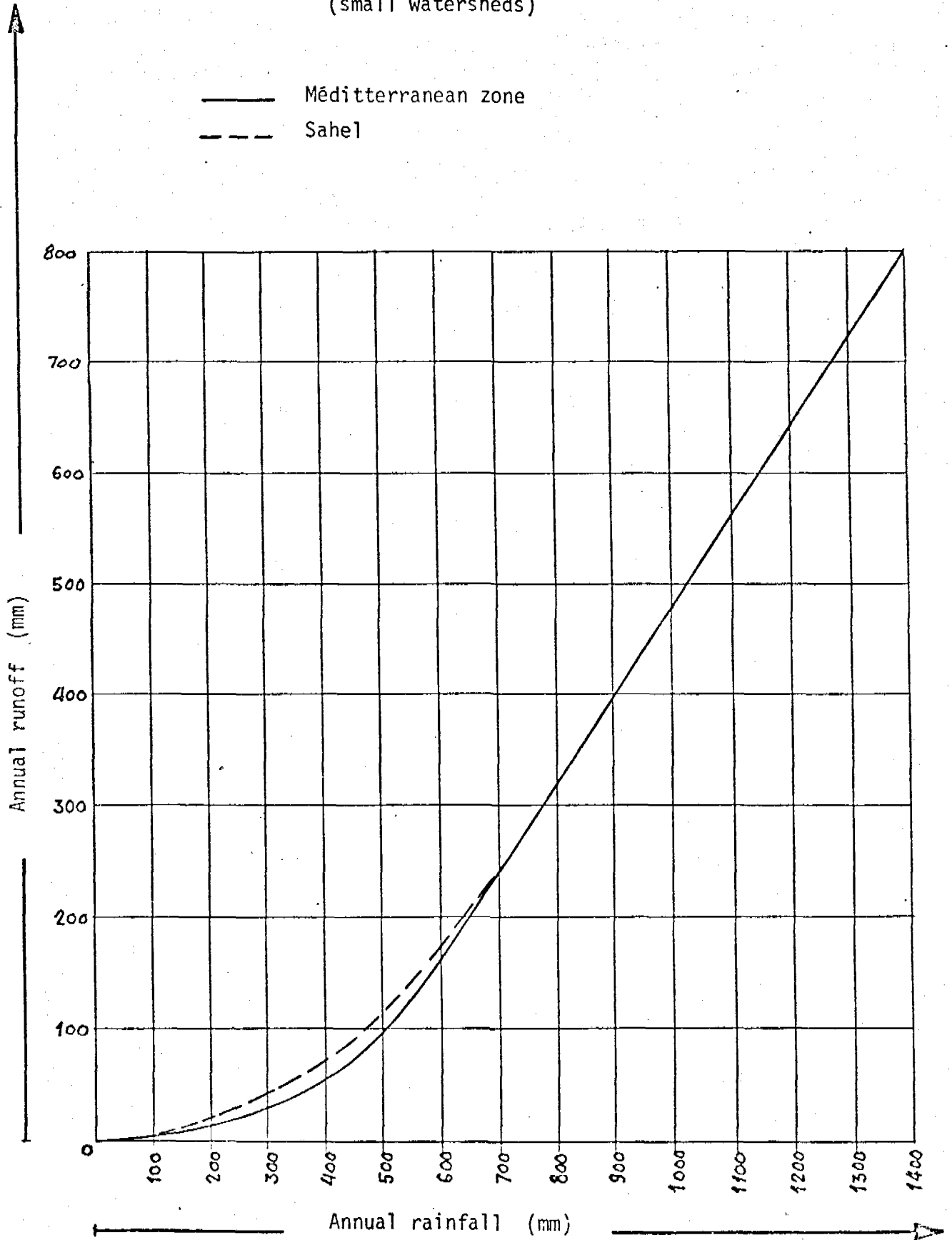
For the area where the first decile rainfall is :

- greater than 650 mm, the surface runoff is close to or greater than 2,000 m<sup>3</sup>/ha. The rainfall alone provides the evaluation of the runoff. It is in general perfectly justified to disregard the other factors governing the runoff (rainfall distribution, slope, nature of the soil and vegetation of the watershed).
- between 500 and 650 mm, the surface runoff ranges from 1,000 to 2,000 m<sup>3</sup>/ha. The rainfall alone, often provides the evaluation of the runoff but it may be necessary to adjust this value according to the characteristics of the watershed.
- between 400 and 500 mm, the surface runoff ranges from 500 to 1,000 m<sup>3</sup>. The runoff must be adjusted according to the characteristics of the watershed and to the distribution of the precipitation.
- between 300 and 400 mm, the surface runoff should be less than 500 m<sup>3</sup>. To settle the optimum storage capacity, experimental data on the frequency of the runoff are needed.
- less than 300 mm, the surface runoff is negligible. Consequently it is probably impossible to create a hill pond.

### ANNUAL RUNOFF

VS. ANNUAL RAINFALL

(small watersheds)





### Solid inflows

The silting up of the reservoir will also be linked to the size of the watershed ; if we expect that, during the amortisation period of the structure (about thirty years) the storage capacity will remain greater than half of its initial value (effective life time of the reservoir), we can state that the annual volume of solid inflows must be less than a sixtieth of the liquid inflow ; a difficulty may arise in the evaluation of the useful life of a reservoir as the silting-up is caused above all by a mud the apparent density of which varies with the time (from 1.5 at the time of the deposition, to 2.5 after full settlement).E● we can use for this comparison the values of the specific degradations of watersheds, taking 1.7 as a mean value for the apparent density of the deposits.

We found in Algeria, for watersheds greatly subject to erosion without soil conservation measures, annual solid inflows reaching 25-30 m<sup>3</sup>/ha-year. But it seems that for the same watersheds provided with soil conservation facilities it is possible to reduce the annual solid inflow to less than 5 m<sup>3</sup>/ha-year. Therefore, the effective lifetime of a reservoir whose storage capacity is 1,000 m<sup>3</sup>/ha would be of about ● fifteen years if the annual solid inflow is 30 m<sup>3</sup>/ha-year, but could be of around a hundred years if the solid inflow drops to 5 m<sup>3</sup>/ha-year. Amongst various soil conversation measures, we would give preference to the protection and the reconstruction of the grassy layer rather than to the construction of terraces which would, in semi-arid regions, cause a considerable reductions of the runoff. As a general rule we propose to adopt, as the useful volume of the reservoir, a value which is approximately equal to the inflow of the watershed likely to result one year out of ten.

### Flood hazards and safety spillway

Many authors have proposed formulae to estimate the floods. In case of small watersheds, when the observations are scarce, the use of these formulae is needed. If possible, the results must be compared with those which are known in the region. However, in the zones where the ratio  $F$  defined above is greater than 30, it is necessary to obtain specific flood measurements and measurements of the rainfall that has generated the floods. The hundred-year flood should be estimated and disposed of through the spillway, with an acceptable freeboard at full storage. It will also be necessary to verify that the thousand-year flood can pass through the spillway with no freeboard and with no overtopping (with no waves, however).

It is obvious the flood will be stronger for climates more contrasted and larger watersheds. Although the increase in the flood discharge is less than proportional to the increase of the watershed area, this flood for large watersheds, can be so high that the spillway becomes the main piece of the whole structure ; this situation is encountered in particular in the Sahel.

### Evaporation and agricultural use

The evaporation loss in hill ponds is linked to the live storage  $E$  (expressed in  $m^3$ ) and to the area  $S$  (expressed in  $m^2$  of the reservoir) the ratio  $r = E/S$  in  $m^3/m^2$  is directly proportional to the maximum water depth and to a shape coefficient of the reservoir.

For an economical management of hill ponds we propose that the water use programme be such that the evaporation loss should not be greater than 10 % of the live storage. This limit corresponds to an evaporation depth  $h$  which is a function of the shape of the reservoir ; for the sites we studied, it is about a twentieth of the maximum depth  $H$  of the reservoir. Therefore, for a 10 m high dam, and a maximum water depth  $H$

of 8 m, the depths  $h$  must amount 400 mm at the most.

Moreover, in the regions where evaporation is about 6 - 7 mm/day, the water should be entirely used in two months : that is why certain authors mention the so called "self-consuming reservoirs" which are both shallow and submitted to a heavy evaporation and then dry up before the water is entirely used.

Thus, in these regions of heavy evaporation and long dry periods one must try to built dams as high as possible ; but we retain that, in the design of a hill pond, it is better to limit the height of the dam to about a dozen metres. Although the limitation we are proposing of 10 of the evaporation loss may seem arbitrary, the crops must be particularly profitable to support a higher rate ; this loss could be double or triple the one mentioned above in the case of an off-season crop or even quadruple for the first irrigation of rainy season crops.

As the live capacity of the hill ponds is generally low, the stored water must be reserved in priority for complementary irrigation during the rainy season and during the first months following the rainy season. It is a guarantee against the rainfall irregularity rather than a new practice inducing considerable change of the agriculture.

To fully meet its objectives, a hill pond must be adapted to the climatic limitations, and then its design may be far the rustic and cheap design generally considered. By the use of simple climatic criteria, the optimal characteristics of a pond for use of the water resources of small watersheds can be rapidly determined.

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ B.E.4

January 28th, 1979

ENGLISH

Original : French

**LIBRARY**  
*International Reference Centre  
for Community Water Supply*

DUG AND DRILLED WELLS FOR  
VILLAGE WATER SUPPLY  
IN TROPICAL AFRICA

J. LEMOINE

In collaboration with

Y. VAILLEUX et L. BOURGUET

BURGEAP

Paris

C.E.F.I.G.R.E SEMINAR

Niamey - February 12 to 17, 1979

DUG AND DRILLED WELLS  
FOR VILLAGE WATER SUPPLY  
IN TROPICAL AFRICA  
(A.C.P. Countries of the C.C.E.)

by J. LEMOINE \*

Summary of a report prepared for the specialized  
services of the European Economic Commission

\* BURGEAP, Engineering Consulting Firm.

SUMMARY REPORT

## I - INTRODUCTION

This report has been written essentially on the basis of our experience in West Africa. In the course of the study work, it turned out difficult to distinguish and to characterize in detail the suitability of the aquifers for the village water requirements. Consequently, reference is very often made to two large categories : "ancient formation" and recent sedimentary basins.

a) The hydrogeological components of the village water supply utilities should be included within the series of constraints to which these types of utilities are exposed.

The objective of a village water supply utility program is to increase the quantity of water easily accessible (arid zones) and/or to improve the quality of the water (wet zones). Such a program can be considered to be a success :

- 1°) if the utility structures are in use
- 2°) if maintenance is provided for these structures
- 3°) if recurring charges are reasonable.

These requirements should be taken into account when making choices of a hydrogeological nature.

b) A well-adapted village water point is a structure with a low output. The "unit water point" of which a large number are to be provided within a large part of the zone under consideration involves drilling 1m<sup>3</sup>/h with a handpump and serves 300 inhabitants with 20 liters/day. Thus, the groundwater close to the surface and of mediocre quality is often good enough for the village water supply and even better than the important aquifers.

c) Two hydrogeological parameters are essential as far as village water supply is concerned :

- the depth of the water level, the fundamental point which determines the cost of investment and water extraction ; the sump method can be used for depths of up to 80m (pasture areas) and hand pumping for depths of up to 50m (1). Otherwise, power pumps must be used.
- the mechanical features of the ground which determine the type of structure to be provided and especially the construction method to be used.

(1) 35m for some types of pumps, 60 for others.

The other parameters are of less significance : the continuity or the discontinuity of aquifers comes into account for the study methods and has an influence on the chances of the structures of giving satisfactory results ; the permeability conditions the height of the water-bearing layer from which water is to be withdrawn.

The ideal aquifer for village water supply is a not very deep, free aquifer contained within rock with good mechanical properties, being a continuous formation and without level variations.

d) The main non-hydrogeological factors to be also taken into consideration are :

- physical factors : climate determines the occurrence of water and consequently the chances of the water supply program of being satisfactory ; relief determines in part the location and the depth of the water reserves and the possibility of using gravity type water supply methods ; the distance influences the cost of the utility and the implementation conditions.
- socioeconomic factors : traditions, housing patterns are essential for the design of the programs, the administrative organization and existing water companies, traditional methods (wells), the type of use (livestock raising), the financial resources, the state of development, etc.
- political factors.



## II - GEOLOGICAL FORMATIONS

### A. Bases for mapping the suitability of the aquifers for village water supply

Such mapping would be useful in the various countries. It involves showing the ground formations with reference to the conditions required for providing water supply structures with a capacity of 1m<sup>3</sup>/hr (whereas studies usually aim at using the largest water reserves possible) :

- possibility of manual withdrawal of groundwater (at depths less than 50m) or necessity for power pumps ;
- hardness of the rock, determining the implementation method ;
- type of study required before location.

Ancillary data such as the quality of water (whenever poor), relief, housing pattern, etc., are also to be indicated on such maps.

Such maps should show in some cases the local water tables which are better adapted than larger aquifers which are usually used.

### B. Main types of formations

The 1/40.000.000 scale geological outline given on page 40 (figure 1) shows the geological formations in terms of three groups and even two main groups :

- the "ancient formations" : firstly a precambrian metamorphosed and granitized shield and secondly primary and lower cambrian formations (dominant sandstone and schist). The formations are characterized by the presence of water essentially in the more or less discontinuous weathered or fractured deposits contained within hard rock. Quite often, the static level is close to the surface thus allowing for manual withdrawal of water. The yields are low and at times raise problems. The typical structure involves "unit-drilling" to a depth of fifty meters performed with a pneumatic hammer and equipped with a hand pump.

The volcanic rock formations are included in this group.

The landmass of ancient formations covers a very large area which is highly populated in the ACP countries of Africa.

- "recent" sedimentary formations : (post-primary)

These formations, with a predominance of sand and soft sandstone, contain continuous aquifers which have a much greater yield than the preceding formations ; however a wide variety of cases are possible and the known aquifers are not necessarily the best for village water supply purposes. Thus, it is necessary to carry out detailed investigations so as to identify the best adapted aquifers.

### III - PRELIMINARY STUDIES AND INVESTIGATIONS

These studies make it possible to define the characteristics of the structures suitable for the ground conditions and to place these structures at the most appropriate location.

#### A. Purpose of preliminary studies

The finality of the preliminary studies is to minimize the overall cost price of water supply utilities by optimizing the overall cost : studies plus works. The purpose of these studies is :

- to identify the usable water-bearing formations and their parameters,
- to determine the features of the structures to be provided and the means of implementation,
- to anticipate and minimize the risk of failure.

The nature and the sequence of these studies vary considerably with the type of formations involved, that is for "ancient formations" or recent sedimentary formations.

#### B. Outline of investigation methods and techniques

- 1°) General and regional investigation methods, such as the analysis of geological and topographical maps or the inventory of water extraction points make it possible to identify the basic features of the aquifer.
- 2°) Local or punctual investigation methods are used to identify specific features of sedimentary basins or to determine the location of water extraction points in ancient rock formations and involve :
  - study of aerial photographs,
  - various geophysical methods of which the electric resistivity techniques are the most frequently used and reveal the limits of geological layers or favorable discontinuities,
  - mechanical borehole drilling which allows for direct investigation of the nature of the ground and its properties, in particular the punctual yield of the aquifer.

#### C. Studies in recent sedimentary formations

In these formations, which generally contain continuous water tables, most of the studies cover the entire groundwater system and the data concerning each water extraction point are deduced directly from the

overall studies by interpolation.

These studies are usually undertaken with the intention of drawing large yields and thus concern the most productive aquifers which are not necessarily best adapted for village water supply.

#### D. Location of village water extraction points in ancient formations

In the discontinuous aquifers of the ancient formations, on the other hand, most of the studies are intended for determining the location of water extraction points and have to be carried out for each point since the preliminary regional studies provide only statistical results.

1°) At the evaluation stage, the purpose of the preliminary overall studies is thus to divide the area into a series of sectors with statistically uniform features and for each of these sectors the following information is obtained :

- the type of structure to be provided and the corresponding methods to be used,
- the percentage of failure to be expected,
- the program and cost of the punctual studies and investigations,
- the cost of works.

2°) The punctual studies dealing with each water extraction point location cover :

a) study of the site : on the basis of aerial photographs and administrative data. A survey carried out among village inhabitants, a study of the ground conditions and of the existing water extraction points make it possible to identify the optimum locations (generally on a discontinuous aquifer) with reference to all the information contained within available documents and to specify the features of the structure to be provided.

The location is staked out on site and the data is recorded on a data sheet per village along with a sketch.

b) If necessary (in the most favorable cases), the following phase involves electrical prospecting during 2 to 4 days to identify the exact location of the water point.

c) Direct field investigations are carried out in the final phase, if required :

- for dug wells, preliminary holes going down to the water level are generally sufficient,
- for small diameter drilled wells, investigations are performed during drilling itself ; the boreholes are equipped with operational casings when the findings are positive, otherwise they are abandoned.

The cost of the preliminary studies and investigations can attain a considerable percentage of the cost of the water extraction point whenever there are risky ground conditions.

### 3°) Site investigation procedure

Within each area statistically uniform from the hydrogeological standpoint, a preliminary investigation procedure has to be set up so as to obtain the best results at the lowest cost.

A mathematical approach, which should be developed, reveals that it is quite easy to calculate the maximum cost that can be borne for investigations with the objective of bringing the failure rate down to zero which is better than repeated attempts.

However, it is necessary to examine the failure rate prior to investigations and the rate of success of a given investigation operation, which for the time being is quite uncertain.

This requires increased review of hydrogeological studies on completed projects.

#### IV - VILLAGE WATER SUPPLY STRUCTURES

##### A. Major types of structures

Three major categories of structures can be distinguished, each category having quite different uses, management requirements and recurring charges :

##### 1°) Large-diameter dug wells (int. dia. 1.40 to 1.80m)

in which traditional drawing is effective down to 80 meters (1) : the practical yield obtained with traditional methods by sahel livestock raisers is from 20 to 50m<sup>3</sup>/day, however such yields are generally obtained only in the sedimentary regions. In livestock raising regions, the only alternative for the dug well is drilling equipped with a power pump.

2°) The "unit drilling" with a hand pump, having a practical extracting capacity of 5 to 10m<sup>3</sup>/day, is the typical structure for ancient rock formations, such as the crystalline shield, which are widespread in Africa, and in which water is usually found at shallow depths.

Although it has a greater yield and is more reliable than a well at the same cost, the well is still preferred in some countries for the problems raised by maintenance of pumps is rarely properly solved.

3°) Drilling equipped with power pump, necessary whenever water is found at a depth of more than 50m and a dug well cannot be provided, is much more costly and constraining as far as its operation is concerned. The most difficult problems are encountered whenever water is to be supplied to scattered settlements in areas where the water tables are deep. Fortunately, such cases rarely occur.

The table on page 7b summarizes the characteristics of the 7 types of operational structures derived from these 3 categories in relation to the ground conditions that could be used for providing the village water supply utility.

Note should also be taken of special systems applicable in areas where the water table is very close to the surface (manually cable-tool percussion drilled wells, bucket dug wells, well-points, etc.).

(1) in areas where traditional drawing methods are used (Sahel)

COMPARATIVE TABLE OF THE MAIN TYPES OF STRUCTURES

	DUG WELLS with traditional drawing	AUGER-TYPE WELLS (bucket)	"SHIELD TYPE" DRILLING operated with hand pump	ROCK DRILLING Drawing water more than 80m deep with a power pump	SOFT TERRAIN DRILLING using hand pump	DEEP DRILLING "sedimentary type" using power pump	Dug-drilled wells
Natural conditions							
a) Requirements	- Water table less than 80m deep	- Water table less than 50m deep - soft coherent rock(t)	- Water table more than 50m deep - hard rock	- Water table more than 50m deep - Hard rock	- Water table less than 50m deep - Soft to medium, coherent or non coherent ground	Idem	- Captive water table - Drawing level less than 80 m deep
b) Preferable layers	Soft sandstones, schist alteritic deposits	Alteritic deposits if satisfactory behaviour	Granite or gneiss, various precambrian formations, lavas.	Basalts Limestone or dolomites Granitic shield	Various formations of recent sedimentary basins (sand, clay, sandstone, etc..)	Idem	Multilayer aquifers of recent sedimentary basins
METHODS OR TYPICAL MATERIAL	Usual method : Cast-on-site cement shaft lining Collecting via sunken concrete column with smaller diameter	Excavation by bucket rotation. Temporary casing. Culvert barrels at graps	Rotary air drilling with down-the-hole hammer, pneumatic or cable-tool percussion (unless very hard)	Idem (high pressure equipment below 120m) or cable-tool (unless very hard)	Cable-tool percussio n or rotary mud drilling or inversed circulation	Rotary mud drilling or cable-tool percussion (unless very deep)	Idem
FEATURES Type of operation	Manual (multiple) or animal drawing	Usually by hand pump (Ivory Coast)	Hand or foot pump	Immersed pump and generator set	Hand pump	Immersed pump and generator set	Traditional drawing
Usual depth	that of water table + 3 to 15 m	Maximum : 30 m	30 to 80 m	100 to 150m possible down to 250H	30 to 60 m	Down to 400 m or more	Drilling down to 400 m Wells down to 80. m
Standard diameter	Lining : 1.80m int.dia. Collector : 1.40m int. dia.	Culvert barrels : 1m int. dia.	6"-4"1/2 pipe	8/6" - 4705" pipe	8/6" - 4 to 5" screen	6/12" - 4/8" pipe	Wells : 1.80 m
APPROX. COST Investment	60 to 80,000 F per m. (Niger, Upper Volta) i.e. for 20m basement : 1,400,000 F	80,000 F per m. (Ivory Coast) i.e. for 20m basement 1,600,000 F	30 to 45,000 F/m i.e. for 50 m : 1,800,000 F	100m drilling 3,500,000 F Pump, generator set reservoir : 3,500 000 F	50 to 100,000 F/m depending on depth and method, i.e. 2 to 5000,000 F per drilling depending on depth	100 to 120,000 F/m i.e. usually 10 to 30,000,000 F per drilling	Drilling : 100 to 120,000 F/m Wells : 60 to 100,000F depending on condition
Recurring charges	Well maintenance : 40,000 F/year (Niger)	Well maintenance 40,000 F/year or more (+ pump maintenance)	Pump maintenance 50,000 F/year (Ivoiry Coast)	High, depending on output and maintenance organization	Pump maintenance 50,000 F/year	High, depending on output and maintenance organization	Well maintenance 40,000 F/yr (Niger)
POSSIBLE ALTERNATES	Drilling (more than 30m deep) Auger Boring (less than 30m deep)	Dug wells	20 to 30m deep wells	None	Wells. Special shallow drilling methods	Drilled wells (possibly)	Drilling with power pump
OBSERVATIONS	Cost varies highly with local conditions and remoteness Few contractors	(1)Limited hardness lateritic hardpan Rapid Limited range of applications	Large demand for this type of structure	High cost. Writing off required by distributing relatively large quantities	Quite theoretical case in West Africa. Could be worthwhile in series	Difficult start up. Writing off required by distributing large quantities	Possible only in Sahel livestock area.

## B. Drilling methods and equipment

### 1°) Description, cost, applicability (cf. table p.7b )

#### a) Cable driving

This is the oldest method and the only universal method. The equipment is simple, sturdy, reliable and inexpensive, 35 to 55 M CFA Francs for a ready-to-use shop with spare parts for 4000m, thus immobilization does not have much incidence on the cost.

This method is applicable for coherent ground conditions. Its disadvantage is the slow speed (0,1 to 1 m/h) : 2 or 3 drillings 50 m deep can be carried out, per month.

The cost analysis (Annex 3) arrives at a cost price of about 40 000 francs per meter of drilling all inclusive. The cost quickly rises in very hard rock or in loose ground below 100 m.

#### b) Rotary mud drilling

This is the only method which in practice allows for deep drilling in various sedimentary formations, and it is not very suitable for "ancient" hard formations in which its normal speed of 2 to 5 m/hr drops down to 1 m/hr.

In loose ground, it is not as well adapted for shallow depths (less than 80 m) as driving methods.

The cost of this method varies considerably with the size of the drilling project and of the programs, and it amounts to some 100.000 F per meter all inclusive.

Rotary drilling is a difficult operation requiring continuous work.

#### c) Down-the-hole percussion drilling

This is the most appropriate method for village unit drilling to a depth of 30 to 80m in the shield or ancient hard rock formation. The drilling operation is very quick (2 to 10 m/hr) and is inexpensive (less than 40.000 F all inclusive). One complete unit drilling requires one to two days.

In addition, it is simple, easy to handle equipment (except for the compressor) and is not very costly (70 to 80 M CFA Francs), but it can only be used in coherent ground, unless equipped with a special pipe unit at the head which cannot go deeper than 40 m.

#### d) Air-type rotary drilling

This is a very rapid method for soft coherent ground (up to 25 m/hr). By adding a down-the-hole hammer unit, it can be universally used for ancient rock formations with a better working pace than with the percussion drill alone whenever the alteritic deposits are thick.

The cost of this relatively complex type of drilling unit ready for use varies from 90 to 130 M CFA Francs.

The cost analysis (in Annex 2) shows a cost figure of 37.500 F/m all inclusive, thus for 8 unit drillings equipped with 50 m per month, the cost is 1.900.000 F per drilling.

#### 2°) Selection of equipment and satisfactory conditions of use

a) The selection of a type of drilling unit should be based on an in-depth analysis bearing on :

- scope of medium-range programs,
- characteristics of the geological formations involved (expected depth, mechanical properties, weathered strata, etc.),
- existing personnel and material facilities and potentialities.

b) In ancient rock stata, where most of the demand is located, cable-tool methods are preferable for scattered and discontinuous work sites because of difficult maintenance conditions. On the other hand, modern compressed air units are irreplaceable for the requirements of works involving a large series of operations, however it requires perfect maintenance organization and a mechanical shop nearby.

c) Except perhaps for the cable-tool unit which can operate quite independently, the drilling shops should be backed by a specialized set-up capable of providing effective means. Such a set-up, under the management of a drilling engineer and comprising administrative and accounting staff, a specialized mechanical shop, storeroom, 2 drilling foremen and 4 modern drilling shops, would require the implementation of water supply utility projects involving in the range of 500 "unit drillings" (50 m, 1 m<sup>3</sup>/hr) within a single phase.

#### C. Investment and operation. Cost of water

##### 1°) Basic Data

a) Investments : for shallow water tables, hand dug wells are more expensive than drillings, but the situation reverses as the depth



increases.

The cost of the unit water extraction point (in ancient rock strata) is from 1.500.000 to 2.000.000 CFA Francs, and higher in soft non coherent strata.

b) Maintenance :

- dug-wells : 40 000/well/year in Niger (public company)
- drillings : maintenance involves replacing deteriorated structures. In principle, low cost if satisfactory workmanship is provided.
- manual pumps : 50 000 F/unit/year in the Ivory Coast.

c) Basic assumptions

- consumption : 20 l/day/inhabitant
- service life : structures : 20 years, pumps : 5 years
- usual failure rate in the shield
- interest on invested capital : 8 %.

2°) Results and comments (table p. 115)

a) Excluding extreme cases (pastureland wells and at the other extreme 120 m deep drilling with power pump for an output of 10m<sup>3</sup>/day), the investment charges per unit range from 600 to 950 F/year and the annual operating expenses per unit amount to :

- 120 F for traditional water extraction (village wells for 250 people) ;
- 400 to 500 F for manual pumping (unit drilling for 300 people) ;
- in the range of 900 F in the case of a power pump (serving 1500 people).

b) The comparison of the various types of equipment reveals that :

- there is no use installing a pump on a hand-dug well. Unit drilling is preferable in this case. This is the future solution for the entire ancient rock area. The overall cost per m<sup>3</sup> is 150 francs. However, there remains the pump maintenance problem.
- to supply water for 1500 people, the replacement of 5 unit drillings (50 m deep) with the drilling unit being equipped with a power pump is economically justified

only if water needs not to be transported and if the maintenance personnel is provided by the village.

- whenever the water level is deeper than 50 m, an electric pump is required. However, the cost becomes prohibitive for villages with only 300 to 500 people.
- For an output of 30 m<sup>3</sup>/day (pasturelands), the dug-drilled well is preferable to drilling with power pump.

(1)

#### D. Organization and structures

a) Maintenance and operation constitute the main problem raised by the provision of a village water supply utility. The types of structures, the extraction methods, the implementation programs, the equipment, financial organization and structures should be considered firstly with reference to this major problem.

b) The typical set-up for provision of series of unit drillings comprises 4 drilling shops capable of carrying out 300 to 350 drillings to a 50 m depth (600 M CFA Francs per year).

c) To provide an equivalent number of wells, the required set-up must involve simultaneous operation of some one hundred work sites, that is with a total staff of 500 employees including the general services. A large amount of equipment is required, and it is often underestimated. But the major problem with the construction of wells is the coordination of work sites. The organization of transport also raises difficulties.

d) The population can participate in the construction of water points only in the case of wells ; and even for these, technical imperatives have to be strictly complied with ; the village population should be integrated within the normal construction operations. The resulting savings in Niger amount to 14 % of the cost of the wells.

e) A wide variety of approaches are possible for the implementation of the works ranging from direct contract assignment to systematic calls for tenders. A public authority has to be set up whenever the existing conditions do not allow to obtain acceptable bids from contractors. However, the role of the administration is to promote and to control rather than to act as contractor. On the other hand, as for maintenance, a public set-up appears to be necessary in almost all cases.

(1) Dug-drilled-well : a dug well with a drilling at the bottom.

## V - EXTRACTION AND HAND PUMPS

The purpose of this section, which gives in particular the characteristics of some thirty hand (or foot) pumps, is to enable the reader to have a proper and sufficiently careful approach to the problems raised in providing village water point extraction facilities and in choosing a type of hand pump.

### A. Basic Data

1°) Objectives : The characteristics (depth, output) of a typical village water point correspond perfectly to those of hand pumps. Since drilling is the only means of meeting with the urgent demand for water supply, the countries concerned are obliged to use a large series of hand pumps within a more or less long range.

Satisfactory use of such pumps is however difficult to attain firstly because the pumps are exposed to very rough conditions of use and secondly because they are a public utility the importance of which the population does not always realize.

There are thus two objectives :

a) for the state administrations : to evaluate and provide the long-term financing required for maintenance, to select well-adapted equipment, to set up efficient maintenance service while in time aiming at having the users themselves take care of the maintenance :

b) for builders and financing institutions : To undertake research investigations, testing and development with the aim of providing reliable inexpensive equipment for which maintenance is easy.

### 2°) Setting up and organization of maintenance :

Maintenance of pumps is the crux of any policy for village water supply by means of drilling. If it cannot be provided, it is better to build large diameter wells.

The annual cost of maintenance can be estimated at approximately 50,000 F per water point plus a provision of 10 to 30,000 F for pump renewal.

The difficulties are numerous at the conceptual, financing, organizational, and daily execution levels. The advisable organization depends both on the role the village population is calling to take on and on the requirements of the type of pump (frequency of visits, equipment required, etc.) without mentioning the distribution of the pumps and other less important factors.

### 3°) Weaknesses of traditional pumps :

The weak points are mainly the shafts, the piston sealing segments, the slide rods and valves. The quality of drilling and the pump installation is of vital importance.

#### 4°) Criteria for pump selection

These criteria include the performances, the acceptance by the population, sturdiness, reliability, simplicity, lightweight, guaranteed supply of spare parts and low cost. But depending on their financial resources, some countries would benefit from increasing the investment so as to cut down on maintenance costs, others could take into account the actual conditions for maintaining almost all the installed pumps permanently in operation.

The actual cost price is in any case the major factor in classifying the pumps. However, only large scale repeated experimental comparisons carried out on site during a long enough period and in a strict manner can provide a true basis for such selection.

#### B. The various types of pumps (1)

##### 1°) Generalities :

A handpump is comprised of the following elements :

- an immersed pumping system (2)
- a system for transmission of power downwards and water upwards
- a superstructure with a control system.

Human energy theoretically allows for pumping 2 m<sup>3</sup>/hr at a 10 m depth and 480 l/hr at a 80 m depth. In actual fact, pumps rarely allow for drawing water at depths below 50 m. Furthermore, the practical discharge (over several hours) of a handpump hardly exceeds 700 l/hr whatever the depth of the water table.

A series of tables and figures (pp. 148-157) gives the characteristics of 29 different pumps including the manufacturer's address, the weight and the price for 30 m deep pumping, whenever they are known.

##### 2°) Piston pumps :

a) Most of the pumps on the market are traditional piston pumps with lever control, and a transmission rod in the shaft of the forcing column.

Weight : about 250 Kg for 30 m deep pumping of which 50 to 80 Kg for the pump alone, the remainder being for the transmission.

Average price : 150,000 CFA Francs for 30 m deep pumping.

(1) cf. F.E. Mc Junkin : "Handpumps for use in drinking water supplies in developing countries" I.R.C.C.W.A. The Hague 1977

(2) Suction pumps are not dealt with here.

The diameter of the cylinder, generally made of brass, should be adapted to the depth of the water table.

There are 8 different types of control systems, depending on the number of shafts and articulations existing between the lever and the rod.

The rod can be replaced by a cable, which at times allows for doing away with the forcing column.

b) An alternative is to have hand-wheel driving, which gives the pumps a longer service life but these pumps often weigh up to 500 Kg and cost 4 to 500,00 F (for 30 m depths).

### 3°) Improvement of existing types and creating new models

Investigations have been carried out within numerous projects by various manufacturers with the aim of increasing the sturdiness of the pumps, simplifying the control mechanism and facilitating maintenance. The various parts of pumps have been studied in detail and new materials and parts (e.g. bearings) have been tested and developed. The cost price is of course a limiting factor.

The investigations have given rise to a number of new models of pumps using such devices as hydraulic transmission, the expansion and contraction of an elastic enclosure, foot pumping, elimination of the rod, etc.

The cost of these pumps is in the same range as that of traditional piston pumps. Some appear to offer promising horizons.

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/B.E.9

February 5, 1979

ENGLISH

Original : French

LIBRARY

International Reference Centre  
for Community Water Supply

AN EXAMPLE OF WATER RESOURCES EXPLOITATION IN AN ARID ZONE :

THE IRANIAN SOUTH BALUCHISTAN

Charles LOAEC  
Hydraulics Engineer  
GEOHYDRAULIQUE  
Maisons-Alfort,  
FRANCE

AN EXAMPLE OF WATER RESOURCES EXPLOITATION IN AN ARID ZONE :

THE IRANIAN SOUTH BALUCHISTAN

---

Among the studies of water resources development in an arid zone, Géohydraulique-L.C.H.F. has been involved in, the study conducted for the Baluchistan area in the Southwestern Iran by Géohydraulique since 1970 is an example of concrete experience initiated in the field and realized in an area where the development of water resources is a sine qua non condition for agricultural development.

CONDITIONS OF THE STUDY

The study Géohydraulique was entrusted with in association with an Iranian company covers an area about 50 000 km<sup>2</sup> in Southeastern Iran, on the Pakistan border and along the Oman sea and corresponds to three river basins, the Bahu, Kaju and Nikshar Rud basins.

The physical conditions appear to be very unfavorable. Annual rainfall varies between 80 mm in the Southern plain to 140 mm in the Northern mountainous zone with a very high interannual irregularity (ten year values ratio reaching 6). Rivers have a discontinuous regime marked by strong floods followed by sharp falls rapidly leading to a complete dry up in the plains. One year out of two, two consecutive rainfalls are 7 months apart in the mountain and 11 months in the plains.

Land disponibilities are geographically badly adapted to water resources : good lands are abundant in the plains but submitted to rainfall chances. On the other hand, in the mountainous zone where water resources are more available, they are very reduced because of elevations.

When the study started, socio-economical conditions also appeared to be unfavorable : isolation of the area because of lack of communication means, communities living under autartic regime, very low instruction level, precarious alimentary conditions.

ORGANIZATION OF THE PHASES OF STUDY

The first phase of study consisted in an exploration of the area with the following objectives :

- . analysis of present situation,
- . estimate of land and water resources pointing out technical and socio-economical potentialities and constraints,
- . identification of emergency programs,
- . preparation of a development plan.

This phase was almost exclusively realized on site, because of the rather sparse available data. It yielded a first estimate of potentialities (underground water resources, river discharges, dam sites, land types) and concluded it was possible to develop hydro-agriculture over more than 25 000 ha. During and at the end of this phase, important exploratory works were conducted (aerial photography, topography, exploratory drillings, installation of climatologic and hydrometric stations).

In a second phase, a master plan for the development of water resources was established. During this phase, all possible sectorial development plans were exhaustively examined while checking their coherence on the technical plan (for example at the level of water resources distribution) as well as on the economical plan (in particular for the marketing possibilities offered to agricultural productions). Although physical conditions were very unfavorable because of difficulties in the catching of surface water (very strong floods, concentrated and random flows, important solid transport, necessity of an interannual regulation because of high evaporation), several acceptable feasibility projects were retained :

- . Bahu-Kalat development (Pishin dam, transfer through the Bahu river bed and distribution along an irrigation perimeter),
- . intensive cultivation program in the Negor, Nikshar, Pishin and Qasr-e-Qand oases by using underground waters,
- . Sarbaz-Rask valley development (derivation of river flow and underground waters),
- . Water network for the cities of Chah Bahar and Konarak (dam and aquifers artificial recharging).

At the present time, detailed preliminary projects of these developments have been established and the execution projects are well under way, the construction of Pishin dam being started for two years.

In parallel, for three years, the same methodology of study has been applied to areas neighboring the study zone - development of Rebch, Kashi and Bandeini river basins, Saravan valley development - in order to progressively establish a regional plan for developing water resources of the Iranian Baluchistan.



A FEW REMARKS AS A CONCLUSION

- 1 - Without hiding difficulties which will be met for the improvement because of, in particular, sociological weight, it can reasonably be hoped that water resources mastering will contribute, in parallel to other programs, in particular education, to the development of a bloodless area presently under accelerated desertification (because of land abandon and massive rural exodus).
- 2 - The setting of operations relative to a concerted water resources development in a virgin area requires much time : more than 6 years will have been necessary between the start of the exploratory phase and the first concrete realizations.
- 3 - To come back to formation, one of the points the group is concerned with, it is useful to add a precision about the realization conditions of studies. All of them were done in Iran by a composite team of French and Iranian engineers with exclusively Iranian technicians. The permanent concertation created this way appears to us as being a privileged mode of transmission of knowledge because the mastering of problems and experience can only be acquired through concrete exposure to an always stubborn nature often far away from theoretical schemes.

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

Contributions from  
International Organisations  
Intergovernmental Organisms  
Training Institutes

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/0.I-1  
date : 22th January 1979

ENGLISH

Original : English

LIBRARY

International Reference Centre  
for Water Supply

GUIDELINES ON THE  
DEVELOPMENT OF SUPPORT PROGRAMMES IN THE WATER FIELD

J.M.G. VAN DANNE and  
W.K. HOOGENDOORN  
WHO International  
Reference Centre for Community  
Water Supply  
The Hague  
NETHERLANDS

TABLE OF CONTENTS

	Page
1. Introduction . . . . .	2
2. Brief account of the present situation . . . . .	
in the water supply field . . . . .	3
3. Support programmes . . . . .	6
4. Approach to the development of support programmes . . . . .	7
5. The programmes of the IRC . . . . .	9
6. The integrated research and demonstration project "Slow Sand Filtration" . . . . .	10
7. Conclusion . . . . .	13
Epilogue . . . . .	15
Documentation . . . . .	16

SUMMARY

Development programmes in the water field should not be limited to problems of a technical nature. There is also a great need for programmes, that deal with more structural factors: organization, management, training, information, etc.

These programmes, *support programmes*, and their elements are discussed.

To illustrate the development of such a programme, one of the programmes of the International Reference Centre for Community Water Supply is described.

RESUME

Les programmes de développement dans le domaine de l'eau ne devraient pas être limités au problèmes de nature technique. Il y a également un grand besoin de programmes, qui concernent les facteurs plus structurels: organisation, gestion, formation, information, etc.

Ces derniers programmes, les *programmes de soutien*, et leurs composantes sont discutés.

Pour illustrer le développement d'un tel programme, un des programmes du Centre International de Référence pour l'Approvisionnement en Eau Collective (CIR) est décrit.

## 1. INTRODUCTION

The recommendations and the decisions of the United Nations Water Conference (March 1977, Mar del Plata, Argentina) will continue to influence those who are active in the water field in the forthcoming years.

When one looks at the various themes of this conference it becomes obvious that two subjects were particularly important:

- (a.) water for agriculture; and
- (b.) drinking water supply (and sanitation).

These two subjects have many common factors, for example:

- (1.) they are two essential components of rural development;
- (2.) they are both basic needs of the human being;
- (3.) for both subjects, rural areas are an important working field, if not of a prime necessity.

Starting from a common point: WATER, the two aforementioned subjects have so many tangent planes (quite often via cattle), that they are often inseparable.

The Water Conference has well defined the various problems as well as the necessary priorities (which are, again, often alike):

- (A.) starting points should be national planning, programming and project definition and the country should have (or create) organisms that are capable of carrying out these tasks, in the governmental sector, as well as the private sector;
- (B.) important stimulants in the field of training, education and community participation will be necessary;
- (C.) even more than before, attention will have to be paid

to financial and legislative structures, as well as to organization and management in the various countries; (D.) an important (and often even crucial) role will be played by various services and systems that will have to make existing knowledge and experience available to developing countries and by the development of applied research in case of gaps; these research activities will be needed most in the field of technology and will have to concern "hardware" (appropriate technology), as well as "software" (methodologies and structural systems).

## 2. BRIEF ACCOUNT OF THE PRESENT SITUATION IN THE WATER SUPPLY FIELD

The Water Conference has proposed the period 1981-1990 to become the "International Drinking Water Supply and Sanitation Decade".

One of the reasons that they pledged this proposition, was that these problems have drawn relatively little attention although they have a world wide importance. According to a statistical report of the World Health Organization (published in 1976), 77 per cent of the urban population had at least some sort of water supply; it should be added also that the quantity and the quality of the supplied water did not meet any norm, most of the time. In rural and urban fringe areas the situation was even worse: there the percentage was, on average, 15.

Altogether, approximately 1.300 million human beings did not have an acceptable water supply.

In the field of sanitation, the situation was even worse.

These conditions imply a large number of serious disadvantages for public health, disease, mortality, etc.

They are the reasons - together with the necessary supplementary effort of the population to have at least a minimum of water that much labour potential (should be used for whatever production), as well as development possibilities are lost. Thus agricultural and industrial developments are decelerated.

It is becoming more and more evident that water supply is one of the most important components of integrated development in developing regions.

On the other hand, it should be underlined that developing countries have other problems apart from those of water supply and development of sanitation facilities.

Nevertheless, among all the priorities of those countries, water supply does not have the place it deserves as yet. On that account, the Water Conference seems to have a certain impact: there is a growing tendency to pay more attention to these basic needs. A problem of external nature - but equally a consequence of the sometimes insufficient initiatives of the governments of the developing countries concerned - is that many donor-countries have a relatively minor attention for the enormous needs in the water field.

Moreover, even where there is help from donor-countries there is no optimal coordination. The consequences are evident: a large variety of equipment is imported (with derived problems, such as maintenance problems and a lack of spare parts), projects are developed that are not harmonised and the coherence between short term projects and the necessary infrastructural methods that are needed in long term is lost.

Improvements can be anticipated, because the donor-countries have declared themselves ready to harmonize their

activities in a better way in the context of the Decade.

In the context of the preparations for the Decade, the United Nations bodies involved<sup>x)</sup> have started extensive consultations. A *steering group* has been established; it consists of representatives of these organizations and will promote mutual cooperation on the basis of a "Cooperative Action Plan for the International Drinking Water Supply and Sanitation Decade" and will take care of a periodical exchange of information on the various policies and programmes. It has already been decided that the work of the various United Nations bodies in the context of the Decade will be coordinated at national level by the national representatives of UNDP and that "water and sanitation" will have a more important priority in the context of the "basic needs thesis".

In order to obtain a better understanding of the nature and size of the problems, the World Health Organization has made - together with the World Bank and the governments concerned - inventories of the present situation in more than one hundred countries.

These inventories have been the basis for recommendations for actions needed at short term. Actions at national level will be indispensable to reach the targets that have been formulated by the governments in the context of the Decade. This is why an emphasis has been given to the development of national plans and in their context, of projects that are well prepared and founded. Next to these national plans, programmes will be developed to contribute to an improve-

---

x) the Secretariate of the United Nations, UNICEF, UNDP, the International Labour Organization, the United Nations Organization for Food and Agriculture, the World Bank, and the World Health Organization.



ment of the various programmes of a structural nature.

### 3. SUPPORT PROGRAMMES

At this moment, extensive consultations are taking place on ways and means to develop support programmes - directed to an improvement of structural conditions in the sector - in an optimal way, at national and international level.

Very recently, this subject has been discussed during a meeting that was organized in Great Britain jointly by the IRC and the Water Research Centre, under the auspices of the World Health Organization.

One of the conclusions of this meeting has been that the executing agencies, the water organizations, etc. in the developing countries are not sufficiently equipped to be able to take care - next to their daily work, such as planning, design, construction and maintenance - of structural matters, such as the improvement of management capacities, training of personnel and the development of methodologies and techniques that are more adapted to local circumstances.

Support programmes in the fields of information and technology ("information and technology support", in other words the transfer of knowledge, experiences, techniques and technology from external sources) have played an important role in the development of the water supply sector in many countries; this has been the case, in former times, in the industrialized countries and later also in various developing countries.

In order to materialize such support programmes in other developing countries, the development of national cooperation will have to be stimulated and supported. The national centres involved

will be capable to play an essential role, ensuring an "informed" approach to the planning and implementation of programmes. They will also be capable to carry out programmes of a more structural nature such as the development of methodologies for professional training, the procurement of advice and assistance on planning and implementation of projects, the evaluation of programmes and of certain methods and techniques, the promotion of community participation and the integration of water supply programmes in other national plans.

One often realizes that many countries are at grips with the same problems. Besides, the water supply sector is not the only one; in many other sectors the exchange of knowledge and experiences shows gaps.

Recently another conference of the United Nations, namely the Conference on Technical Cooperation among Developing Countries, or "TCDC" (September 1978, Buenos Aires, Argentina) has put an emphasis on this aspect, in the water supply sector this implicates, that countries should collaborate more intensely, for instance in the fields of training, research, development of appropriate methodologies and the promotion of community participation.

#### 4. APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF SUPPORT PROGRAMMES

Support programmes could be developed in various ways, especially in the case of isolated programmes, where theory has to be adapted to local conditions (manpower resources, water resources, financial means, etc.).

Nevertheless, in almost all cases the following phases of development can be discerned:

(a.) *inventories*. It is impossible to start the development

a programme without having inventorized the existing knowledge and experiences at global level, for instance by way of regional and international seminars - workshops, literature research, evaluations of projects that were implemented earlier, etc.

(b.) *analysis*. Then the material gathered in phase (a.) has to be analysed. This allows for an identification of gaps in the existing knowledge.

(c.) *research*. Applied research is a step which follows logically. The research should be limited to the gaps identified and should take place - by preference - in one or more developing countries.

The results of the phases (a.), (b.) and (c.) enable the formulation of a (d.) *hypothesis*: a programme based on a theoretically appropriate approach, will be more or less developed.

(e.) *testing/transfer*. Before starting an extensive implementation of the programme, it will be necessary to test the hypothesis in practice; this can lead, again, to a need for supplementary research, and an identification of unexpected gaps, etc. Still, it will be useful to start a certain information transfer: the dissemination of the results of the phases (a.), (b.) and (c.) could already be very useful for e.g. other organisms that are planning programmes in developing countries; besides, this dissemination may evoke highly useful comments.

(f.) *synthesis*. The combination of the hypothesis, of the tests, the initial research, the comments received, etc. will result in the formulation of a synthesis, of which the validity will have been tested in practice. This synthesis, in fact generalized knowledge, is published as guidelines, technical manuals, standard designs, etc. This tested knowledge is now ready to be

used in training programmes as well.

- (g.) *implementation*. Finally the afore-mentioned material can be disseminated and used in practice.

Some additional aspects of prime importance should be added to the afore-described phases.

Firstly, the construction of certain facilities and the development of public works should be accompanied by efforts to realise some infrastructural improvements so that these facilities will not be constructed only but will be maintained as well. Finally, it could be understood that the harmonization of international work and national efforts is highly important. National problems in developing countries will never be solved by international collaboration only. That is why the development of national capacities is of a central interest; after all, a situation of "*self-reliance*" will have to be reached. This implies that appropriate technologies will have to be developed in developing countries and not à priori in industrialized countries. This implies equally, that the higher involvement of the population, not only in meeting rooms but also in rural areas, will have to be pursued.

##### 5. THE PROGRAMMES OF THE IRC

Against this background, the IRC develops its programmes in cooperation with a network of national institutes and with a large number of national and international organisms.

The following fields will be distinguished:

- (1.) infrastructural and institutional facilities related to water supply and sanitation;
- (2.) programme and project management and evaluation;
- (3.) education and training of personnel;

(4.) development and application of appropriate technology;

(5.) information and participation of local population.

As a support to the various programmes, an international programme for exchange and transfer of relevant information is being developed.

It may be useful to describe one of the programmes of the IRC - the research and demonstration programme on slow sand filtration - in a more detailed manner. This will illustrate at the same time the theory which has been described in the previous chapter.

#### 6. THE INTEGRATED RESEARCH AND DEMONSTRATION PROJECT

##### "SLOW SAND FILTRATION"

In 1973 - during a meeting of Directors of Institutions collaborating with the IRC - it has been established that various developing countries urgently needed a simple system for surface water treatment.

After extensive research, the "Slow sand filtration" system (biological filtration, that had already been used successfully in certain highly industrialized cities, as well as in rural areas and in small agglomerations in various countries) has been selected.

To promote a larger application of this system, a number of developing countries have developed a programme on "slow sand filtration", in close collaboration with the IRC.

The inventory phase, described in the previous chapter, was not necessary thanks to the study "Slow sand filtration" (see Documentation), as far as the application of this system in various industrialized countries with moderate climates

is concerned.

The programme started in 1975. By way of applied research, demonstration projects and transfer and exchange of information and knowledge, the preparation of large scale slow sand filtration programmes has been stimulated and supported. All activities in the context of this programme have been carried out in and by the countries themselves.

The programme consists of the following phases:

- (1.) applied research (laboratory models) by a group of developing countries on the basis of international cooperation;
- (2.) development of demonstration programmes in the field in and by the countries involved, again on the basis of international cooperation;
- (3.) compilation of manuals, guidelines, etc. and introduction of the experiences in training programmes;
- (4.) transfer of information and demonstration activities in developing countries other than those which participated in the first two phases;
- (5.) preparation, by various countries, of large scale slow sand filtration programmes based on the results of the preceding phases.

The first phase was carried out in 1976 and 1977 by institutes in six countries: Ghana, India, Kenya, Sudan, Pakistan and Thailand.

In these countries the programmes aimed at - apart from gaining experience with the system - developing adapted criteria for planning, construction, management and maintenance of filtration installations under local conditions.

The results of these research activities have been reported by the countries (and have been compiled in various

syntheses/reports by the IRC).

At present, demonstration programmes are carried out in eight countries (the afore-mentioned six countries plus Columbia and Jamaica).

These programmes aim at:

- (a.) to develop and to test the various implementation strategies at village level, by way of implementing several local demonstration projects (2 to 4 projects per country);
- (b.) to develop infrastructural management models at national and local level which will be necessary to enable a more extensive repetition of these programmes.

The planning, implementation and evaluation of the programmes are done in and by the countries. The general responsibility, in each country, is carried by a Programme Management Committee. The Committee consists mainly of representatives of:

- water supply organizations at national and local level;
- public health organizations at national and local level including those who are active in the health education field;
- organizations (at both levels) that take care of rural education;
- national research and development institutes in the field of public health and environment.

The direct responsibility is carried by local committees: in these committees both the population and the organizations that carry out the programme are participating.

An important function of these committees is to create a multi-disciplinary cooperation at national and local level, to ensure a coordination with other development programmes

such as in the field of public hygiene and - at the same time - with integrated rural development.

Furthermore, these cooperative links and the annexed organizational and institutional infrastructure are a *conditio-sine-qua-non* for the successful follow up of the present demonstration programmes.

#### 7. CONCLUSION

Evidently the best solution for water supply problems - and one imagines easily that this would be the case in the field of water for agriculture as well - in developing countries is to promote a policy of *self-reliance* in this field.

Next to the construction of water supply facilities and other public works, considerable attention must be paid to demonstration programmes on suitable technologies, systematic training programmes, the transfer of appropriate technology and the stimulation of community awareness and involvement, these are among the prerequisites for successful development programmes.

Policy makers and researchers should devote more attention to the coordination of research and development activities. This element - of equal importance to both industrialized and developing countries - should lead to more efficient and effective use of available manpower and funds. For the benefit of both industrialized and developing countries financing agencies should be urged to devote a larger part of their budgets to activities and programmes which contribute to the solution of fundamental and infrastructural problems and to coordination of activities initiated for this purpose.



In the field of water supply, this cooperative model is developing well. Part of this development consists of a growing cooperation in the following fields:

- development of technology;
- development of structural systems;
- training;
- information.

It will be in the interest of rural development to integrate as well as possible national planning in developing countries in the field of water for agriculture (and cattle breeding) and the planning in the field of water supply for human consumption.

The IRC is ready to make its contributions.

EPILOGUE

In a paper, prepared for the United Nations Water Conference, the United Nations Organization for Food and Agriculture put forward the following statement:

*" Millions of hectares of land with a potential for agricultural production are undeveloped, or used only for extensive grazing, because of the lack of a water supply to support settlement. In general, this can be cited as a problem of countries bordering the arid regions of Africa and Latin America .:..... . Decisions to open new land must be taken within the framework of national plans for agriculture, settlement and employment and call for comprehensive rural development programmes. It must be realized, though, that water supply, while constituting an element in the infrastructure together with many others such as communications, storage, credit facilities and markets, is also the essential catalyst without which no community development can take place".*

It seems judicious to consider the possibilities of an intensive cooperation between those who are active in the potable water field and those who attend to water for agriculture and cattle breeding.

DOCUMENTATION

Proceedings of the United Nations Water Conference,  
2369 p. (4 vol.), New York (1978)

United Nations, Report of the United Nations Water  
Conference (E/CONF.70/29), 138 p., ann., New York (1977)

United Nations, Report of the United Nations Conference  
on Technical Cooperation among Developing Countries  
(A/CONF.79/13/Rev.1), 139 p., ann., New York (1978)

World Health Organization, Water and Sanitation, *World  
Health Statistics Report*, vol. 29, nr. 10, pp. 544-632,  
Geneva (1976)

IRC, Water supply support programmes (prepared for the  
UN Water Conference), 26 p., Voorburg (1976)

IRC, Meeting of Directors of Institutions Collaborating  
with the WHO International Reference Centre for Drinking  
Water Supply, Bulletin Series nr. 5, 77 p., ann., Voor-  
burg (1973)

Huisman, L. & Wood, W.E., Slow Sand Filtration, 122 p.,  
ann., bibl., Geneva (1975)

Food and Agriculture Organization of the United Nations,  
Water for Agriculture (prepared for the UN Water Confer-  
ence), 17 p., ann., tab., Rome (1976)

IRC, Annual Report 1977, 70 p. ann., Voorburg (1978)

Santema, P., Van Damme, J.M.G., et al., Tien jaar Inter-  
national Reference Centre (Ten years International Refer-  
ence Centre), *H<sub>2</sub>O*, vol. 11, nr. 26/78, pp. 590-608,  
Rijswijk (1978)

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/1.

February 2nd, 1979

ENGLISH

Original : French

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

INTRODUCTORY DOCUMENT TO THE WORKS OF THE SEMINAR

---

*Prepared by a Working Group*

*ICHS/ITCWRM*

*with the co-operation of EIER*

## TABLE OF CONTENTS

	<u>Pages</u>
List of abbreviations .....	1
Letter of presentation .....	3
General introduction .....	9
Selective bibliography .....	19
- Foreword .....	23
- Adopted method .....	33
- Bibliographic references .....	38
Notes on the results and perspectives of high level african responsables training in the field of water resources management .....	149
Appendix 1. Presenting E.I.E.R. ....	165
Appendix 2. Presenting C.E.F.I.G.R.E. ....	173

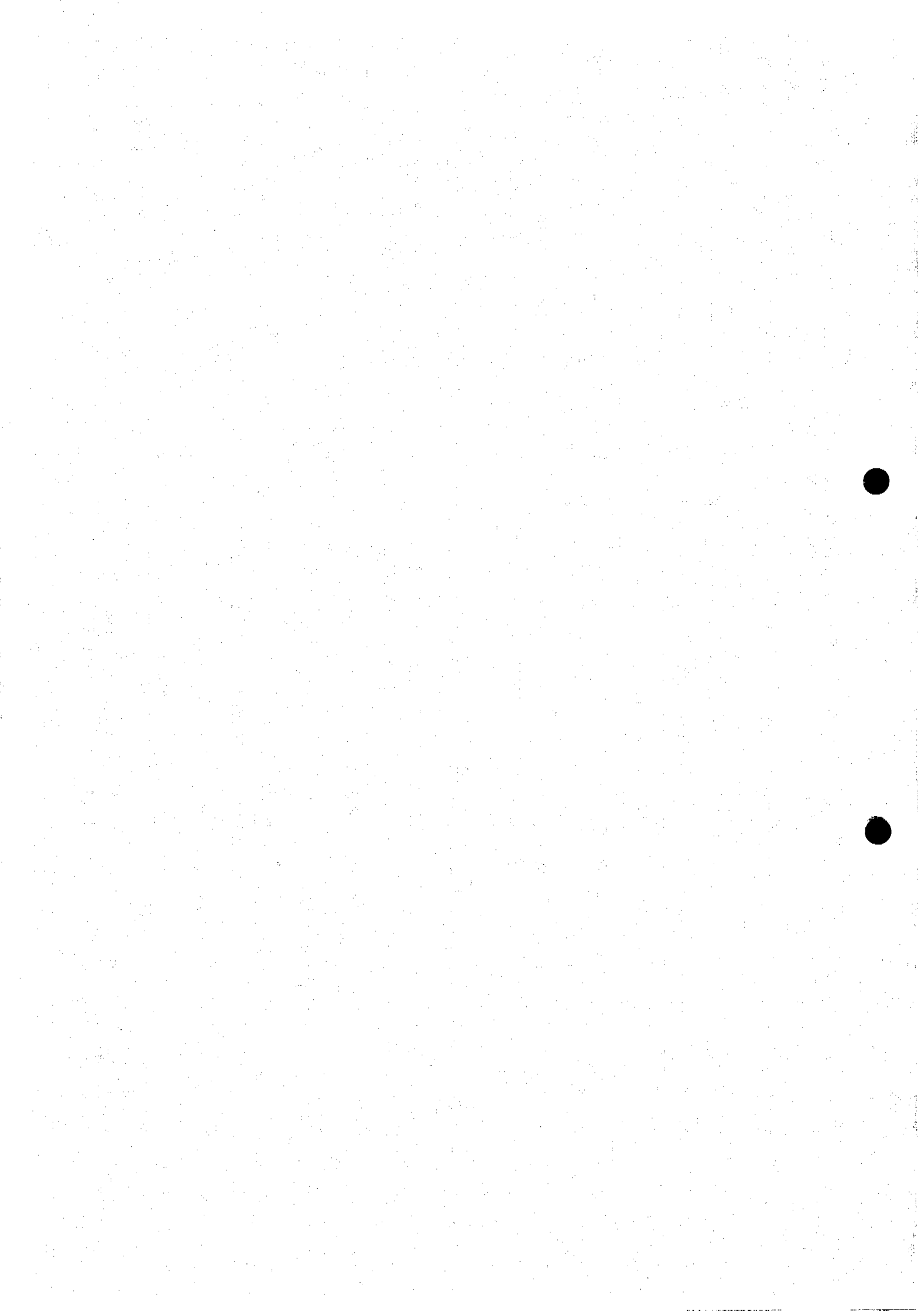
---

## LISTE DES SIGLES UTILISES DANS LE DOCUMENT/

## LIST OF ABBREVIATIONS USED IN THE DOCUMENT

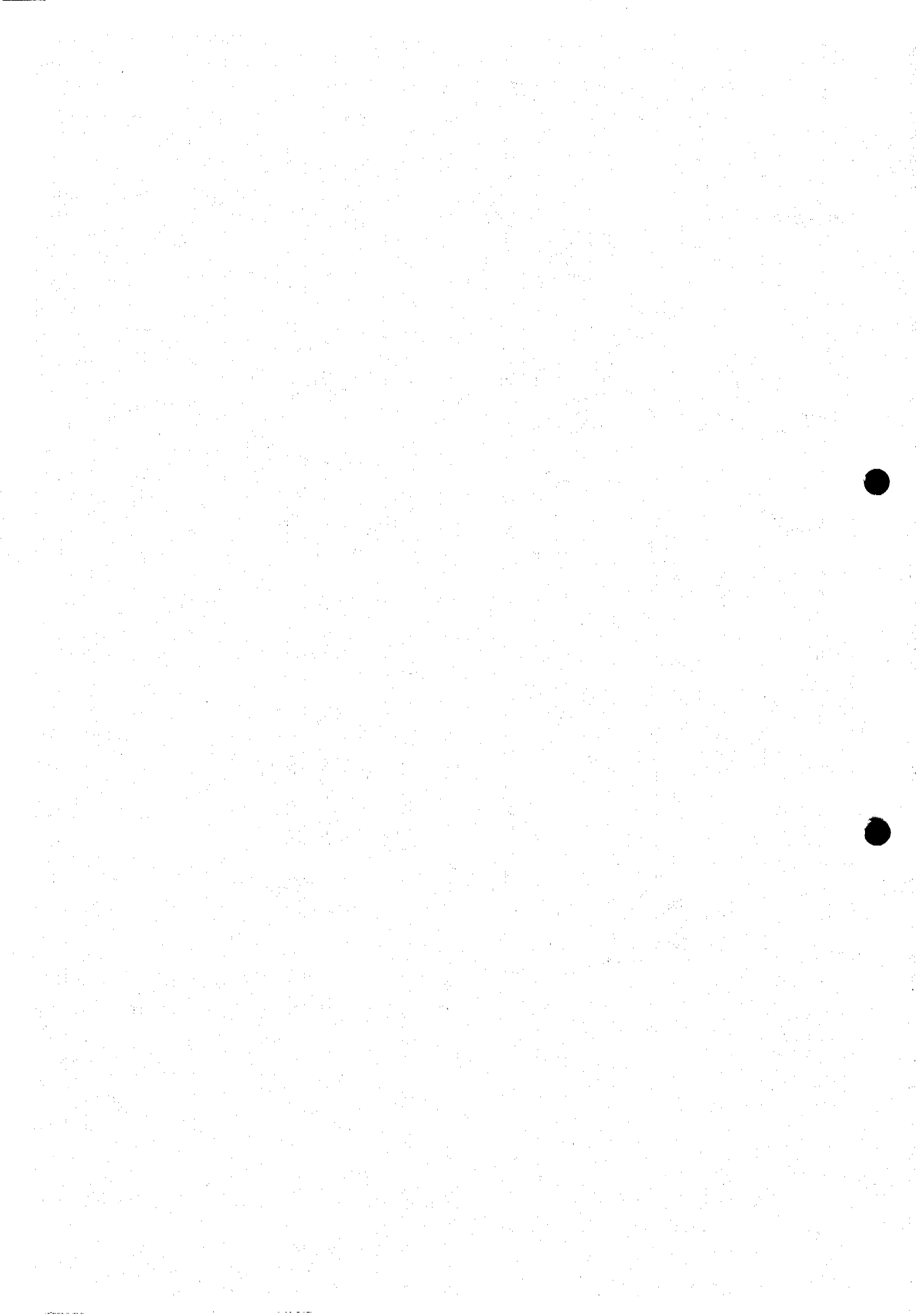
---

A.F.B.S.N.	Agence Financière de Bassin Seine-Normandie/ (Seine-Normandy financial basin agency)
A.F.E.E.	Association Française pour l'Etude des Eaux/ (French association for waters study)
C.E.F.I.G.R.E./	Centre de Formation Internationale à la Gestion des Ressources en Eau/
I.T.C.W.R.M.	International Training Centre for Water Resources Management
I.I.E.H./ I.C.H.S.	Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques/ Interafrican Committee for Hydraulic Studies
D.U.E.S.	Diplôme Universitaire d'Enseignement Supérieur/ (University degree of high level education)
E.I.E.R.	Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural/ (Inter-states school of rural equipment engineers)
E.T.S.H.E.R.	Ecole Inter-Etats des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural/ (Inter-states school of high level technicians for hydraulics and rural equipment)
G.R.E.F.	Génie Rural, Eaux et Forêts/ (Rural engineering, water and forests)
O.C.A.M.	Organisation Commune Africaine et Mauritanienne/ (Joint African and Mauritian organisation)
P.N.U.E./ U.N.E.P.	Programme des Nations-Unies pour l'Environnement/ United Nations Environment Programme



LETTER OF PRESENTATION





## I.C.H.S.

INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES  
(C.I.E.H.)

## I.T.C.W.R.M.

INTERNATIONAL TRAINING CENTRE  
FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT  
(C.E.F.I.G.R.E.)

The working group of the ICHS - ITCWRM enlarged to INTER STATES SCHOOL OF RURAL EQUIPMENT ENGINEERS (E.I.E.R.) asked us to introduce them results of their work ; we seize the opportunity thus offered to thank :

- . the Nigerian Authorities for the cordial hospitality given to our seminar,
- . the states, organizations, international and intergovernmental organisms representatives as well as those of the institutes and research departments who have accepted to attend this meeting,
- . the lecturers who have accepted the very hard task of submitting to the critical analysis of the participants some thoughts drawn from their large experience over the problems that will be studied by our seminar,
- . to wish that the seminar will achieve its aims which are to recommend useful actions and insure a good financing probability.

The Interafrican Committee for Hydraulic Studies (ICHS) was founded at the moment of the African Independence on the common desire, expressed by the Founding States, to act in the water resources field ; it has the following objectives :

- exchange of technical information ;
- design, development and distribution of technical and scientific studies ;
- supply of technical advices from the design and planning Department to its Members and Observer States.

The ICHS has grown since 1960 to the point of having now twelve Member States : Benin, Cameroun, Chad, Congo, Gabon, Ivory Coast, Mali, Mauritania, Niger, Senegal, Togo and Upper Volta. The Observer States are the following : Cape Verde, Central African Empire, Gambia, Ghana, Liberia and Nigeria. The ICHS is managed by a Board of Ministers who meet every two years in a different Member State. Its Secretariat General includes Technical and Management Departments at its Headquarters is Ouagadougou (Upper Volta).

During the last 17 years, the ICHS has realized or subcontracted more than 130 fundamental water studies in west and central Africa. During this period, it has played an increasing part in development, the water part being more and more important for development. Concerning hydro-agricultural water supply in rural, pastoral and town areas, hydraulics and water resources legislation and planning developments, the ICHS Documentation Centre appears as a leader among those who supply basic data required by African Governments, local development organizations and by international co-operation organisms.

In 1975, during the Board Meeting of the United Nations Environment Programme (UNEP) some consideration was given by Members to the concerns expressed by the developing countries (Africa - Asia - Latin America) in the fields of water resources evaluation, programming, mobilization and management. In such a background deepened by the Mar del Plata Conference, the idea to create an organism by the International Community and able to help in the training of water resources managers was bound to be born and shaped. This idea has been taken up since by the french Government and UNEP, and this collaboration was to achieve the following of the CEFIGRE (International Training Centre for Water Resources Management).

The operations initiated and realized by the CEFIGRE are essentially following the selective order given by seven hierarchical criteria. They are :

- 1 - Essentially and mainly focussed on the developing countries (geographical criterion).
- 2 - Directly related to an integrated approach to the water resources management (activities criterion).
- 3 - Adapted to the requirements expressed by the competent authorities of the affected countries (requirements criterion).
- 4 - Insured to be financed by a large international solidarity and co-operation association (finance criterion).
- 5 - Intended for executives having the responsibility to assume important tasks in water resources management, and having, if possible, a good professional background (profil criterion).
- 6 - Pedagogically designed to give, when the training is through, an additional operational contribution to the mission entrusted to an executive (usefulness criterion).
- 7 - Complementary and never in competition with the teaching and training given by Universities, Schools and Colleges, (complementary criterion).

A project must meet the above seven criteria to be accepted by the CEFIGRE Scientific Council, Board of Directors and General Management. The previous canvas may help the guests of the Nigerian Government of ICHS AND CEFIGRE. to elaborate in the field of training answers meeting our concerns and choices.

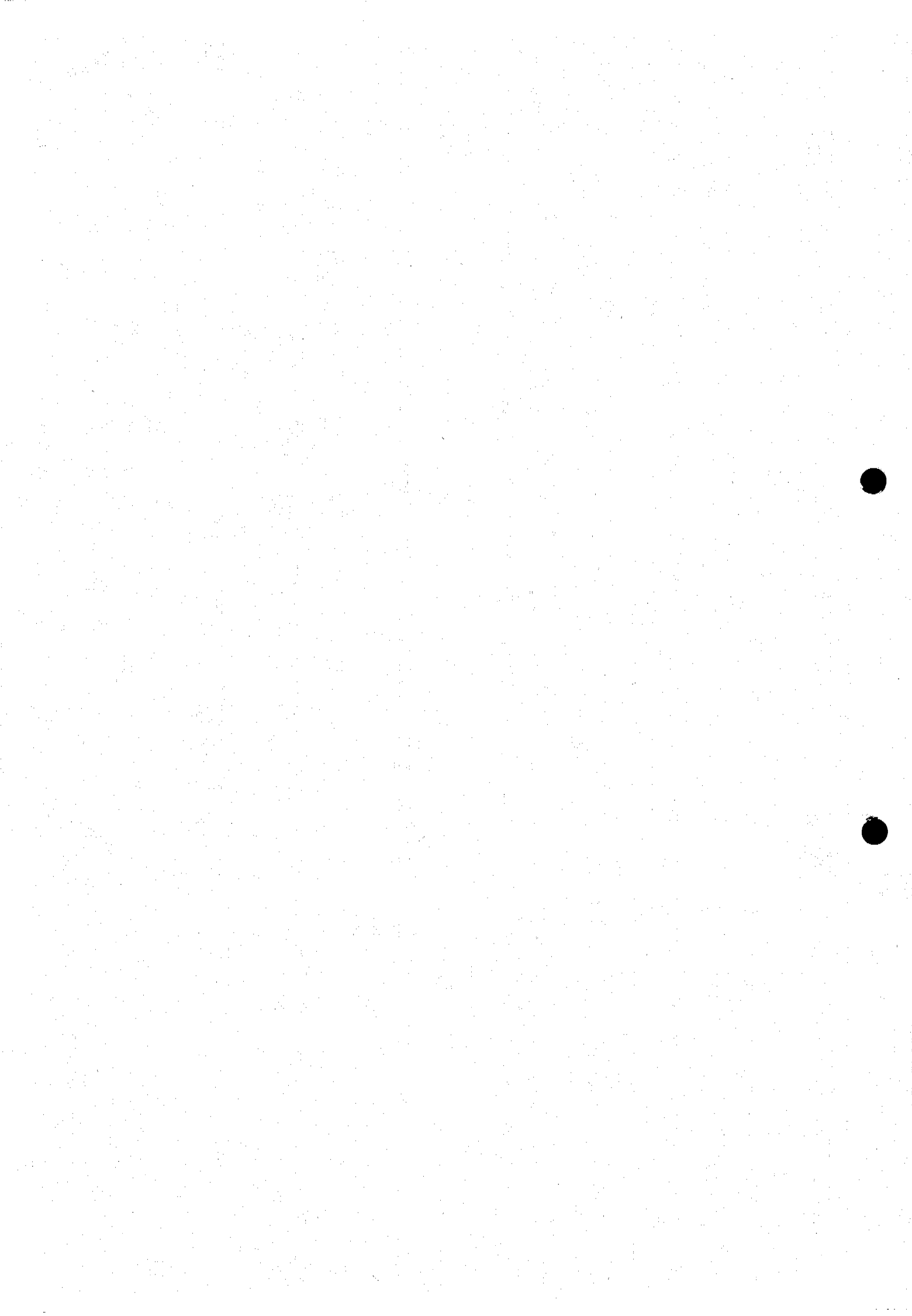
It is important for the personalities invited to be aware that the proposals and advices given will be realized with the maximum technological and human means that our organisms have at their disposal, by actually taking note of the will and combined means of the States.

*Our work objective is very practical. A programme must be elaborated with limited but available means. This objective fits into the general pattern of the reinforcement, combining of means and knowledge concerning water resources protection, realization and development.*

*M. Gagara  
Secretary general  
to the ICES*

*M. Valiron  
Managing Director  
in charge of the  
CEFIGRE General Management*

GENERAL INTRODUCTION



## INTRODUCTION

In 1978, as soon as was taken the decision to organise jointly the seminar of Niamey, the project of conceiving in common - ICHS-CEFIGRE - an introductory document to the works of the seminar was adopted in Sophia-Antipolis and Ouagadougou. It was then the task of the members of the working group to :

- . bring together some precise consideration concentrated on the objectives of the meeting in Niamey.
- . try to fix our research around modest, solid and useful targets according to the purposes of the two organizations.
- . avoid the introduction of a doctrinal scheme on the arid and semi arid zones ; a scheme that would have encouraged and questioned several existing theories of the problem.
- . call on all the practical experience and on the analysis of the difficulties that each member of the working group met when studying the development of the arid zones within different countries and different institutional programs. In achieving this introductory document, we wish we make it a duty to respect the above mentioned four rules.

MM. ATIVON, BENAMOUR, LAHAYE, LIDON, KRISSIAMBA : I.C.H.S.

MM. EMSELLEM, PFISTER, HEMMADI, Mlle LEGRAND : C.E.F.I.G.R.E.

M. VARRET : E.I.E.R..

The group could moreover benefit of the help and the advices of M. Raibaud, Chief Engineer of G.R.E.F., expert to the World Bank.

## STEPS TAKEN AND STRUCTURE OF THE DOCUMENT

The working group took the necessary measures to examine and study four aspects :

- a) the water factor
- b) the research of a balanced development (agriculture - forestry - pastoral)
- c) man
- d) the aspects of an international co-operation and solidarity



We will summarize the considerations of the working group regarding the above subjects, excluding conferences, contributions and reports of the participants when they discussed in detail the above subjects.

With the exception of the aspect (d) concerning the international co-operation and solidarity, the other aspects have been examined only in these developing countries concerned with the problem.

a) The water factor

Four main points summarize the principal aspects of the study :

- . the main point for evaluating the resources and the requirements
- . the main point for planning and programming the usage of the resources.
- . the main point of the technique of mobilization.
- . the main point of management, maintenance and running of the works

THE MAIN POINT FOR EVALUATING THE RESOURCES AND THE REQUIREMENTS

Do we have to carry out a complete national program of evaluation of underground and surface resources and consider them as preliminary to any development, or do we have to achieve developments on the basis of regional or local information whilst pursuing the achieving of the evaluation of resources ?

The systems and the measuring instruments are incomplete and inefficient.

How to conceive and organize the exchanges of information among countries allowing some other countries to benefit from the information gathered by other countries.

If we include the problem of financial resources, since the chances are uncertain in this field, we can possibly say that the handicap of the developing countries, in the water field, can be fixed on 4 levels :

1st level : a lack of control of the real potentialities of the country, which interferes with the political power anxious to integrate water in its development strategy.

2nd level : a too slow capitalization of a practical experience. It is significant in this case, the example of water drilling. It is indeed a field where the practical experience is of primary importance.

3rd level : the absence of precise guidelines to establish a programme of research ; an absence often lacking a local framework in this field.

4th level : the logistic support of any intervention (materials) connected (taking into account a new and growing industrialization) with imports not only expensive, but also not always part of a local custom (repairing, spare parts, overhauling, etc ...)

THE MAIN POINT FOR PLANNING AND PROGRAMMING THE USAGE OF THE RESOURCES

The nature of the relationships between national plannings (Plan), regional and sectorial (water) plans.

The available resources and the kind of use bring us to consider 3 aspects :

- demographic
- agricultural : is the agriculture, the consumption balance, or is it an activity determining the balance of the resources ?
- sociological (urban - rural - agricultural).
  - . the urban is the category that consumes a great quantity of water and sometimes industrialized water. It constitutes more-over a 'public opinion'. Finally it is a consumer of agricultural products.  
It is then a water-sensitive zone in the highest sense of the word.
  - . the rural is an urban in some features of his behaviour and a farmer as far as his major interests are concerned. He wishes then dispose of all water advantages given to the urban, and also dispose of all water required for his main activity (agriculture).

- . the farmer wants to have water for his harvest.
- is the water, together with some other factors, a factor of industrial implantation, or a resource that must be available as a guarantee of political choice -whatever may be the means requested.
- the water pollution luckily did not take the same worrying size as it did in the industrialized countries. However, do we have to consider it as an unavoidable ransom of the industrialized process, or do we have to prevent it taking into account all expenses foreseen for any safety measure.

Considering a range of possible speculations, the needs of water to be met, obviously do not exceed the maximum level of the resources and must adapt themselves to the existing soil : which are then, in this framework, the choices of cultures and the steps to be taken for increasing productivity, that can in the best way meet the general interest ?

#### THE MAIN POINT OF THE TECHNIQUE OF MOBILIZATION

Here, objectives have already been chosen as well as the main financial outlines.

#### The subjects discussed by the working group

- first subject : the technique of forecasting, of protection and control of floods.
- second subject : conditions of the sociological factors of an hydraulic agricultural development.

#### THE MAIN POINT FOR MANAGEMENT, MAINTENANCE AND EXPLOITATION

We must first of all specify some terms which do not often have the same meaning and that sometimes can be different even inside a country itself. We mean by :

Management : the administration of a resource in the most coherent and profitable way for the collectivity.

Maintenance : provide the collectivity investments against the deteriorations caused by decay, disasters, etc...

Exploitation : bring the works into operation and implement the necessary improvements.

If the above definition is accepted - or tolerated at first sight - it must be improved, taking into account :

- structural problems : the systems of water distribution are different from the systems of management, sometimes with the systems of maintenance and also different from the structures that benefit from the project.
- excess or inadequacy of legal aids.
- human context, both interesting and difficult. As a matter of fact, the responsible of the project must :
  - . impress men representing, in a place or a region, the collectivities that benefit from the project.
  - . explain the choice of water distribution sometimes badly understood.
  - . vulgarize the techniques to the users of materials (drench ramps) that in a word represent the aim of the project.
  - . strengthen the presence of the operator (enterprise) by ensuring at the same time a strict supervision and by creating conditions that can allow the local responsables to gain pedagogic advantages from the experience in the enterprise.
  - . take care that the non-agricultural part of the project (hydraulic equipment) is not the cause of the farmer's leaving his traditional activity in view of a fix salary in a factory.

The financial, structural, technical intervention of the Government is absolutely more essential for big hydraulic developments than for medium and small units ranging from a perimeter of 50 hectares to a family garden. Moreover, appeal to foreign financial help is comparatively usual for large developments.

b) The research of a balanced development (agricultural - forestry - pastoral)

If in theory such a choice can be well accepted, in practice the will to develop, in a balanced and integrated way, the three mentioned activities and some others, must be based on works of research and possibly on experimental developments in a region or a place.

We will try to erect the concept of the previous paragraph by summarizing the steps taken by the Algerian authorities in the valley of Oued Rhir (wilaya of Oasis) or in the region of Beni Slimane (wilaya of Titteri) for a development of about 200.000 hectares in an arid zone (regional impact) or in the region of El Hamel (wilaya of Msila) for a development of about 4800 hectares (local impact). It is clear that this description will be just a summary according to the will of the representatives from Algeria to detail and go deeply in that matter.

The four preliminary items to establish are :

- . a farming-oriented charter (including forestry possibilities)
- . a map of soil occupation
- . an inventory of available and used water resources.
- . a diagram of the economic activities of the incomes, and of the exchanges.
- . a social diagram : housing, health, schooling, rural-public services, of which the electrification.

The development plans deriving from the above information bring out :

- . a respect of the vocation (and then the protection) of the soils.
- . a coherent program of medium and long-term assignment and management of the waters.
- . the economic and social results expected from the development.
- . a program of agricultural infrastructures (rural equipment) and social infrastructures (village to create) accompanying the development.

The originality of this step lies less in its technical content (relatively classic) than in its evolution determined by trying to collect the critical opinions from local representatives and concerned people. This brings us to introduce the third aspect that is the man.

### c) Man

We will define by this term the human collectivity that will be responsible for the development and will improve upon it, (in order to receive profit) since it was created for his benefit. From the moment that it is practically accepted in all countries, especially in developing

countries, a not prepared transfert of the development from the administration towards a collectivity entails serious risks of disappointment and failure ; it would appear to be necessary that at least two conditions must exist :

- . the collectivity must be technically and psycologically prepared to accept a transformation of the way of living as part of all development.
- . the collectivity must be motivated and then consulted on all stages of the development through all the structures by which it is represented.

For all this the responsible of the development is supposed to have a certain education which is not taught - and will never be taught - in any school of Engineers. The meaning of this education lies in a very strong availability, a mixture of humility, pedagogy and patience.

- . the humility is opposed to the false certitude to be in possession (and then try to impose it) of a scheme of development conceived by the engineer (national or from outside).
- . the pedagogy consists in accepting a sometimes considerable time to explain the diffusion of techniques, such as for example the use of equipment, or the discipline on the quantity of irrigation to give to the plants. This investment is always productive because it allows a decentralization of the development to the users and beneficiaries and gives the organizer the availability to study other problems and developments. Out of this investment the organizer will become later a maintenance agent (canals, forests, agricultural material) and a police agent (using the water for other ends, illicit cutting of the trees of a forest, illicit killing of cattle).
- . the patience consists in admitting that there is no "receptee" or gadget as a miracle to diffuse techniques among people. It also consists in admitting that the permanent, direct and critical dialogue between the organizer and the collectivity can favourably replace some techniques whose successful results are not totally proved.
- . the journal that risks not to be read.
- . the film sometimes too technically sophisticated transmitting an incomprehensible message.

d) The feasible point for an international solidarity and co-operation

This document has no pretention to establish what this solidarity and co-operation must be. Several countries and competent international organizations have often and profitably worked together on this subject. Our aim is only to recall the 3 main directions that must help this solidarity and co-operation to know :

- . the financial assistance for the accomplishment of the project.
- . the exchange of information and of results of the research of the developed countries, in relation with the developing countries, as well as the countries in reciprocal development.
- . men' training on management structures that include the technical assistance as reinforcing the technical potential and as education.

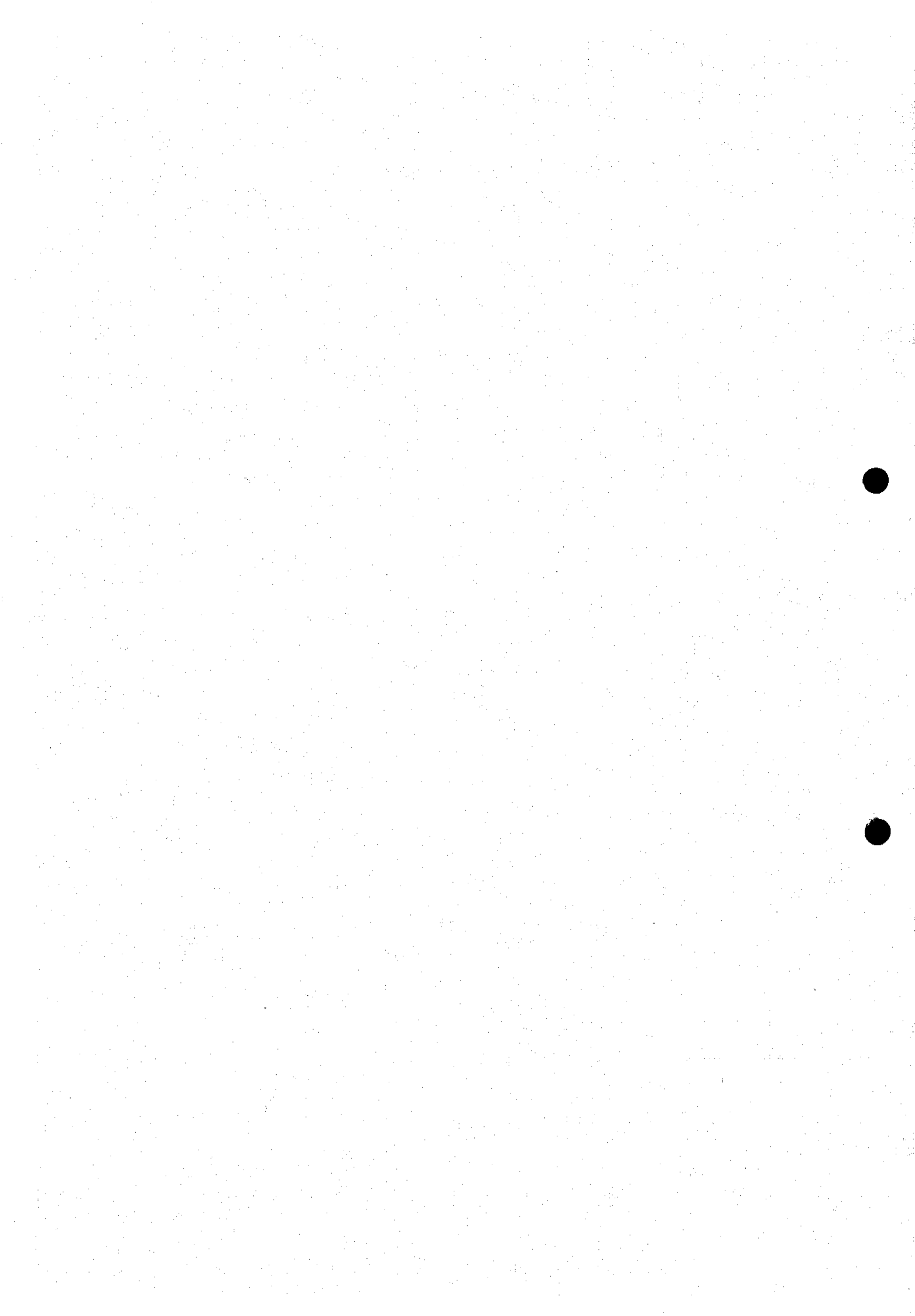
CONCLUSION

The previous different considerations will be probably deeply discussed by the conferences, contributions of the represented countries and reports of studies and research. This is anyway the wish we expressed in preparing this introductory document for the seminar works. These general considerations include :

- . a bibliography conceived as selective source of information on the themes and sub-themes of our meeting. This bibliography - improvable of course - claims to be a reference manual of documents that dealt with the subject and that is available either at ICHS or at CEFIGRE.
- . an introduction to a debate on the training of the managerial staff. This chapter (training) has been carried out with the kind collaboration of the responsables of E.I.E.R.

## SELECTIVE BIBLIOGRAPHY





## SUMMARY

	<u>Pages</u>	
<u>FOREWORD</u>		
- The I.C.H.S. Documentation Centre	23	
- The C.E.F.I.G.R.E. Documentation Centre	27	
<u>ADOPTED METHOD</u>		
a) Methodological diagram	33	
b) Selection criteria	37	
<u>BIBLIOGRAPHIC REFERENCES</u>		
	references numbers	
<u>1 - BIBLIOGRAPHIES</u>		
1.1. General	1 to 37	39
1.2. Regional	38 to 46	45
1.3. Per country	47 to 66	47
<u>2 - WATER POLICY - MANAGEMENT - PLANNING - DEVELOPMENT</u>		
2.1. General literature	67 to 80	50
2.2. Regional literature	81 to 86	53
2.3. Literature per country	87 to 104	54
<u>3 - DATA</u>		
3.1. Water : Climatology - Hydrology - Hydrogeology	105 to 261	57
3.2. Soil and its potentialities	262 to 295	86
3.3. Crops water requirements	296 to 367	92
3.4. Socio-economic data	368 to 372	104
<u>4 - PROJECTS</u>		
4.1. Hydraulic works - Dams - Wells and Drillings	373 to 395	105
4.2. Pumping engineering	396 to 413	108
4.3. Irrigation equipment and engineering	414 to 447	111
4.4. Drainage	448 to 457	116
4.5. Water and soil salinity problems	458 to 470	118
4.6. Hydro-agricultural development	471 to 485	120
4.7. Forests and pastures development	486 to 521	122
4.8. Soils protection and regeneration	522 to 537	128
<u>5 - FINANCING</u>		
	538 to 552	131

6 - REALIZATION - EVALUATION - DEVELOPMENT

6.1. Realization	553 to 556	133
6.2. Evaluation	557 to 565	133
6.3. Development		135

7 - INFORMATION

7.1. Meetings and symposiums	566 to 577	136
7.2. Documentation	578 to 587	138

8 - TRAINING

588 to 598	140
------------	-----

9 - APPENDICES

9.1. Hydrological yearbooks	142
9.2. Hydrological maps	145
9.3. Pedological maps	147

## FOREWORD

### THE I.C.H.S. DOCUMENTATION CENTRE =====

Since its founding in 1960 and the creation of its Documentation Centre in 1973, the Interafrican Committee for Hydraulic Studies (I.C.H.S.) has collected a large amount of data which, with the numerous studies made by the I.C.H.S., form the present collection basis. The creation of the Documentation Centre with the help of the United States and French Republic Governments, has started a systematic development of the collection not only to supply the data base needed for the I.C.H.S. planning and research studies but also to create a data base for the distribution of information to the Member and Observer States of the I.C.H.S. and to other users.

#### 1 - COLLECTION

The I.C.H.S. Documentation Centre has presently 9 000 documents concerning almost everything realized in the hydraulic field on the Member States territory, studies, researchs and works, as well as a large worldwide scientific and technical literature.

- The fields concerned are : hydrology (surface waters), hydrogeology (ground waters), hydraulics and water resources development, meteorology, climatology, stockbreeding, forestry, fishing, soil science, demography, remote sensing, planning and national and local development.
- The collection includes conference reports, official publications from African, American and European countries, reports made by the United Nations Organization and its specialized agencies, documents from African organisms on local developments, and studies made by public and semi-public research institutes as well as by Consultants firms.

In addition to the written documentation, the collection is completed with aerial and satellite photographs and a wide range of geological, topographical, pedological, demographic and aeronautical maps and with different books of maps and hydrological yearbooks.

The Centre has subscribed to 100 periodicals which are not received by most of the Member States Technical Departments.

## 2 - SERVICES

The contents of these documents are analysed, then indexed and distributed by means of bibliographic bulletins.

As well as the filing and conservation of the archives of the Secretariat General of the Committee, the Centre distributes a quarterly liaison bulletin and publications of the Committee. More than a thousand copies of this bulletin and more than 150 publications are sent out, on a quarterly basis, to more than a thousand recipients over the five continents.

A wide range of services is made available and used yearly by more than 600 scientists, engineers, technicians, teachers, students, etc, who are looking for relevant data for the pursuit of their work and activities. These services are :

- consultation of the documents at headquarters by means of a reading room ;
- bibliographical and documentary research ;
- the dispatch of documents on request ;
- guides to the literature ;
- the synthesis of a subject matter ;
- a service providing copies and reproductions of plans and maps concerning different fields such as : hydrology, hydrogeology, climatology, meteorology, agroclimatology, soil science, soil protection and regeneration, phytotechnique/crops protection, river hydraulics and large-scale river works, agricultural, city, village and pastoral hydraulics, water techniques, planning, legislation/economics, new power sources, technology transfer, etc.

This list shows the variety and the range of the problems studied by the Committee.

The maintenance of close relationships between the technicians of the Committee and of the Member States is thought to be essential for the identification of the real and potential requirements of information.

Within the field of technical support by the Committee to the states, the Centre trains the Member States librarians and documentalists and those who are students at the School for Librarians, Archivists and Documentalists at Dakar University.

Its advice is also sought in the preparation of recommendations regarding the creation and reorganization of documentation systems within the Member States.

Students at Ouagadougou University and from documentary organizations based at Ouagadougou also have recourse to the experience of the Centre.

### 3 - DIRECTIONS - OUTLOOKS

Bearing in mind that :

- The most important objective that the Documentation and Information Centre can have, from the point of view of the Member States, is to provide an information exchange ;
- The works carried out by the Committee are only valuable to the extent that they can be widely distributed ;
- It seems that the microfiches are a means of increasing the value of the documentation available at the I.C.H.S and that the users are discouraged by this technique, the I.C.H.S. is planning to develop the Centre by :

1°) creating subsidiaries in the Member States ;

2°) creating a microreprography studio, followed by an information campaign on the use of microfiches, their advantages and their limitations ;

- 3°) Creating a photographic library at the Committee. It will continue to acquire and file aerial and satellite photographs concerning the Member States ;
- 4°) creating a data bank in climatology, hydrology, hydrogeology, land and water use. The computing centre which is planned will be in charge of these data processing.

Other requirements must also be considered :

- Prospecting missions for information supply are needed as well as collecting basic data in the Member States ;
- The creation of a translation facility. The need for such a facility has been felt for several years. It indicates a desire to put the resources of the Centre at the disposal of a larger public. It should be noted that 60 % of its resources are in French and 40 % in English.

THE C.E.F.I.G.R.E. DOCUMENTATION CENTRE  
=====

The activities to promote meetings, exchange of scientific information, forming and welcoming of individual trainees that C.E.F.I.G.R.E. must develop call for a system of documentation open to teachers, researchers, and trainees as well as to all its members and organizations contractually tied to it.

In view to start a collaboration with other centres, C.E.F.I.G.R.E. has invited French and foreign representatives to attend a meeting on documentation problems, together with the members of the Scientific Council.

I - REQUIREMENTS AND DOCUMENTARY PROBLEMS

A/The types of activities

Congresses and courses

Whatever form the congresses and courses of instruction may take, meetings and training organized by C.E.F.I.G.R.E. are meant for policy makers, planners, administrators and technical specialists. Taking into consideration the high level and experience of the audience at the Centre, the documentation will be supplemented from external sources.

C.E.F.I.G.R.E. offers its users the possibility of updating knowledge, exchanging experience, collating ideas or accustom themselves to new techniques and to modern methods of administration.

When making up detailed dossiers on the various subjects to be discussed, the object of the documentation is to facilitate the preparation and the effective scientific presentation of the symposiums, training sessions and conferences.

The biographies and elaborate theories presented at certain symposiums (for example : Niamey) are subsequently made available to users to quickly check existing works.

Documentation can also take its place in the process of education ; this is foreseen in the course programmed for the end of 1979, and entitled "International course dedicated to the supply and treatment of drinking water".

Study and research

C.E.F.I.G.R.E. contributes also to research : firstly by guiding long-term trainees and secondly, by carrying out studies within agreements previously made with external organizations. The subjects dealt with consist then respectively of either a thorough scientific study in line with the problems encountered in the country of origin of the research worker, or the elaboration of a synthesis of specific subjects.



The documentation must then provide the necessary elements to carry out these requirements, by endeavouring to keep itself informed from literature published by the International Community.

Thus it is quite clear that C.E.F.I.G.R.E.'s activities can only be carried out if documentary requirements are fully satisfied, in return, these activities will progressively increase its potential.

Immediate and indispensable support of training activities, of study and research, the documentary function creates a flow of permanent exchanges of information. For example, each research trainee is asked to help in the formation of dossiers by country, by supplying information peculiar to his country of origin, like the organigramme of water policy, references to little-known documents, etc... Contacts are established during seminars which allow access to new sources of information.

#### B/Privileged spheres

In the vast scope of C.E.F.I.G.R.E.'s activities : Management of water resources and cooperation with developing countries, the Centre endeavours to progress empirically by equipping itself with the necessary documentary means for the first mentioned activities and developing its co-operation with other organisms.

#### Documentation and management of water resources

Arising from these programmes of training and research, the aim is to supply to the policy makers up to date data for a rational management of development programmes, guaranteeing various water requirements allowing for allocation problems.

This is why the basic store of information aims at collecting documents concerning the most elaborate as well as traditional methods of water management and of its quality, integrating certainly technical aspects, but also considering the economic, financial, legal and institutional aspects of the problem.

This library is being built up progressively. An important plan for purchase subscription and exchanges is in hand. It will be extended rapidly at the time of the installation of C.E.F.I.G.R.E. in permanent premises in April/May 1979 and especially thanks to the agreements concluded between C.E.F.I.G.R.E. and A.F.E.E.

This collection of documents will allow demands for information coming from partners of C.E.F.I.G.R.E. and from outside organizations to be satisfied promptly.

#### Cooperation with countries in course of development

C.E.F.I.G.R.E.'s system of documentation does not evidently aim at recording all publications issued in the domain of water : it intends primarily to help the assimilation of information by a system of permanent exchange with other specialised organizations : rather than to claim to possess everything, it seems more realistic to know what information is available in each centre. Priority will thus be given to the establishment of efficient contact with these centres, for all matters.

The documents collected by C.E.F.I.G.R.E. will essentially deal with management. To do this, C.E.F.I.G.R.E. is engaged in installing systems of communication and means for rapid exchange of information will be available in 1979. The consistency of these means with existing systems will be a necessary constraint.

## II - THE DOCUMENTARY AND INFORMATORY SYSTEM OF C.E.F.I.G.R.E.

### A/Information required

To satisfy the administrative requirements of its documentary centre, C.E.F.I.G.R.E. has, in close liaison with AFBSN, undertaken a study to find a software system with the following possibilities :

- ease of operation - not requiring any preliminary training.
- system capable of being developed.
- possibility of being adapted for use with low-powered mini-computers.
- on-line system
- possibility of accepting basic information from various sources.
- multilingual.

The system MILOR satisfies these requirements - that is why it has been adopted.

### B/Presentation of the MILOR software system

The MILOR software system is a system of documentary control on mini-computer - Its general characteristics are :

- the MILOR software system is portable and writes in language FORTRAN independently of the type of computer - it can be connected to mini-computers : that is to say that it can be used, after a few adjustments, with most of the present-day minicomputers and can be adapted to specific problems at the documentary centre.
- retrospective search for documents
- maintenance of up-to-date information
- documentary language can be organized in glossary or memory form with the possibility of having two different types, one for technical writers and one for authors. The tree-like structure allows the use of generic, specific, tied and synonymous terms.
- the software system can be multilingual in all cases

### C/Characteristics retained for the creation of the system of documentary management of C.E.F.I.G.R.E.

- the MILOR software system will be installed at C.E.F.I.G.R.E. in Sophia Antipolis and at the "Agence Financière de Bassin Seine Normandie" (AFBSN) in Paris to which will be tied the Parisian antenna of C.E.F.I.G.R.E.
- at these two centres can be connected interrogation units comprising a console and eventually a small printing press.
- the software system is planned in view to accept progressively documentary intake from all sources small and great. Thus to start with, the documentary base will already comprise information from A.F.E.E., A.F.B.S.N. and C.E.F.I.G.R.E. (in total 50,000 signals)
- the languages used in this research will be French, English and Spanish.
- the documentary language will be in lexicon form to start with and will gradually evolve into memory form. The software system has in effect the advantage of being able to support simultaneously a lexicon structure and a tree-like structure.
- a lexicon of authors developed separately allows selection under author's names.

AFBSN - Agence Financière de Bassin 'Seine Normandie' (Seine-Normandie Financial Basin Agency)

- retrospective research is made in the current language with the following stages :
  - . choice of language
  - . optional pre-selection
    - on the documentary fund
    - on the language of the documents
    - on the themes
  - . profile definition with the aid of key-words and authors using simple functions (ET, OU, SAUF)
  - . final filtering
    - on the type of documents
    - on the date
    - on the language
  - . publication on a small printing press
    - either in visualising the results of the research
    - or in visualising with simultaneously an impression of selectivity
    - or in calling for an overall impression

#### D/C.E.F.I.G.R.E. and outside systems adherence to the interrogation system

- the two systems thus installed will put the same documentary base at the disposition of users. The mini-computers chosen will be sufficiently powerful to allow connection of new users.

#### Contribution of outside documentary sources

- the simplicity of working suggests the possible integration of other documentary centres.
- the possibility of pre-selection allows research to be directed to its own documentary fund.

#### Transfer of the documentary base

- the MILOR software system is portable. It has the advantage of being able to impose the documentary system on another type of mini-computer. A minimum of data processing resources is then necessary.

- moreover the documentary base can be incorporated as an external fund into an already existing one.

\* \*  
\*

The Sophia-Antipolis computer will be operational with the MILOR software system at the same time as its installation in the new premises of C.E.F.I.G.R.E. in 1979. At this date, the card-indexes of A.F.E.E., of the Seine Normandie Financial Basin Agency and of C.E.F.I.G.R.E. will be available.

The same system will be installed in Paris around July 1979. Extensions are foreseen to include documentation coming from other agencies. It could be connected into other French or foreign networks.

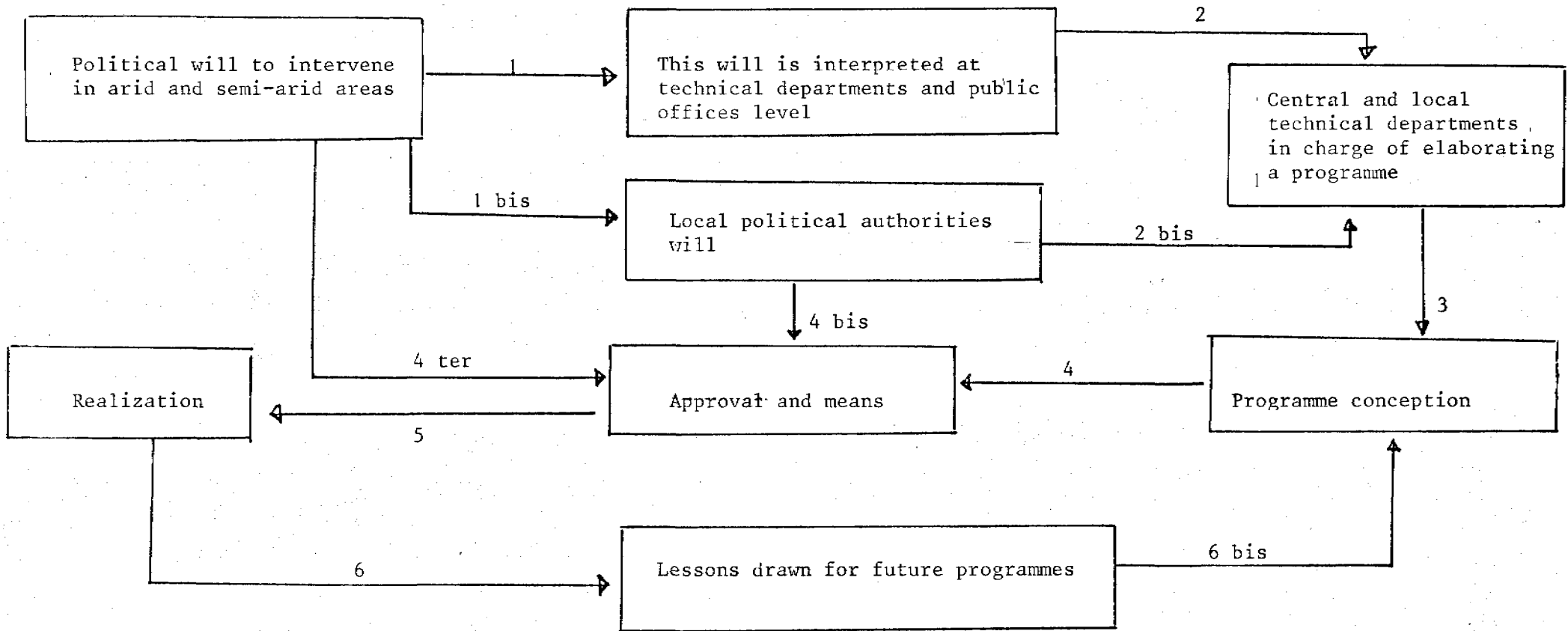
## ADOPTED METHOD

### a) METHODOLOGICAL DIAGRAM

In making this bibliography, our intention was to give the departments which have the responsibility to improve agriculture and pasturelands in arid and semi-arid regions, the elements needed to define, to realize and implement projects.

We have, therefore, reviewed the different steps starting from the conception (development policy) and the data needed or available up to the realization and development. These different steps are outlined in the diagram given on the following page :

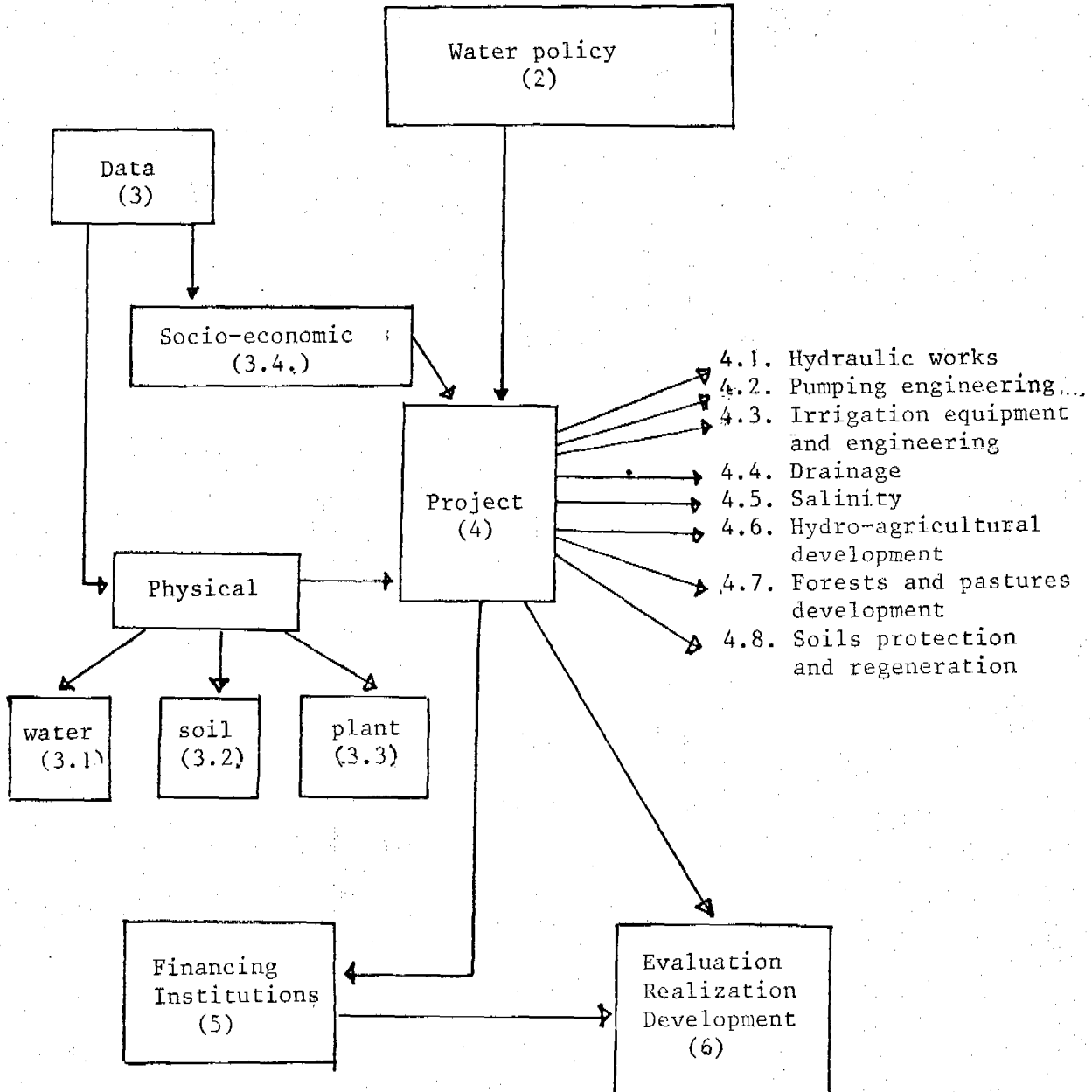
Progress/Cycle



Thoughts and remarks about the above diagram

- . It must be remembered that the above diagram follows conventional steps. Its "usefulness" is that lessons drawn from implementations must always improve the conception and elaboration of future programmes. That is the reason why developments in arid areas must harmonize the economic objectives requested with the experimental objectives and benefit from this for future developments of the same kind or related.
- . The elaboration of this bibliography has been detailed in the diagram given on the following page. It tries to follow the proceedings used by a field engineer in charge of a development. The fact that this development is taking place in arid or semi-arid areas gives specific characteristics to the different numbered steps. These specific characteristics will be dealt with in the general introduction and in the seminar discussions, by the I.C.H.S - C.E.F.I.G.R.E. members in charge of this document.



Bibliography diagram

## b) SELECTION CRITERIA

We have found the documents presented here in the I.C.H.S. Department of Documentation file (x) updated to the end of 1978 (i.e. 9 000 documents). We have extracted from this file each item of the diagram which met the following criteria :

- this document deals with arid and semi-arid regions. The I.C.H.S. Department of Documentation collection deal with data concerning the Member States of the Committee, this bibliography concerns mainly the following states : Benin, Cameroon, Chad, Ivory Coast, Mali, Mauritania, Niger, Senegal, Togo and Upper Volta. A less complete documentation has been collected concerning the Observer States of the Committee : Cape Verde, Central African Empire, Gambia, Ghana, Liberia and Nigeria. At last, some particular data (map lists, observations yearbooks for example) give information concerning the Member States which are situated in other climatic regions (Congo and Gabon).
  
- This document is a general or regional synthesis. Therefore, most of the documents concerning particular studies have been eliminated.

Therefore, this bibliography is very selective. Most of the documents referenced here are regional synthesis concerning the Member States of the I.C.H.S. situated in the arid and semi-arid areas. However, all the data contained in this documentation will certainly find applications in other areas of the world because of the importance of the matter dealt with.

---

(x) Therefore, all the documents referenced in this bibliography can be consulted at the I.C.H.S. Documentation Centre.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

# 1. BIBLIOGRAPHIES

## 1.1. GENERAL

(2)

ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE.  
Liste d'ouvrages, documents et articles divers traitant de sujets  
intéressant les irrigations, le drainage, la régularisation des cours  
d'eau et le contrôle des crues.  
Grenoble, A.F.E.I.D, 1963, 40 p.

(4)

BANQUE MONDIALE.  
Atlas - index Landsat des pays en développement.  
Washington, Banque Mondiale, 1976, /25 p./, cartes, bibl.

(5)

BICHET (Evelyne) et MARTIN (Pierre) avec la collaboration de  
M. BOUISSET.  
Collecte, stockage, utilisation des eaux pluviales dans les pays  
du Sahel. Utilisation des techniques au niveau du village. Biblio-  
graphie sélective et analytique.  
Paris, I.R.F.E.D., 1976, 99 p.  
Etude réalisée à l'occasion de missions financées par l'U.N.I.C.E.F.  
Abidjan et O.X.F.A.M. Québec et publiée avec le concours financier  
du C.I.E.H. Ouagadougou.

(1)

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES, Direction du Service  
Géologique et Laboratoires.  
ALBINET (M). -Catalogue des cartes hydrogéologiques publiées dans le  
monde. Additif.  
Orléans-La Source, B.R.G.M., Département d'Hydrologie, 1969, 27 p.  
69 SGL 083 HYD.

(8)

BURGEAP.  
Bibliographie complète des rapports et publications BURGEAP sur  
l'Afrique Sahélienne.  
/s. 1./, 1976, /p. m./.

(27)

COLORADO STATE UNIVERSITY. Engineering Research Center.  
MAHMOOD, KHALID, MERCER (A. G.) and RICHARDSON (E. V.). Bibliography  
with annotations on water diversion conveyance and application for  
irrigation and drainage.  
Fort Collins (Col.), Colorado State University, 1969, 163 p, tabl.  
Water Management Research in Arid and Subhumid Lands of the Less  
Developed Countries.

(10)

## COMMISSION INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE.

Bibliography of irrigation, drainage, river training and flood control/Bibliographie relative au drainage, à la régularisation des cours d'eau et la maîtrise des crues.

New Delhi (Inde), 1957, N° 1.

Annuel

(11)

## COMMISSION INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE.

Bibliographie relative aux irrigations, au drainage, à la régularisation des cours d'eau et la maîtrise des crues/Bibliography of irrigation, drainage, river training and flood control.

New Delhi, I.C.I.D., 1974, 97 p.

I.C.I.D. Bibliography N° 19.

Résumé, texte en anglais et français.

(12)

## COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Bibliography on drainage of irrigated lands (1966 - 1956).

Harpندن, England, /1966/, 8 p., 38 réf.

Serial N° 1075.

(13)

## COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Bibliography on effect of salinity on sugar cane (1966 - 1919).

Harpندن, England, /1966/, 6 p., 23 réf.

Serial N° 1094.

(14)

## COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Bibliography on reduction of evaporation from soil (1966 - 1956).

Harpندن, England, /1966/, 14 p., 58 réf.

Serial N° 1106.

(15)

## COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Bibliography on effect of saline irrigation water on crops and soils (1966 - 1957).

Harpندن, England, /1966/, 18 p., 71 réf.

Serial N° 1055.

(16)

## COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Bibliography on determination of moisture requirements of crops (1967 - 1963).

Harpندن, England, /1967/, 12 p., 51 réf.

Serial N° 1169.

(17)

## COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Bibliography on selected references to effects of management practices on soil structure and fertility in tropical and subtropical areas (1969 - 1960).

Harpندن, England, /1969/, 14 p., 54 réf.

Serial N° 1376.

(18)

## COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Bibliography on some hydrological properties, run-off and erosion in tropical soils, as affected by management and vegetation (1969 - 1956).

Harpenden, England, /1969/, 22 p. 114 réf.

Serial N° 1388.

(19)

## COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Some references to soils and land-use in Senegal, Guinea, Portuguese Guinea and the Gambia (1972 - 1956).

Harpenden, Farnham Royal, Commonwealth Agriculture Bureaux, 1973, 13 p., 71 réf.

Annotated bibliography, N° 1610.

(31)

CONSORTIUM FOR THE STUDY OF NIGERIAN RURAL DEVELOPMENT, Commonwealth Bureau of Soils.

MILNE (M. Kathleen). - Annotated bibliographies on soil fertility in West Africa.

Harpenden, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1968, 14 fasc., index. (Chaque fascicule a un titre particulier).

(28)

C.S.N.R.D., Commonwealth Bureau of Soils.

MILNE (M. Kathleen). - Bibliography on cultivation of cereals in West Africa 1950 - 1967.

/s. 1./, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1968, 8 p., 41 réf.

Commonwealth Bureau of Soils bibliography 1249. (J).

(29)

C.S.N.R.D., Commonwealth Bureau of Soils.

MILNE (M. Kathleen). - Bibliography on land use and planning, dropping systems, rotations, cultivation, burning and shifting cultivation in tropical Africa (chiefly West Africa) (1948 - 1967).

/s. 1./, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1968, 30 p., 137 réf.

Commonwealth Bureau of Soils bibliography 1243. (D).

(30)

C.S.N.R.D., Commonwealth Bureau of Soils.

MILNE (M. Kathleen). - Bibliography on soil-water-vegetation relationships in West-African soils (1954 - 1965).

/s. 1./, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1968, 6 p. 32 réf.

Commonwealth Bureaux of Soils bibliography 1244. (E).

(32)

C.S.N.R.D., Commonwealth Bureau of Soils.

MILNE (M. Kathleen). - Bibliography on erosion, conservation, degradation and regeneration of soils in West Africa (1946 - 1967).

/s. 1./, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1968, 9 p., 46 réf.

Commonwealth Bureau of Soils bibliography 1245. (F).

(33)

C.S.N.R.D., Commonwealth Bureau of Soils.

MILNE (M. Kathleen). - Bibliography on the soils of West Africa (1941 - 1967).

/s. 1./, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1968, 47 p., 293 réf. Commonwealth Bureau of Soils bibliography 1240. (A).

(23)

F.A.O.

L'eau en agriculture. Bibliographie annotée. Index par auteurs et par sujets. Publications et documents de la F.A.O. (1945 - Sept. 1973). Rome, F.A.O., 1973, 400 p.

Bulletin d'irrigation et de drainage, 22.

Titre et introduction en français, anglais et espagnol.

(25)

F.A.O.

Bibliographies sur la colonisation agraire/Bibliography on land settlement/Bibliographia sobre colonizacion de tierras.

Rome, F.A.O., 1976, 146 p.

Résumé en français, anglais et espagnol. Préface en français, anglais et espagnol.

(20)

F.A.O./Bibliothèque. Service de Bibliographie.

Bibliographie de la recherche et du développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest/Bibliography on rice research and development in West Africa.

Rome, F.A.O., 1971, 114 p. bibl.

Library occasional bibliographies, N° 3.

(Préparé pour la Réunion sur la recherche et le développement de la riziculture, Rome, 22 - 26 mars, 1971, de l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest).

(22)

F.A.O. Library. Bibliography Unit.

Rice research and development in West Africa. Supplement N° 1.

Rome, F.A.O., 1973, 74 p., tabl., bibl.

F.A.O. Library occasional bibliography N° 107, 1971. - supplement to F.A.O. Library occasional bibliography N° 3, 1971.

(Microfiche F.A.O. N° 25270, sur 2 fiches).

(21)

F.A.O./U.N.E.S.C.O.

Catalogue des cartes. 4ème éd./Catalogue of maps. 4th ed. Jan. 1972. Rome, F.A.O., 1973, 500 p.

(Carte mondiale des sols, Projet F.A.O./U.N.E.S.C.O./Soil map of the world, F.A.O./U.N.E.S.C.O. project).

Comprend des cartes des sols, de la géologie et physiographie, de l'utilisation des terres, de la végétation, du climat, de la topographie, des cartes diverses, et cartes intégrées.

(24)

F.A.O./U.N.E.S.C.O.

Irrigation, drainage and salinity. An international source book.  
/London/, Hutchinson, /1973/, 510 p., fig., graph., tabl., bibl.

(3)

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT.

BAAK, B.C.P.H. van (comp.)

Land and water development, selected literature 1976.

Wageningen, (The Netherlands), I.L.R.I., 1977, 168 p.

I.L.R.I bibliography N° 14.

(9)

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT.

BROUWER (C. J.) and ABELL (L. F.). - Bibliography on cotton irrigation.

Wageningen, (The Netherlands), I.L.R.I., 1970, 41 p.

ILRI. Bibliography N° 8.

(37)

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT.

RAADSMA (S.) and SCKRALE (G.). - Annotated bibliography on surface irrigation methods.

Wageningen, (The Netherlands), 1971, 72 p.

I.L.R.I. Bibliography N° 9.

(6)

NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE, U.S. Department of Commerce.

BROWN (Robena J.). - Cloud seeding. A bibliography with abstracts.

Springfield, (Va.), N.T.I.S., 1978, 2 vol., 203, 89 p.

(7)

N.T.I.S., U.S. Department of Commerce.

BROWN (Robena J.). - Water resources in arid and semi-arid regions (a bibliography with abstracts).

Springfield, N.T.I.S., 1976, /p. m./

(Search period covered 1964-October 1976).

(36)

UNIVERSITY OF ARIZONA, Office of Arid Lands Studies.

PAYLORE (Patricia), ed. - Desertification : A world bibliography.

Tucson, (Ariz.), 1976, 644 p.

(Compiled and edited ... for 23 rd International Geographical Congress, Moscow, 1976. Pre-conference Meeting of the I.G.U.

Working Group on Desertification, Desert Research Institute, Ashkhabad, Turkmen SSR, July 20-26, 1976).

(26)

UNIVERSITY OF ARIZONA. Office of Arid Lands Studies.

KEITH (Susan Jo). - The impact of groundwater development in arid lands : a literature review and annotated bibliography.

Tucson, (Ariz.), 1977, 139 p., cartes, fig., graph., phot., tabl.

Arid Lands Resource Information paper N° 10.



(34)

U.S. ARMY NATICK LABORATORIES, Earth Sciences Laboratory.  
PAYLORE (Patricia). - Desert research : Selected references 1965 -  
1968 (with an appendix of references prior to 1965 and permuted  
title index).

Natick, (Mass.), U.S. Army Natick Laboratories, 1969, 410 p.  
NTIS AD 703 884.

(35)

U.S. ARMY LABORATORIES.

PAYLORE (Patricia). - Desert research, II : Selected references 1966 -  
1970.

Natick, (Mass.), U.S. Army Natick Laboratories, 1970, 164 p.  
NTIS AD 723 062.

1.2. REGIONAL

(43)

BERNUS (E.).

Les recherches sur le nomadisme pastoral en zone sahélienne :  
présentation bibliographique. Dans Programme sur l'Homme et la  
Biosphère. Le Sahel ...

/s. l./ 1974, p. 61-66, bibl.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Studies on pastoral  
nomadism in the Sahelian zone : bibliographic review).

(42)

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES.

Bibliographie consultée de la zone sahélienne de l'Afrique  
Occidentale.

/s. l./, B.R.G.M., 1974, /s. p./, 276 réf.

(44)

COMMISSION DU FLEUVE NIGER, Centre de Documentation et d'Analyse.

Bulletin signalétique et analytique/Bulletin of bibliographic descrip-  
tions and abstracts. N° 1 - août/sept. 1971.

/Niamey/, bimestrielle (irrégulière).

(Bulletin N° 1 - 7 se trouvent aussi dans les travaux et publications  
du Centre de Documentation et d'Analyse (1971/1972)).

(39)

F.A.O./C.M.C.F. Action pour le Développement.

BARRES (Jean-François). - Bibliographie analytique sur le Sahel/Analy-  
tical bibliography on the Sahel.

Rome, F.A.O., 1971, 219 p.

(Avec le soutien du Conseil Oecuménique des Eglises/World Council of  
Churches).

(45)

F.A.O. Library Bibliography Unit.

The Sahelian Zone. A selected bibliography for the study of its  
problems/La zone sahélienne. Bibliographie sélectionnée pour l'étude  
de ses problèmes.

Rome, F.A.O., 1973, 68 p.

(Library Occasional bibliographies, N° 9).

(38)

KONINKLIJK INSTITUT VOOR DE TROPEN.

BANTJE (Han.). - A working bibliography of the western Sahel.

Amsterdam, /1975/, 46 p., bibl.

(40)

ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES. Centre de Développement.

BEUDOT (Françoise). - Eléments de bibliographie sur la sécheresse au  
Sahel/Elements for a bibliography of the Sahel drought.

Paris, O.C.D.E., 1977, 89 p.

(41)

ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES. Centre de Développement.  
BEUDOT (Françoise). - Eléments de bibliographie sur la sécheresse au Sahel/Elements for a bibliography of the Sahel drought, mise à jour/up dating N° 2.  
Paris, O.C.D.E., 1978, 145 p.

(46)

/SOCIETE D'ETUDES ET DE REALISATIONS ECONOMIQUES ET SOCIALES DANS L'AGRICULTURE/.

Eléments de documentation sur l'Afrique Occidentale. Sénégal, Mauritanie, Soudan, Côte d'Ivoire, Haute-Volta, Dahomey, Niger.  
/s. 1./, S.E.R.E.S.A., 1959, 9 fasc.  
Bibliographies relatives à l'économie rurale, et à l'étude du développement économique et social de l'Afrique Occidentale.

1.3. PER COUNTRY

(47)

AIYEPEKU (Wilson O.).

Geographical literature on Nigeria, 1901 - 1970 : An annotated bibliography.

Boston, (Mass.) G. K. Hall Co., 1974, 214 p., carte, tabl. bibl.

(48)

AUTORITE POUR L'AMENAGEMENT DE LA VALLEE DU BANDAMA. Service de Documentation.

Liste bibliographique des études A.V.B. 1e éd.

Abidjan, 1973, /p. m./.

CLAUDIA Catalogue.

Livre automatique des documents indexés à l'A.V.B.

(52)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

Bibliographie hydrologique et hydrogéologique concernant la République de Côte d'Ivoire.

Paris, 1966, 11 p.

Collection : C.I.E.H. Info., 1966.

(53)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

Bibliographie hydrologique et hydrogéologique concernant la République du Dahomey.

Paris, 1966, 10 p.

Collection : C.I.E.H. Info., 1966.

(54)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

Bibliographie hydrologique et hydrogéologique concernant la République de Haute-Volta.

/Paris, 1966/, 6 p.

Collection : C.I.E.H. Info., 1966.

(55)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

Bibliographie hydrologique et hydrogéologique, hydraulique et aménagement hydro-agricole, géologique, géographique et pétrographique /concernant la République du Mali/.

Paris, 1968, /45 p./.

Collection : C.I.E.H. Info., 1968.

(56)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

Bibliographie hydrologique concernant la République du Niger.

/Paris/, 1965, 7 p.

Collection : C.I.E.H. Info., 1965.

(57)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

Bibliographie hydrologique et hydrogéologique concernant la République du Sénégal.

Paris, 1966, 24 p.

Collection : C.I.E.H. Info., 1966.

(58)

## COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

Bibliographie cartographique, hydrogéologique, hydrologique et  
pedologique concernant la République du Tchad.

Paris, 1966, 29 p.

Collection : C.I.E.H. Info., 1966.

(59)

## GAMBIA.

/Gambia bibliography/. Part 8. References and selected bibliography.  
/s. l., n. d. 33 p./.

(60)

## HAUTE-VOLTA. Ministère du Plan.

Inventaire des études et des rapports de mission.

Ouagadougou, 1978, 392 p., tabl.

(50)

## I.F.A.N. Université de Dakar.

BRASSEUR (Paule). - Bibliographie générale du Mali. (Anciens Soudan  
Français et Haut-Sénégal - Niger).

Dakar, I.F.A.N., 1964, 461 p. carte pliée h-t.

Catalogues et documents N° XVI.

(61)

## /NIGER/. Direction des Mines et de la Géologie.

Liste des ouvrages à consulter à la bibliothèque de la Direction.

/Niamey ? 1973 ?/, 23 p., tabl.

(63)

## OVERSEAS DEVELOPMENT ADMINISTRATION. Land Resources Division.

POSNETT (N. W.), REILLY (P. M.) and WHITFIELD (P.). - Nigeria. /Land  
resources bibliography/.

Surbiton, Surrey, England, O.D.A. Land Resources Division, 1971,

3 vols., vol 1 : 104 p., vol. 2 : 112 p., vol. 3 : 96 p.

(49)

## REPUBLIQUE DU SENEGAL.

Bibliographie du Sénégal.

Dakar, archives du Sénégal, annuelle.

(62)

## REPUBLIQUE DU SENEGAL. Ministère du Plan et du Développement.

PORGES (Laurence). - Bibliographies des régions du Sénégal.

Dakar, 1967, 705 p., cartes.

(Complément pour la période des origines à 1965 et mise à jour 1966 -  
1973. Paris, 1977, 637 p., 1 carte).

(64)

REPUBLIQUE DU SENEGAL. Ministère de l'Economie Rurale. Service de  
l'Elevage/REPUBLIQUE FRANCAISE. Ministère de la Coopération.RECEVEUR (P.). - Définition d'un programme d'aménagements hydro-  
pastoraux dans la zone sylvo-pastorale. Réédition nov. 1969.

/s. l./, 1969, /75/ p., carte, fig., tabl.

(Rapport de mission effectué du 4 au 25 mars 1965 au Sénégal).

(65)

REPUBLIQUE DU SENEGAL. Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique. Direction des Etudes, des Méthodes et du Plan. Bibliographie de la région de la Casamance. Secteur du développement rural.  
Dakar, 1977, 65 p.

(66)

TCHAD. Bureau de l'Eau.  
Inventaire bibliographique du Bureau de l'Eau à la date du 30 juin 1974.  
/Fort-Lamy ? 1974/, 70 p., tabl.

(51)

UNIVERSITE DE DAKAR. I.F.A.N.  
BRASSEUR (Paule). - Bibliographie générale du Mali (1961-1970).  
Dakar, Univ. I.F.A.N., Les Nouvelles Editions Africaines,  
1976, 284 p.  
Catalogues et documents N° XVI - 2.

## 2. WATER POLICY - MANAGEMENT - PLANNING - DEVELOPMENT.

### 2.1. GENERAL LITERATURE

(67)

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. Bureau for Africa. Office of Development Services.  
 ABERCROMBIE (Frank D.). - Range development and management in Africa. /Washington/, A.I.D., 1974, 59 p., cartes en coul., graph., phot.

(68)

ANGLADETTE (André) et DESCHAMPS (Louis).  
 Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux. Paris, Maisonneuve et Larose, /1974/, 770 p., fig., graph., phot., tabl., bibl.  
 Collection : Techniques agricoles et productions tropicales.

(72)

DES BOUVRIE (C.).  
 Eaux souterraines, facteur important du développement agricole de l'Afrique Occidentale.  
 Dans l'Agronomie tropicale, XXIX, N° 5, mai 1974, p. 607-626, tabl., bibl.

(73)

DES BOUVRIE (C.).  
 Planification du développement de petits aménagements hydro-agricoles en Afrique au sud du Sahara. (Vers une stratégie de l'eau au milieu rural).  
 Extrait du Séminaire F.A.O./D.A.N.I.D.A. sur le Développement de Petits Aménagements Hydro-Agricoles en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou, 29 sept.-6 oct. 1975, 16 p., fig.  
 Disponible aussi en anglais sous le titre : Planning small scale water resources development in Africa south of the Sahara. (Towards a water development strategy in rural areas).

(74)

F.A.O.  
 Plan indicatif mondial pour le développement de l'agriculture jusqu'en 1975 et 1985. Etude régionale provisoire N° 3. Afrique au sud du Sahara. Vol. II. Notes explicatives et tableaux statistiques.  
 Rome, F.A.O., /s. d./, 608 p. tabl.

(75)

F.A.O.  
 Etude prospective pour le développement agricole des pays de la zone sahélienne (1975-1990).  
 Rome, 1976, 3 vols., tabl.  
 PS/SAH/76/ESP/1. - Provisoire.  
 Dans : Club des Amis du Sahel, Réunion Constitutive, 29-31 mars 1976 - fasc. 2.  
 Dépouillement. v. I. Rapport principal ; v. II. Annexes statistiques ; Résumé et conclusions.

(77)

F.A.O. FONDS DE DEPOT SUEDOIS.

Rapport sur la zone sahélienne, stratégie à long terme et programme de protection, de restauration et de développement. Mission F.A.O.-S.I.D.A., octobre 1973 - janvier 1974.

Rome, F.A.O., 1974, 132 /2/ p., cartes, tabl.

TF-AFR55 (SWE). FAO/SWE/TF 117.

Microfiche F.A.O. N° 26732, sur 3 fiches.

(78)

NATIONS UNIES. Bureau Spécial du Sahel.

Contribution des Nations Unies à l'étude du problème de redressement et de relèvement des pays de la région soudano-sahélienne touchés par la sécheresse.

/New York/, O.N.U., 1974, 71 p., carte, tabl.

ST/SSO/28.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : An approach to recovery and rehabilitation of the Sudano-Sahelian region).

(79)

NATIONS UNIES. Bureau Spécial du Sahel.

Agriculture : analyse succincte des problèmes qui se posent dans le domaine de l'agriculture-zone soudano-sahélienne.

/New York/, O.N.U., 1973, 30 p., tabl.

ST/SSO/9.

(69)

NATIONS UNIES. Conseil Economique et Social. Commission Economique pour l'Afrique.

/Rapport/ du Groupe de Travail d'Experts sur la Planification des Ressources Hydrauliques, Addis Abéba, 15-25 juin 1970.

Addis Abéba, O.N.U., 1970, 28 p.

E/CN. 14/483.

(70)

NATIONS UNIES. Conseil Economique et Social. Commission Economique pour l'Afrique.

La Commission Economique pour l'Afrique et les programmes à moyen terme et à long terme pour les pays de la zone soudano-sahélienne, affectés par la sécheresse : Activités en cours et rôle envisagé.

Addis Abéba, O.N.U., 1973, 17 p., annexes, carte en coul., tabl.

(71)

NATIONS UNIES. Conseil Economique et Social. Commission Economique pour l'Afrique. Secrétariat.

Problèmes de la mise en valeur des ressources en eau en Afrique.

Projet de rapport régional.

Addis Abéba, O.N.U., /1976/, 79 p., annexes.

(Conférence des Nations Unies sur l'Eau. Réunion régionale africaine, Addis Abéba, 20-24 septembre 1976).

(76)

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT.

/GIRI (Jacques)/. - Analyse et synthèse des stratégies concernant le développement à long terme du Sahel.

Paris, O.C.D.E., 1976, 57 p.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : An analysis and synthesis of long term development strategies for the Sahel).



ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Club des Amis du Sahel.

Propositions d'une nouvelle méthodologie pour le choix des programmes de développement et de lutte contre la sécheresse dans les pays du Sahel.

Document de travail préparé en collaboration avec Hachim Khouadja. Paris, O.C.D.E., 22, 29 p., ill., tabl.

2.2. REGIONAL LITERATURE

(81)

COMITE PERMANENT INTER ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL. Club des Amis du Sahel. Equipe des Cultures Sèches. Note de synthèse Groupe Terres Neuves - Les terres neuves dans les pays du Sahel (Sénégal, Mali, Haute Volta, Niger, Tchad, Mauritanie, Gambie, Cap Vert) - Liste des projets et programmes régionaux. /s. 1./, 1977 - 9 parties.

(83)

F.A.O./P.N.U.D.  
HENRY (R.) /et autres/  
DEL PERUGIA (J. E.) /ed./  
Etude des ressources en eau du bassin du Lac Tchad en vue d'un programme de développement. Commission du Bassin du Lac Tchad, Cameroun, Niger, Nigéria, Tchad. Perspectives du développement de l'élevage.  
Rome, F.A.O., 1974, 89 p., cartes, tabl., bibl.  
Rapport technique 4. AGL : DP/RAF/66/579.

(84)

LINCOURT (Michel) et SAINT-ONGE (Bernard).  
Mission Lac Tchad : Plan d'action pour le développement du bassin conventionnel du Lac Tchad.  
Shawiningan, Société d'Ingénierie, 1977, 60 p., carte, tabl.

(82)

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT. Commission du Bassin du Lac Tchad.  
Programme de développement à moyen terme de lutte contre la sécheresse.  
/Ndjamena ?/, 1974, 76 p., cartes, tabl.  
Microfiche F.A.O. N° 26989, sur 2 fiches.

(85)

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Development of the Gambia River Basin.  
Multi-disciplinary mission, March-April 1977 - Programme of action.  
/New York, U.N.D.P., 1977/, 261 p., annexes, cartes, ill., tabl.

(86)

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME.  
/SOUCY (A. H.) de/  
Développement intégré du Bassin du Fleuve Niger.  
Mission Interdisciplinaire, octobre - novembre 1969. Rapport de synthèse.  
Abidjan, U.N.D.P., 1970, 49 p., annexes, tabl.

2.3. LITERATURE PER COUNTRY

- (89)
- BARRAUD (Jacques).  
Rapport au Gouvernement du Togo sur les aménagements hydro-agricoles au Togo.  
Rome, F.A.O., 1963, 21 p., 12 cartes, 26 fig., graph.  
Rapport N° 1609, Togo/TE/LA.  
Microfiche F.A.O. N° 51609, sur 1 fiche.
- (90)
- BERNUS (Edmond).  
Possibilités et limites de la politique d'hydraulique pastorale dans le Sahel nigérien.  
Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., série Sciences Humaines, vol. XI, N° 1974, p. 119-126, carte.
- (94)
- DUBOIS (J.).  
Le développement du delta du Sénégal.  
St. Louis, (MAS), /s. d./, 16 p., carte.  
Microfiche OMVS N° 04636, sur 1 fiche.
- (95)
- /ETATS UNIS. Bureau of Reclamation/.  
Senegal River basin water resources development analysis.  
/Washington/, 1975, 127 p., carte, fig., tabl.
- (96)
- F.A.O.  
Rapport au Gouvernement du Mali sur les perspectives de développement des aménagements hydro-agricoles en milieu rural traditionnel.  
Rome, F.A.O., 1961, 33 p.  
Microfiche F.A.O. N° 61624, sur 1 fiche.
- (99)
- F.A.O.  
République du Tchad : problèmes et perspectives du développement rural.  
/Rome, 1963/, 94 p., cartes, tabl.  
(Enquête de la F.A.O. sur l'Afrique. Rapport national).  
Microfiche F.A.O. N° 65102, sur 2 fiches.
- (100)
- F.A.O.  
Agricultural development in Nigeria, 1965-1980.  
Rome, F.A.O., 1966, 512 p., cartes, tabl., bibl.
- (102)
- F.A.O.  
MASAR (Ilhami).  
Rapport au Gouvernement du Dahomey sur la planification agricole.  
Rome, F.A.O., 1963, 19 p.  
Programme élargi d'assistance technique. F.A.O. N° 1603.  
Microfiche F.A.O. N° 51603, sur 1 fiche.

(88)

F.A.O./P.N.U.D.

BARRAUD (J. J.). - Rapport au Gouvernement du Niger sur les différents aspects de l'exploitation des ressources en eau. Rome, F.A.O., 1968, 40, /4/ p., cartes, tabl., bibl.

F.A.O. N° AT 2506.

Microfiche F.A.O. N° 03429, sur 1 fiche.

(97)

F.A.O./P.N.U.D.

Etudes en vue de la mise en valeur du Dallol Maouri. Niger. L'élevage.

Rome, F.A.O., 1970, 170 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

Rapport technique 2. AGS : SF/NER 8.

Microfiche F.A.O. N° 12610, sur 3 fiches.

(98)

F.A.O./U.N.D.P.

Land and water survey in the upper and northern regions - Ghana. Final report.

Rome, U.N.D.P./F.A.O., 1968, 6 tomes, cartes, fig., graph., tabl., bibl.

FAO/SF : 31/GHAN.

Dépouillement : vol. 1. Général, vol. 2. Surveys, climate and hydrology, vol. 3. Soil surveys, vol. 4. Agronomy and sociology, vol. 5. Water resources development and soil conservation, vol. 6. Economic considerations.

(103)

F.A.O./P.N.U.D.

NIEUWENHUYSE (R.). - Développement de l'utilisation des eaux souterraines. Dahomey. Agronomie, études de deuxième phase.

Rome, P.N.U.D., F.A.O., 1971, 87 p., cartes, fig., graph., tabl.

Rapport technique 3. AGL : SF/DAH 3.

Microfiche F.A.O. N° 17678, sur 2 fiches.

(101)

GROUPE D'ETUDE POUR LE DEVELOPPEMENT RURAL AU NIGERIA.

JOHNSON (Glenn L.) /et al/. - Stratégies et recommandations en vue du développement rural du Nigeria 1969-1985.

East Lansing, (Mich.), G.E.D.R.N., 1969, 44 p.

Rapport G.E.D.R.N. N° 33.

Contrat A.I.D./Afr. 264.

(91)

COTE D'IVOIRE. Ministère de l'Agriculture.

BUREAU NATIONAL D'ETUDES TECHNIQUES DE DEVELOPPEMENT.

Etude de petite hydraulique agricole 200 barrages.

Abidjan, 1968, 7 tomes, cartes, fig., graph., tabl., bibl.

(Disponibles au C.I.E.H. : tomes 1, 3, 5, 6).

(93)

COTE D'IVOIRE. Ministère de l'Agriculture.

Programme d'hydraulique agricole en Côte d'Ivoire.

/Abidjan/, 1968, 23 p., 2 annexes, graph., tabl.

Dépouillement. - L'aménagement des bas fonds de la région de Daloa - Gagnoa dans l'Etude de définition des rizicultures par Lefèbvre. - L'étude de petite hydraulique agricole - 200 barrages, B.N.E.T.D., /et autres/.

(92)

NIGER. COMPAGNIE GENERALE D'ETUDES ET RECHERCHES POUR L'AFRIQUE.

Aménagements d'hydraulique pastorale. Rapport de synthèse.

Paris, C.O.G.E.R.A.F., 1962, 64 p., tabl.

Etude de différents aspects des aménagements réalisés : localisation, équipement, fonctionnement et entretien.

(104)

SOCIETE D'ETUDES POUR LE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL.

Les perspectives de développement à long terme.

Paris, S.E.D.E.S., 1972, 2 tomes, cartes, tabl.

Dépouillement : t. 1 Cameroun 1968-1986, t. 2 Mali 1968-1986.

(87)

WEST AFRICA RICE DEVELOPMENT ASSOCIATION.

The Mac Carthy island pilote irrigation project in the Gambia economy.

Monrovia, (Liberia), W.A.R.D.A., 1976, 61 p., annexes, tabl.

Case study N° 2.

### 3. DATA

#### 3.1. WATER

##### 3.1.1. Climatology

##### . Generalities - Methodology

##### . Climatological stations

(105)

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE /et/ ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

Instruments, observations et réseaux hydrométéorologiques en Afrique. Genève, Secrétariat de l'O.M.M., 1969, 246 p., dess., graph., tabl. (Compte rendu du Cycle d'études sur l'emploi des instruments hydrométéorologiques, l'application des méthodes d'observation et la réation de réseaux hydrométéorologiques en Afrique tenue à Addis Abéba du 2 au 20 octobre 1967).

(106)

F.A.O.

DOORENBOS (J.). - Agro-meteorological field stations.

Rome, F.A.O., 1976, 94 p., fig., graph., phot., tabl.

Irrigation and drainage paper, 27.

(Prepared in consultation with the World Meteorological Organization, Geneva).

(107)

ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

Guide des instruments et des observations météorologiques. 4e éd.

Genève, Secrétariat de l'O.M.M., 1973, /p. m. à feuilles mobiles/, fig., graph., tabl., bibl.

O.M.M. N° 8.

##### . Measures use

(111)

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE /et/ ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

Le rôle des services météorologiques dans le développement économique de l'Afrique. Compte rendu du cycle d'études de la C.E.A., Ibadan (Nigéria), 23-28 septembre 1968.

Genève, Secrétariat de l'O.M.M., 1969, 156 p., cartes, fig., graph., tabl.

(109)

FRANCE, Ministère des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme, Secrétariat Général à l'Aviation Civile et Commerciale, Direction de la Météorologie Nationale.

ARLERY (R.). - Eléments de météorologie agricole.

Paris, 1957, 158 p., fig., graph., bibl.

(108)

## ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

ANDREJANOV (V. G.). - Meteorological and hydrological data required in planning the development of water resources. (Planning and design level).

Geneva, Secretariat of the W.M.O., 1975, 42 p., bibl.

/OMM/ Operational hydrology report, N°5.

WMO N°419.

(112)

## ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

Conférence sur l'hydrologie et l'hydrométéorologie dans le cadre du développement économique de l'Afrique. Addis Abeba, 13-23 septembre 1971. Compte rendu et exposés techniques.

Genève, Secrétariat de l'O.M.M., 1971-1972, 2 vols., fig., graph., tabl., bibl.

(110)

## U.N.E.S.C.O.

Colloque de l'U.N.E.S.C.O. sur les méthodes utilisées en agroclimatologie, Université de Reading, 23 au 30 juillet 1966.

Méthodes agroclimatologiques ; actes du Colloque de Reading/  
Agroclimatological methods. Proceedings of the Reading symposium.  
/Paris/, U.N.E.S.C.O., 1968, 392 p., cartes, fig., graph., phot., bibl.

Texte en français ou anglais.

(113)

## ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

DAVY (E. G.). - A survey of meteorological and hydrological data available in six Sahelian countries of West Africa : a survey of studies in meteorology and hydrology in the Sudano-Sahelian zone of West Africa/Etudes des données météorologiques et hydrologiques disponibles dans les six pays sahéliens de l'Afrique Occidentale ; enquêtes sur les études météorologiques et hydrologiques relatives à la zone soudano-sahélienne d'Afrique Occidentale.

Geneva, Secretariat of the W.M.O., 1974, 119 p., tabl.

WMO/OMM N° 379.

The six following Sahelian countries are concerned with this study : Chad, Mali, Mauritania, Niger, Senegal and Upper Volta. This study records meteorological and hydrological observations and develops, in particular, pluviometric measures (stations, observation periods, gaps). This bibliography is of great interest regarding publications of climatological data.

(114)

## A.S.E.C.N.A. Direction de l'Exploitation Météorologique.

M'BOW (Mamadou). - Précis de climatologie à l'usage des observateurs météorologiques.

Dakar, A.S.E.C.N.A., 1972, 40 p., graph., tabl.

Notes, traductions et informations sélectionnées, N° 47.

(116)

## ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

Guide des pratiques hydrométéorologiques. 2e éd.

Genève, Secrétariat de l'O.M.M., 1970, /p. m. à feuilles mobiles/,  
fig., graph., tabl., bibl.

O.M.M. N° 168. TP 82.

(117)

## ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

Guide des pratiques de météorologie agricole.

Genève, Secrétariat de l'O.M.M., 1963, /p. m. à feuilles mobiles/.

O.M.M. N° 134. TP 61.

(115)

## NATIONS UNIES. Bureau Spécial du Sahel.

Services météorologiques et hydrologiques.

/New York/, 1974, 12, 5, 9 p., cartes, graph., tabl.

ST/SSO/19.

. Data

- See reference 113 in item 3.1.1.

(118)

## A.S.E.C.N.A. /Direction de l'Exploitation Météorologique/.

Résumé mensuel d'observations météorologiques au sol.

/Dakar/, cartes, tabl.

Coll. Données climatologiques.

(Comprend des données pour les pays suivants : Empire Centrafricain,  
Congo, Côte d'Ivoire, Dahomey, Gabon, Haute-Volta, Mali, Mauritanie,  
Niger, Sénégal, Tchad (Togo, 1966-1972)).

These documents, published monthly, record the following measure  
results for 209 stations : temperature, steam pressure, moisture,  
cloud cover, insolation, evaporation (Piche and pan), surface  
winds, pressure, frequency of atmospheric phenomenons (monthly  
average values).

The pluviometric attachment, edited on separate sheets for each  
country, gives the monthly total for 915 stations.

The I.C.H.S. has the complete collection for the period between  
January 1966 and March 1977.

(119)

## A.S.E.C.N.A. Meteorological Development Management.

Monthly records of daily pluviometric observations.

The I.C.H.S. collection is not complete.



(120)

C.I.E.H./O.R.S.T.O.M. Cooperation Ministry of France.  
Daily precipitations from the beginning of the stations up to 1965.  
The books published for each state are the following : Benin,  
Cameroon (observations made until 1972), Chad, Ivory Coast, Mali,  
Mauritania, Niger, Senegal, Togo, Upper Volta. Under preparation :  
Congo and Gabon (planned for the end of 1979).

(121)

GHANA. Meteorological Services /Department/.  
Agrometeorological bulletin.  
/Legon/, tabl, mensuel.

The I.C.H.S. has the booklets for the period between January 1971  
and November 1973.

(122)

GHANA. Meteorological Service.  
Annual summary of observations in Ghana.  
Legon, Ghana Meteorological Service Headquarters, tabl.

(123)

GHANA. Meteorological Services Department.  
Monthly weather report.  
Legon, Ghana Meteorological Department Headquarters, tabl.

The I.C.H.S. has the booklets for the period between November 1970  
and December 1972.

(124)

NIGERIA. Federal Ministry of Agriculture and Natural Resources.  
Meteorological Department.  
Agrometeorological bulletin.  
Lagos, cartes, tabl.  
Mensuel.

It includes daily pluviometric observations. The I.C.H.S. has  
the booklets of the year 1974.

. Monographs - Studies

- See reference 113 in item 3.1.1.

(125)

AKMANOGLU (N. O.).  
Données d'observations minimales pour la détermination des modules  
interannuels, pluviométriques et hydrométriques en Afrique Occidentale  
et Equatoriale.  
Dans Cahiers ORSTOM, sér. Hydrologie, VII, N° 2, 1970, p. 3-84, carte,  
graph., tabl.

This report gives pluviometric and hydrometric yearly modules data  
for most of the stations and the reliance range limits of these  
modules.

(126)

A.S.E.C.N.A. Haute Volta. Service Météorologique.  
Aperçu sur le climat de la Haute-Volta, 2e éd., revue et complétée.  
Ouagadougou, /1966/, 135 p., cartes, fig., graph., tabl.

(127)

SENEGAL. Ministère de l'Education Nationale.  
BRIGAUD (F.). - Le climat du Sénégal.  
Extrait d'Etudes Sénégalaises N° 9. Connaissance du Sénégal, fasc. 3  
climat, sols et végétation.  
St. Louis, C.R.D.S., Sénégal, 1965, 109 p., graph., phot., tabl., bibl.  
Microfiche O.M.V.S. 02949, sur 2 fiches.

(128)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER/COMITE  
INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.  
BRUNET-MORET (Y.). - Etude générale des averses exceptionnelles en  
Afrique Occidentale. Rapport de synthèse. Ed. provisoire.  
/Paris/, O.R.S.T.O.M./C.I.E.H., 1968, 17 p., cartes, graph., tabl.

Synthesis report for the following states or areas : Benin, Chad,  
North Cameroon, Ivory Coast, Mali, Mauritania, Niger, Senegal, Togo  
and Upper Volta. There is also a particular report for each state.  
Yearly isohyetal lines, daily rains for recurring periods (1 to  
20 years), curves, intensities, length of time, frequencies.

(129)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES/FRANCE. Ministère de  
la Coopération.  
BRUNET-MORET (Yves). - Etablissement d'un fichier pluviométrique  
opérationnel et étude des averses exceptionnelles. Application à la  
Côte d'Ivoire.  
/s. l./, O.R.S.T.O.M., /1976, p. m./, carte, fig., tabl.

Creation of an operational file for observations computed before  
1975 by the double mass method. Publication of the yearly isohyetal  
lines and calculation of the daily rains for long recurring periods  
(up to 100 years).

(134)

A.S.E.C.N.A. Direction de l'Exploitation Météorologique.  
/GIRAUD (J. M.)/. - Recherches de cycles dans les pluies annuelles  
de Dakar (1901-1972) et du Sénégal (1924-1972). Essai de classifica-  
tion climatique avec la collaboration de D. Rossignol.  
Dakar, 1973, 25 p., annexe, graph., tabl., bibl.  
A.S.E.C.N.A. Publication N° 31.

(130)

CENTRE VOLTAIQUE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.  
Atlas de Haute-Volta. Cartes provisoires des principaux éléments  
climatiques, préparés par Jean Renard.  
/Ouagadougou, C.V.R.S. et Service Météorologique, 1969/, 30 cartes  
sur 2 feuilles. Echelle : 1/4.000.000.  
Dépouillement. Cartes des températures, hydrométrie, insolation et  
évaporation. -- Cartes de pluviométrie.

(132)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

L'utilisation des ressources en eau et des terres des régions de savane : ressources des régions de savane/Savanna regional water resources and land use : savanna resources.

New York, T.A.M.S./U.S.A.I.D./C.I.E.H., 1978, 7 vol., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

Dépouillement : vol. 1 Rapport, vol. 2 Dossier des cartes, vol. 3 Annexes, vol. 4 Recommandations pour des études, vol. 5 L'utilisation actuelle des eaux, vol. 6 L'utilisation actuelle des terres, vol. 7 Besoins en eau.

(135)

GRIFFITHS (J. F.).

Climates of Africa.

Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1972, 604 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

World survey of climatology, volume 10.

(133)

MCGILL UNIVERSITY.

GARNIER (B.J.). - Weather conditions in Nigeria.

Montreal, McGill University, 1967, 163 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

(131)

ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

COCHEME (J.) et FRANQUIN (P.). - An agroclimatology survey of a semi-arid area in Africa south of the Sahara.

Genève, Secretariat of W.M.O., 1967, 136 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

O.M.M Technical note N° 86.

W.M.O. N° 210. TP. 110.

(Comprend des résumés en anglais, français, russe et espagnol.

Disponible aussi en français sous le titre : Etude agroclimatologique dans une zone semi-aride en Afrique au sud du Sahara, par les mêmes auteurs).

(136)

U.N.E.S.C.O.

HENRY (J.C.). - République Centrafricaine. Eaux de surface : hydro-météorologie.

Paris, U.N.E.S.C.O., 1976, 76 p., cartes, tabl., bibl.

FMR/SC/HYD/76/170.

(137)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES. AUTORITE DE L'AMENAGEMENT DES VALLEES DES VOLTAS.

LAHAYE (J. P.). - Etudes hydrologiques du barrage de Bagré sur la Volta Blanche ; étude pluviométrique. Etude des hauteurs de pluies exceptionnelles en un et plusieurs jours consécutifs.

Ouagadougou, C.I.E.H., 1978, 75 p., cartes, graph., tabl.

Calculation of rainfalls for n following days (n = 1 to 30 days) for long recurring periods (up to 100 years) by regional synthesis.

(138)

MALI. Ministère de la Production. Institut d'Economie Rurale.  
Bureau d'Etudes.  
Rassemblement et synthèse des données pluviométriques des stations  
les plus importantes du Mali.  
/Bamako/, 1972, /s. p./, carte, graph., tabl.

(139)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.  
MOUNIS (H.) et MANSONGI (M.). - Note provisoire sur les pluies  
exceptionnelles de faible durée en Afrique Occidentale et Centrale.  
/Ouagadougou/, C.I.E.H., /1974/, 8 p., annexes I-V, graph., tabl.  
Résumé des dépouillements et analyses effectués au Niger, au Tchad,  
au Cameroun, au Congo, au Mali, (Bamako), au Sénégal (Dakar Yoff et  
Tabba Counda) et en Haute-Volta (Ouagadougou et Bobo Dioulasso).  
Coll. C.I.E.H. Série Climatologie, 1974.

(140)

SECRETARIAT FOR INTERNATIONAL ECOLOGY, SWEDEN.  
SIRCOULON (J.). - Les données climatiques et hydrologiques de la  
sécheresse en Afrique de l'Ouest Sahélienne.  
/Stockholm/, S.I.E.S., 1974, 44 p., cartes, tabl., bibl.  
S.I.E.S. report N° 2.

Article reckoning the drought in the Sahel. Is this phenomenon  
recurring and irreversible ?

(141)

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. Centre d'Etudes de  
Géographie Tropicale/Université Fédérale du Cameroun. Département  
de Géographie.  
SUCHEL (Jean-Bernard). - La répartition des pluies et les régimes  
pluviométriques au Cameroun. Contribution à l'étude des climats de  
l'Afrique tropicale.  
Talence, France, 1972, 287 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.  
Travaux et documents de géographie tropicale N° 5.

### 3.1.2. Hydrology

#### . Generalities

- See references 105, 108, 112, 113, 115, 116, 140 in item 3.1.1.

(142)

F.A.O./D.A.N.I.D.A.

/Documents/ du Séminaire F.A.O./D.A.N.I.D.A. sur le Développement de Petits Aménagements Hydro-Agricoles en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou, 29 sept. - 6 oct. 1975.

Ouagadougou, 1975, cartes, fig., graph., tabl., bibl.  
Disponible en français ou en anglais.

(143)

RODIER (M.)

Hydrologie des régions arides, semi-arides et tropicales.

Paris, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, /s. d./, 36 p., tabl.

Microfiche O.R.S.T.O.M. N° D71393, sur 1 fiche.

#### . Bibliographies

- See references 52 to 58 in item 1.

(145)

BICHET (Evelyne) /et/ PIERRE MARTIN. Avec la collaboration de BOUISSET (M) Collecte, stockage, utilisation des eaux pluviales dans les pays du Sahel. Utilisation des techniques au niveau du village. Bibliographie sélective et analytique.

Paris, I.R.F.E.D., 1976, 99 p.

(Etude réalisée à l'occasion de missions financées par l'U.N.I.C.E.F. Abidjan et O.X.F.A.M. Québec et publiée avec le concours financier du C.I.E.H. Ouagadougou).

(144)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER. Service Hydrologique /et/ Electricité de France. Division "Hydrologie". Bibliographie hydrologique - Liste des rapports et publications hydrologiques.

/Paris/, O.R.S.T.O.M., annuelle.

(La mise à jour annuelle est effectuée sous la forme de feuilles supplémentaires).

(146)

O.R.S.T.O.M.

MASSONI (C.), PERROT (M. H.) /et/ FOURCADIER (N.). - Liste bibliographique des travaux effectués dans le bassin du fleuve Niger par les chercheurs de l'O.R.S.T.O.M. de 1943 à 1968.

Bondy, O.R.S.T.O.M., 1971, 71 p.

Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. N° 10.

(147)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.  
CHAPERON (P.). - Les études d'hydrologie de surface sur le  
territoire de la République du Niger, 1956-1970.  
Paris, O.R.S.T.O.M., Bureau Central Hydrologique, 1971, 30 p.,  
tabl., bibl.

(148)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.  
Centre d'Adiopodoumé.  
Liste bibliographique des travaux. 1946 - 1975.  
Abidjan, O.R.S.T.O.M., carte, annuel.  
(Titre du premier numéro : Liste bibliographique des travaux de  
'O.R.S.T.O.M. en Côte d'Ivoire. Sciences de la terre, sciences  
biologiques (1946 - 1975)).

(149)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER de Dakar-  
Hann.  
Liste bibliographique des travaux effectués par les chercheurs en  
service ou rattachés au Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar.  
Dakar, 1971, /p. m./.

(150)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER. Centre  
de Dakar.  
Liste bibliographique des travaux des chercheurs de l'O.R.S.T.O.M.  
au Sénégal (1er janvier 1971 au 31 décembre 1974).  
Dakar, O.R.S.T.O.M., /s. d./, 39 p.

(151)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER. Centre  
de N'Djaména.  
Liste chronologique des études effectuées par l'O.R.S.T.O.M. en  
République du Tchad et pour partie dans le Bassin du Lac Tchad.  
N'Djaména, 1974, /p. m./.

(152)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER /Centre  
de Yaoundé/.  
Liste bibliographique des travaux de l'O.R.S.T.O.M. au Cameroun.  
/Yaoundé/, 1974, 79 p.

(153)

U.N.E.S.C.O.  
RODIER (J.). - Bibliographie hydrologique africaine/Bibliography of  
African hydrology.  
/Paris/, U.N.E.S.C.O. /et/ Masson et Cie, /1973/, 166 p.  
Recherches sur les ressources naturelles/Natural resources research, 2.

. Hydrological yearbooks

(154)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

BUURSINK (John) et KOESTER (Robert). - Annaires hydrologiques des régions de savane de l'Afrique de l'Ouest.

Dans bulletin de liaison du C.I.E.H., N° 33-34, juin-septembre 1978, p. 10 - 21.

State of the hydrological yearbooks available at the I.C.H.S. This state is shown in the table (appendix 9.1) classified by authors.

(155)

AFRIQUE OCCIDENTALE FRANCAISE. Service de l'Hydraulique.

Fleuve Niger, relevés des échelles limnimétriques.

/Dakar ?/, graph., tabl., annuel.

Available at the I.C.H.S. : years 1953 - 1954.

(156)

AFRIQUE OCCIDENTALE FRANCAISE. Service de l'Hydraulique.

Fleuve Sénégal, relevés des échelles limnimétriques.

/Dakar ?/, graph., tabl., annuel.

Available at the I.C.H.S. : years 1952 - 1953 - 1954.

(157)

NIGERIA NORTHERN MINISTRY OF AGRICULTURE.

Hydrological Year Book.

. Monographs

- See references 132 and 136 in item 3.1.1.

(164)

F.A.O.

LATHAM (E. W.). - Etudes des ressources en eau du bassin du Lac Tchad en vue d'un programme de développement, Commission du bassin du Lac Tchad, Cameroun, Niger, Nigeria, Tchad. Ressources en eau de surface dans le bassin du Lac Tchad.

Rome P.N.U.D./F.A.O., 1972, 135 p., annexe, 17 fig. (dont cartes et graph).

Rapport technique 1. AGL : DP/RAF/66/579.

(165)

GHANA.

Floods and flood control in Ghana.

Accra, Government of Ghana, 1971, 11 p., cartes, graph., tabl.

(168)

NATIONS UNIES.

HOWARD HUMPHREYS &amp; SONS. - Etudes hydrologiques et topographiques du bassin du Fleuve Gambia. Rapport terminal.

/Reading/, Angleterre, 1974, cartes, fig., graph., tabl.

Réf. 40360.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Hydrological and topographical studies of the Gambia River Basin. Final report).

(166)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.

Centre d'Adiopodoumé.

GIRARD (G.), SIRCOULON (J.) et TOUCHEBEUF (P.). - Aperçu sur les régimes hydrologiques de Côte d'Ivoire.

/s. l./, Service Central Hydrologique, 1970, 60 p., annexe, cartes (dont 1 h-t.).

(158)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.

BILLON (B.) /et autres/. - Le bassin du fleuve Chari. /éd. rév./.

Paris, O.R.S.T.O.M., 1974, 450 p., cartes, (dont 5 h-t.), fig., graph., tabl.

Monographies hydrologiques O.R.S.T.O.M., N°2.

(Publié avec le concours du Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères).

(159)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.

Service Hydrologique/FRANCE.

BILLON (B.) /et autres/. - Monographie hydrologique du Logone.

/Paris/, 1966-1967, 8 tomes, cartes (dont 5 h-t.), fig., graph., tabl.

Dépouillement : 1ère part. Facteurs conditionnels du régime, - 2ème part. Equipement et mesure hydrométriques, - 3ème part.

Débits observés, - 4ème part. Interprétation des données du Logone supérieur, - 5ème part. Interprétation des données du Logone inférieur.

(160)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.

Commission Scientifique du Logone et du Tchad.

BOUCHARDEAU (André) et LEFEVRE (Robert). - Monographie du Lac Tchad.

Ed. provisoire.

/Paris/, O.R.S.T.O.M., 1957, 114 p., cartes (dont une en dépl. graph.), tabl.

Réédition 1965 par le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques.

Collection : C.I.E.H. Hydro. 1965.

(162)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.

DUBREUIL (P.) /et autres/. - Le bassin de la Rivière Sanaga.

Paris, O.R.S.T.O.M., 1975, 350 p., cartes (4 h. t.), graph., phot., tabl., bibl.

Monographies hydrologiques O.R.S.T.O.M., N° 3.



(163)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.  
 DUBREUIL (P.). - Recueil des données de base des bassins représentatifs  
 et expérimentaux. Années 1951 - 1969.  
 Paris, O.R.S.T.O.M., 1972, 916 p., cartes, graph., tabl., bibl.  
 Comprend des données pour l'Afrique francophone et Madagascar ainsi  
 que pour la Nouvelle Calédonie, la Guyane, la Guadeloupe, le Brésil.

(169)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.  
 MONIOT (F.), POUYAUD (B.) /et/ SECHET (P.). - Le Bassin du Fleuve  
 Volta.  
 Paris, O.R.S.T.O.M., 1977, 315 p., cartes, graph., tabl., bibl.  
 Monographies hydrologiques O.R.S.T.O.M., N° 5.  
 (Publié avec le concours du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques).  
 Comprend en fin de texte six microfiches des tableaux des débits  
 moyens journaliers.

(170)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.  
 Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères. Comité Interafricain  
 d'Etudes Hydrauliques.  
 Monographie hydrologique du bassin du Niger.  
 /Paris, 1970/, 3 tomes, cartes, graph., tabl.  
 C.I.E.H. Publications. Série hydrologie.

(171)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.  
 ROCHETTE (C.). - Le bassin du Fleuve Sénégal. Ed. rév.  
 Paris, O.R.S.T.O.M., 1974, /340/ p., cartes, fig., graph., tabl.  
 Monographies hydrologiques O.R.S.T.O.M., N° 1.

(161)

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT.  
 CHAPERON (P.) et GUIGEN (N.). - Etude hydrologique du bassin  
 continental du Fleuve Gambie. Rapport terminal.  
 Dakar, O.R.S.T.O.M., Service Hydrologie, 1974, 2 tomes, (T. 1 83 p.,  
 T. 2 171 p.), graph., tabl.  
 P.N.U.D. Projet REG 60.  
 Dépouillement : T. 1 : Résultats des mesures et analyse des données, -  
 T. 2 : Graphiques et tableaux de données.

(167)

HAUTE VOLTA. Ministère du Plan, du Développement Rural, de  
 l'Environnement et du Tourisme. Direction de l'Hydraulique et de  
 l'Aménagement de l'Espace Rural.  
 HENRY (Jean-Claude). - Etude des ressources en eau de surface.  
 /Ouagadougou/, P.N.U.D., 1975, 122 p., 19 planches h. t., carte,  
 graph., tabl., bibl.  
 Le présent document représente l'Annexe hydrologique du rapport  
 final du Projet P.N.U.D./OCT UPV/72/039 Eau et Hydraulique.  
 Distribution restreinte.

. Studies - Methods

(172)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.  
 RODIER (J. A.). - Evaluation de l'écoulement annuel dans le Sahel tropical africain.  
 Paris, O.R.S.T.O.M., Service Hydrologique, 1975, 121 p., cartes, graph., phot., tabl., bibl.  
 Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., N° 46.  
 Résumé en français et en anglais.

(173)

RODIER (J. A.).  
 Evaluation de l'écoulement annuel dans les régions tropicales sèches d'Afrique Occidentale.  
 Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, vol XIII, N° 4, 1976, p. 269-306, cartes, graph., tabl., bibl.  
 Résumés en français et en anglais.

Both studies mentioned above make available to the engineers who have to improve reservoirs some elements allowing them to estimate the yearly volumes available on different frequencies. The first study deals with a yearly average pluviometric range under 750 mm, the second deals with the range between 750 and 1000 mm.

(174)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.  
 RODIER (J.) et AUVRAY (C.). - Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km<sup>2</sup> en Afrique Occidentale.  
 Paris, O.R.S.T.O.M., 1965, carte, fig., graph., tabl.

This document based on observations made in sixty experimental basins, gives an estimation method of the flood discharges of a decade for the small catchment areas in savannas having yearly average rainfalls between 150 and 1000 mm. The impact of this method is discussed in the two following references and in the references 167 (item 3.1.2.) and 388 (item 3.3.2.).

(175)

RODIER (J. A.).  
 Prédétermination des débits de crues en Afrique Occidentale sur les petits bassins versants. Symposium sur l'Hydrologie des crues. Nairobi, octobre 1975.  
 Paris, /O.R.S.T.O.M./, 1975, 15 p., fig. h-t.  
 ECA/EAC/TRRL.

(176)

GRESILLON (Jean Michel), HERTER (Patrick) et LAHAYE (Jean-Pierre).  
 Note sur le dimensionnement des ouvrages évacuateurs de crues en Afrique de l'Ouest sahélienne ou tropicale.  
 Dans Bulletin de liaison du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques, N° 28-29, février - mai 1977, p. 1-34, graph., tabl., bibl.

From the computing method of the decennial discharges proposed in reference 174, the authors have proposed an estimate of the floods over a hundred years and the monograms used to compute the peak flows of this flood at a dam overflow keeping in mind the laminar flow in the storage.

### 3.1.3. Hydrogeology

#### . State of the art

. Hydrogeological maps of West Africa  
-----

- (See list in appendix 9.2.)

. Hydrogeological synthesis  
-----

(177)

ARCHAMBAULT (Jean).

Les eaux souterraines de l'Afrique Occidentale.

/Nancy ? 1961 ?/, 137 p., cartes, fig., graph., phot.

Accompagné d'une carte : Séries hydrogéologiques de l'Afrique Occidentale, d'après la carte de L. Marvier - 1972, à l'échelle 1/6.000.000.

Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1961.

(179)

BUREAU DES RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES.

Carte de planification pour l'exploitation des eaux souterraines de l'Afrique Sahélienne.

Orléans, B.R.G.M., 1975, 3 cartes en coul. sur 9 feuilles 96 x 108 cm, 30 x 21 cm.

Echelle 1/1.500.000.

Dépouillement : Productivité des nappes. Débits de production initiaux des ouvrages captants, (3 feuilles - est, centre, ouest). -

Coût moyen de captage et d'exploitation de l'eau souterraine (3 feuilles - est, centre, ouest). - Aptitude des eaux à l'irrigation (3 feuilles - est, centre, ouest).

Comprend des cartons à diverses échelles sur le bassin du Sénégal, du Niger et du Tchad.

Notice explicative des cartes de planification pour l'exploitation des eaux souterraines de l'Afrique Sahélienne.

Orléans, B.R.G.M., 1975, 118 p., cartes (dont 3 cartes en coul, pliées h-t dans pochette), fig., graph., phot., tabl., bibl.

Annexes.

Orléans, B.R.G.M., 1975, 4 parties.

Dépouillement : 1. Ajustement de polynomes sur les abaques de coût de forage et d'équipement de pompage. - 2. Cartes des données de base (Types d'ouvrages et hauteurs manométriques) Sorties d'ordinateur à 1/1.000.000. - 3. Cartes des coûts, investissements et rapports entre les coûts totaux sorties d'ordinateur à 1/1.500.000. -

4. Cartes des "temps d'amortissement fictifs" Sorties d'ordinateur à 1/1.500.000.

(180)

BUREAU DES RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES. (Avec le concours du B.C.E.O.M. et du C.I.E.H.).

Carte de planification des ressources en eau souterraine de l'Afrique soudano-sahélienne. Ressources des aquifères.

Orléans, 1976, carte en coul. en 3 feuilles 96 x 102 cm ; 30 x 22 cm pliées.

Echelle : 1/1.500.000.

Dépouillement : Feuille ouest. - Feuille centre. - Feuille est.

Notice explicative : Orléans, 1976, 118 p., carte pliée h-t., tabl., bibl.

Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie - 1976.

(181)

BUREAU DES RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES. (Avec le concours du C.I.E.H.).

Carte de planification des ressources en eau souterraine des pays côtiers de l'Afrique de l'Ouest et notice explicative.

/Orléans/, 1978, carte en coul. 3 feuilles.

(182)

BUREAU DES RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES/Club des Amis du Sahel.

DAUM (J. R.). - Les eaux souterraines du Sahel. Etude des ressources, propositions d'études, typologie des captages.

Paris, B.R.G.M., 1977, 66 p., 5 cartes h. t.

(178)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES/BUREAU DES RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES.

BISCALDI (R.). - Carte hydrogéologique des terrains éruptifs et métamorphiques d'Afrique Occidentale.

/Paris s. d./, carte en coul. en 2 feuilles 67 x 77 cm.

Echelle : 1/2.000.000.

Accompagne l'Etude statistique des forages et carte hydrogéologique des régions à substratum éruptif et métamorphique en Afrique Occidentale.

(183)

FRANCE. Ministère de la Coopération /et/ S.C.E.T. International.

Etude préliminaire sur le bilan des ressources en eau des pays sahéliens de l'Afrique de l'Ouest et sur leurs possibilités d'utilisation.

/s. 1./, 1976, 2 tomes, cartes (dont une partie dans pochette), fig., graph., tabl.

Dépouillement : T. 1 Rapport. - T. 2 Annexes.

(184)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères. Direction de l'Aide au Développement. Service des Etudes Techniques.

Aperçu synthétique sur les problèmes de l'eau dans les zones arides et semi-arides au sud du Sahara.

/Paris ?/, 1973, 29 p., carte.

(185)

FRANCE. Ministère de l'Industrie et de la Recherche/ BUREAU DES RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES. Service Géologique National. PLOTE (H.). - L'Afrique sahélienne se dessèche-t-elle ? Essai sur la détérioration des conditions climatiques au Sahel tropical. Orléans, B.R.G.M., Département Géologie de l'Aménagement, 1974, 61 p., cartes (dont 1 h. t. pliée dans pochette), fig., graph., tabl., bibl.  
74 SGN 261 AME.

. Groundwater study and research

. Cracked rocks  
-----

(188)

A.I.H.S./U.N.E.S.C.O.  
/Colloque sur l'Hydrologie des Roches Fissurées, Dubrovnik, 7 au 14 oct. 1975/. Actes du colloque/Proceedings of the Dubrovnik Symposium. /Paris/, A.I.H.S./U.N.E.S.C.O., /1967/, 2 vols., 689 p., cartes, fig., graph., phot., tabl., réf.  
/A.I.H.S. Publication, N° 73-74/.  
Texte en anglais ou français.  
Résumés en anglais et en français.

(186)

BERARD (P.) et SOLAGES (S.).  
Essai de mise au point d'un mode de représentation cartographique des formations aquifères en zone tropicale de socle cristallin. Dans Bulletin de liaison du C.I.E.H., N° 17, mai 1974, p. 2-8, bibl.  
(Disponible aussi en anglais sous le titre : Attempts to improve mapping of aquifers in tropical areas with crystalline bedrock).

(187)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.  
BISCALDI (R.). - Etude statistique des forages et carte hydrogéologique des régions à substratum éruptif et métamorphique en Afrique Occidentale. /Paris/, B.R.G.M., /1967/, 4 fasc., cartes, fig., graph., tabl.  
DAK 67 A14.  
Dépouillement : Annexe 1. Tableaux : Données concernant les forages. Annexe 2. Etude des facteurs de succès des forages d'eau en région cristalline, /par/ Société d'Economie et de Mathématique Appliquées. Annexe 3. Légende de la carte hydrogéologique. Zone hydrogéologique (Résumé de la 3ème part. du rapport). Carte hydrogéologique des terrains éruptifs et métamorphiques d'Afrique Occidentale (au 1/2.000.000).  
Bibliographie : p. 79-94.  
Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1967.

(189)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

ENGALENC (M.). - Méthode d'étude et de recherches de l'eau souterraine des roches cristallines de l'Afrique de l'Ouest. Maisons-Alfort, Géohydraulique, Laboratoire Central d'Hydraulique de France, 1978, 318 p., cartes, ill., tabl., bibl.  
Coll. C.I.E.H. Série Hydrogéologie.

(190)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

GUIRAUD (René) et LENCK (Pierre Paul). - Sur l'intérêt hydrogéologique des zones de failles dans le socle métamorphique et éruptif de l'Afrique Occidentale. Extrait des journées techniques, 8-15 déc. 1975,  
Ouagadougou, C.I.E.H., 8ème Réunion du Conseil, p. 2-5, carte., fig.  
Relié avec F.O.R.A.C.O.

### . Groundwater natural supply

---

(191)

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES.

AUDIBERT (H.), FORKASIEWICZ (J.), MARGAT (J.) et PLOTE (H.). - Etude du ruissellement et de l'infiltration sur un petit bassin versant de zone de savane. Etude du bassin d'investigation de Korhogo (Côte d'Ivoire). Rapport de synthèse. Rédaction supervisée par R. Dégallier.  
/Ouagadougou/, C.I.E.H., 1972, 106, 29 p., cartes, graph., tabl., bibl.  
72 SGN 076 AME.  
Coll. C.I.E.H. Hydrogéologie 1972.

(192)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

DEGALLIER (R.). - Influence de la profondeur d'une nappe sur les conditions de son alimentation.  
Paris, C.I.E.H., 1965, 15 p., 1 graph.  
Bibliographie : p. 14-15.  
Coll. C.I.E.H. Hydrogéologie, 1965.

(193)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

DEGALLIER (R.). - Mécanisme de l'alimentation des nappes souterraines.  
Paris, C.I.E.H., 1965, 27 p., graph.  
Bibliographie : p. 25-27.  
Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1965.

(194)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

DEGALLIER (R.). - Mesure de l'alimentation directe des nappes souterraines.  
Paris, B.R.G.M., /1963/, 9 p., 1 graph.  
Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1963.  
(Disponible aussi sur microfiche OMVS N° 05711 sur 1 fiche).

## . Artificial groundwater recharge

---

(195)

L'Alimentation artificielle des nappes souterraines.  
Dans Bulletin de liaison du C.I.E.H., N° 9, mai 1972, p. 2-5.  
 (Disponible aussi en anglais sous le titre : Artificial ground-water recharge).

(196)

AMAR (Anish C.).  
 Ground-water recharge simulation.  
Dans American Society of Civil Engineers. Hydraulics Division,  
 vol. 101, HY9, Sept. 1975, p. 1235-1247, graph., réf.

(197)

AMRAMY (A.).  
 Ground-water recharge as a method of waste water re-use.  
 Tahal Consulting Engineers Ltd., 1967, 17 p., bibl.

(198)

BIZE (Jean), BOURGUET (Lucien) et LEMOINE (Jacques).  
 L'alimentation artificielle des nappes souterraines.  
 Paris, Masson, 1972, 199 p., cartes, figs., graph., tabl.  
 Bibliographie sélective : p. /187/-193.

(199)

BOURGUET (L.).  
 Inventaire international des aménagements d'alimentation  
 artificielle. Dépouillement et synthèse des réponses.  
Dans Bulletin du B.R.G.M., 2ème sér. sect. III, Hydrogéologie, N° 3,  
 1971, p. 43-80, graph., tabl.

(200)

DEGALLIER (R.).  
 Note sur la suralimentation des nappes souterraines.  
 Paris, C.I.E.H., 1966, 12 p., réf., bibl.  
 Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1966.

(201)

MARINO (M. A.).  
 Artificial ground-water recharge, I. Circular recharging area.  
Dans Journal of hydrology, vol. 25, N°3/4, May 1975, p. 201-208, fig.,  
 graph., bibl.

## . Groundwater level changes

---

(202)

TCHAD. Ministère des Travaux Publics des Postes et Télécommunications.  
 Service des Etudes et de l'Hydraulique.  
 BONNET (M.) /et/ SCHNEIDER (J. L.). - Fluctuations des nappes au  
 Kanem, Chari Baguirmi et Batha. Programme 1964-1966.  
 /Fort Lamy ?/, B.R.G.M., 1966, 2 tomes, annexe, cartes, graph., tabl.  
 68 YAO 006 LAM.



(205)

## COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

JOSEPH (C.). - Interprétation des mesures disponibles des variations naturelles du niveau des nappes en Côte d'Ivoire. Montpellier, C.E.R.H., Faculté des Sciences de Montpellier, 1969, 58 p., annexe, cartes dont h. t., graph., tabl.  
Convention de recherche N° 349/M/67.E. entre le Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères et le Centre d'Etude et de Recherches de la Géologie et de ses Applications (C.E.R.G.A.).  
Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1969.

(203)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES. Bureau Technique/  
BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES. Direction de Dakar.

Interprétation des variations naturelles du niveau des nappes aquifères en Mauritanie et au Sénégal.

Paris, /1969/, 6 fasc., cartes, fig., graph., tabl.  
69 DAK 7.

Contenu : Note de synthèse, par R. Gouzes, A. Martin, J. Putallaz.  
- Nappe de la région des Niayes (Sénégal), par J. Putallaz. - Nappes du Sénégal central et de la Casamance (Sénégal), par R. Gouzes.  
- Nappes de la Presqu'île du Cap-Vert (Sénégal), par A. Martin.  
- Nappe d'Akjoujt (Mauritanie), par J. Abadi, R. Gouzes. - Nappes du Sud Ouest Mauritanien, par J. Dépagne, R. Gouzes.  
Bibliographies incluses.  
Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1969.

(204)

## DEGALLIER (R.).

Interprétation des variations naturelles du niveau des nappes souterraines. Applications aux données provenant du bassin versant du Korhogo (Côte d'Ivoire).

/Montpellier/, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 1975, 231 p., annexe, cartes, fig., graph., tabl., bibl.

Thèse (Docteur ès Sciences) - Université des Sciences et Techniques du Languedoc.

(206)

## LAMBERT (N. K.).

Etude statistique des fluctuations des nappes souterraines sur des sites sélectionnés.

Dans Bulletin du B.R.G.M., 2ème sér. sect. III, Hydrogéologie, N° 2, 1974, p. 213-216.

(207)

## DELEGATION A L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET A L'ACTION REGIONALE.

Secrétariat Permanent pour l'Etude des Problèmes de l'Eau.

SCHNEIDER (J. L.). - Organisation du contrôle du régime des nappes souterraines par des réseaux piézométriques en divers pays.

Orléans, B.R.G.M., Service Géologique National, Département Hydrogéologique, 1970, 32 p., cartes, fig., tabl., bibl.

70 SGH 552 HYD.

. Circular recharging areas  
-----

(209)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.  
BARRAUD (J. P.). - Reconnaissances hydrogéologiques en arènes granitiques par sondages électriques en moyenne Côte d'Ivoire. Paris, B.R.G.M., 1961, 20 p., cartes, graph., tabl. 28 cm.  
Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1961.

(210)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.  
BIZE (J.). - Application d'observations géomorphologiques et hydrodynamiques à la prospection des nappes des terrains d'altération en Côte d'Ivoire et en Haute-Volta.  
Neuilly-sur-Seine, Bureau de Géologie Appliquée et d'Hydrologie Souterraine, 1966, 64 p., annexes, cartes, fig., graph., tabl., bibl.  
Accompagné de cartes géologiques des cercles de Houndé et Boromo en Haute-Volta (à l'échelle 1/1.000.000) et de la région du Haut-Bandama en Côte d'Ivoire (à l'échelle 1/500.000).  
Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1966.

(212)

HAUTE-VOLTA. Présidence du Conseil de Gouvernement. Haut Commissariat au Plan.

/LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE DE FRANCE. Département Géohydraulique/. - Aménagement des vallées des Volta. Etudes hydrogéologiques.

/s. 1./, L.C.H.F. Géohydraulique, 1974, 6 vol. en 1 tome, cartes, fig., graph., tabl.

(213)

HAUTE-VOLTA. Ministère du Plan, du Développement Rural, de l'Environnement et du Tourisme. Autorité des Aménagements des Vallées des Volta.

BERARD (P.). - Etudes hydrogéologiques. Rapport deuxième année. /s. 1./, L.C.H.F. Géohydraulique, 1975, 5 vol., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

(214)

HAUTE-VOLTA. Ministère du Développement Rural. Autorité des Aménagements des Vallées des Volta.

BERARD (P.). - Etudes hydrogéologiques. Rapport troisième année. /s. 1./, L.C.H.F. Géohydraulique, 1976, 5 vol., 8 cartes part. en coul., fig., graph., tabl., bibl.

Cartes à l'échelle de 1/20.000 ou 1/100.000 comprises.

Dépouillement : Vol. IX. Rapport général. - Vol. X. Terroir de Passomtenga. - Vol. XI. Terroir de Dakongo. - Vol. XII. Terroir de Mankarga. - Vol. XIII. Terroir de Bagré-Sud.

(215)

LELONG (F.) /et/ LEMOINE (J.).

Les nappes phréatiques des arènes et des altérations argileuses ; leur importance en zone intertropicales ; les difficultés de leur exploitation.

Dans Bulletin du B.R.G.M. (Deuxième série) Section III, N° 2, 1968, p. 41-52, bibl.

(216)

LELONG (F.).

Nouvelles données sur les "nappes d'arènes". /Complément à nouvelles données sur les "nappes d'arènes" à la suite d'une reconnaissance hydrogéologique du centre nord Dahomey .../. Paris, B.C.E.O.M., /1964/, 51 p., cartes, graph., tabl., bibl. Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1964.

(208)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER. Centre de Dakar Hann.

ALBOUY (Y.), BOULANGE (B.) /et/ PION (J. C.). - Essais de prospection électrique appliqués à l'étude des niveaux d'altération en Haute-Volta.

Dakar, O.R.S.T.O.M., 1970, 12 p., 1 fig., 10 graph., tabl.

(211)

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT/MALI.

BRO (M.). - Rapport final de synthèse sur les prospections géophysiques au Mali.

/Bamako, 1972/, P.N.U.D./Mali, 13 p., 5 cartes.

Projet des Eaux Souterraines. Rapport géophysique.

(217)

S.O.D.E.M.I. Mission Mixte Hydrogéologie - Géophysique - Forage (mars - juillet 1965).

Prospection en arènes granitiques. Rapport général.

Abidjan, 1966, 32 p., carte, fig., graph., tabl.

S.O.D.E.M.I. Rapport N° 144.

#### . Coastal aquifers

-----

(220)

CENTRE D'INFORMATIQUE GEOLOGIQUE.

LEDOUX (E.) /et/ GOBLET (P.). - Méthodologie d'étude d'un aquifère côtier. Application à la nappe de la Pointe Denis (Gabon).

Paris, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, /1977 ?/, 75 p., cartes, ill.

Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie.

(219)

FRANCE. Secrétariat Permanent pour l'Etude des Problèmes de l'Eau.

FRIED (J. J.) /et/ UNGEMACH (P. O.). - Etude de l'invasion d'un aquifère par l'eau de mer. Résultats méthodologiques obtenus sur l'aquifère cotier de Malika (Sénégal).

Paris, B.R.G.M. et Ecole Nationale Supérieure des Mines, /1972 ?/, p. m., cartes, fig., graph.

#### . Catchment structures

-----

(221)

B.D.P.A./GEOHYDRAULIQUE.

Proposition pour l'étude des besoins de formation des techniciens de forage en Afrique de l'Ouest et pour l'organisation du système de formation correspondant.

Paris, B.D.P.A., /s. d./, 22 p.

(223)

BREMONT (R.).

Amélioration par acidification d'un captage d'eau dans une formation calcaire.

Paris, C.I.E.H., 1962, 24 p., 3 fig., tabl., bibl.

Disponible aussi en version anglaise : Acidification treatment to improve water recovery from a limestone formation.

Coll. : C.I.E.H. Technique de l'Eau, 1962.

(224)

BREMONT (René).

Cahier des charges type pour l'exécution de forages d'eau entrepris sans protection préalable.

Paris, C.I.E.H., 1963, 20 p., 27 cm.

Coll. : C.I.E.H. Technique de l'Eau, 1963.

(225)

BREMONT (R.).

Construction des puits de captage d'eau.

Paris, Gauthier-Villars, 1965, 82 p., dessins, graph., plans, tabl., bibl.

(226)

BREMONT (René).

Construction des puits de grand diamètre à l'aide d'engins mécaniques dite à la main et comparaison avec la méthode traditionnelle.

Paris, C.I.E.H., 1961, 7 p. 27 cm, tabl.

Coll. : C.I.E.H. Technique de l'Eau, 1961.

(229)

BREMONT (R.).

Technique de développement des puits.

Paris, C.I.E.H., 1964, 52, 5 p., tabl.

Coll. : C.I.E.H. Technique de l'Eau, 1964.

(222)

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES. Service Géologique National.

BOURGEOIS (M.). - Normes de l'American Water Works Association pour les puits profonds.

Orléans, B.R.G.M., Département Géologie de l'Aménagement, Hydrogéologie, 1976, 87 p., fig., tabl.

76 SGN 163 AME.

(236)

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES. Secrétariat  
Permanent pour l'Etude des Problèmes de l'Eau/COMITE INTERAFRICAIN  
D'ETUDES HYDRAULIQUES. Société d'Economie et de Mathématique  
Appliquées.

Etude des facteurs de succès des forages d'eau en région cristalline.  
Paris, 1967, 34, /3/ p., 18 graph., tabl. 27 cm.

Accompagne l'Etude statistique des forages et carte hydrogéologique  
des régions à substratum éruptif et métamorphique en Afrique  
Occidentale par R. Biscaldi.

(231)

BUREAU D'ETUDES DE GEOLOGIE APPLIQUEE.

Etude comparative des avantages respectifs des puits et forages  
dans les régions à substratum cristallin d'Afrique de l'Ouest.  
Ouagadougou, C.I.E.H., 1972, 81 p., 3 annexes, 2 cartes, graph., tabl.  
C.I.E.H. Publications. Série Hydrogéologie.

Etude des réalisations dans les pays suivants : le Ghana, la Haute-  
Volta, la Côte d'Ivoire, le Niger.

Disponible aussi sur microfiche O.M.V.S. N° 05756 sur 2 fiches.

(232)

BURGEAP.

BERAUD (J. F.), CLOUET d'ORVAL (M.) et FOUGEIROL (D.). - Evaluation  
du débit d'exploitation des puits dans les régions à substratum  
cristallin d'Afrique tropicale. Rapport de synthèse.

/Paris/, C.I.E.H., 1974-1975, 39 p., annexes, fig.

R. 206- E. 223.

Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1976.

(227)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES. Bureau Central d'Etudes  
pour les Equipements d'Outre-Mer.

BREMOND (R.). - Etude de l'influence des caractéristiques technologiques  
de puits et forages sur leur rendement et leur longévité.

Paris, 1964, 2 part. en 4 fasc., cartes, fig., graph., tabl. 28 cm.

L'enquête a porté sur quelque deux cents ouvrages existant sur les  
territoires des états de la Côte d'Ivoire, du Dahomey, du Gabon, de  
la Haute-Volta, du Sénégal et du Tchad. Contenu : 1ère part.

L'ensablement. Texte + Annexes. - 2ème part. Le colmatage par des  
éléments sablo argileux et les carbonates. Texte + Annexe.

Bibliographies incluses.

Coll. : C.I.E.H. Technique de l'Eau, 1964.

(233)

Forages en grand diamètre.

Dans Bulletin de liaison du C.I.E.H., N° 16, fév. 1974, p. 4-11,  
phot., tabl.

Disponible aussi en anglais sous le titre : Large-diameter boreholes.

(230)

FRANCE. Ministère de la Coopération/BURGEAP.

La construction de puits en Afrique tropicale et l'investissement humain.

Paris, Min. Coop., 1974, 191 p., dess., graph., tabl., bibl.

Coll. : Techniques rurales en Afrique.

Méthodes utilisées dans la Haute-Volta, le Niger et le Tchad.

(234)

MABILLOT (Albert).

Les forages d'eau ; guide pratique. Naintre, Crépines Johnson-France.

Paris, Technique &amp; Documentation, /1971/, 237 p., dessins, graph.,

tabl.

(235)

HAUTE-VOLTA. Ministère du Développement Rural. Direction de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural/SOCIÉTÉ AFRICAINE D'ÉTUDES ET DE DÉVELOPPEMENT.

Étude de factibilité pour la création d'un atelier de forage destiné à l'exploitation de ressources en eau à des profondeurs dépassant 200 mètres.

Ouagadougou, S.A.E.D., 1977, 62 p., cartes, tabl.

(237)

HAUTE-VOLTA. Présidence du Conseil du Gouvernement. Haut Commissariat au Plan.

SOLAGES (S.) /et/ BERARD (P.). - Aménagement des vallées des Volta.

Études hydrogéologiques-transformation de forages de reconnaissance en forages d'exploitation. Rapport de fin de travaux.

/Maisons-Alfort, France/, Laboratoire Central d'Hydraulique de France, 1973, 42 p., 5 annexes, cartes, dess., graph., phot., tabl.

(228)

NIGER. Commissariat Général au Plan.

BREMOND (R.). - Étude sur le vieillissement des ouvrages d'hydraulique souterraine. Inwageur, Kaokao Akarana, Ibeceten, Edembouten.

Paris, C.I.E.H., /1964/, 18 p., 4 annexes, 2 figs. h. t.

Coll. : C.I.E.H. Technique de l'Eau, 1964.

## . Study methods

## - Geophysical

(238)

AMERICAN GEOPHYSICAL UNION.

Geophysical monograph.

Washington, D. C., cartes, fig., graph., phot., tabl., bibl.

Chaque publication a un titre particulier.

(239)

ASTIER (Jean-Louis).

Géophysique appliquée à l'hydrogéologie.

Paris, Masson Cie., 1971, 277 p., graph., dess., phot., tabl. 25 cm, bibl.

(241)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.  
 MATHIEZ (J.P.) et HUOT (G.). - Prospection géophysique et recherches d'eaux souterraines. Exemples d'application en Afrique Occidentale. Paris, C.I.E.H., 1966, 154, /6/ p., cartes, fig., graph., tabl., bibl. (Disponible aussi en traduction anglaise sous le titre : Geophysical prospecting and ground water exploration. Examples of application in West Africa).  
 Coll. : C.I.E.H. Hydrogéologie, 1966.

(240)

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT (Fonds Spécial).  
 COMPAGNIA TECNICA DI PROGETTAZIONE. - Haute-Volta. Enquête sur les ressources minières et des ressources en eaux souterraines. Etudes hydrogéologiques. Rapport de fin de travaux. Rome, C.O.M.T.E.C., 1968, 44 fasc. en 7 vols., cartes, figs., graph., tabl.  
 Dépouillement : 1. Exposé général. - 2. Etude des villages du Cercle de Koupéla (Zoré, Nimpouro, Gninga, Zoaro).

#### - Isotope techniques

(242)

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE.  
 Application of isotope techniques in hydrology. Vienne, A.I.E.A., 1962, 31 p., fig., tabl., réf. Technical reports series, N° 11.  
 A comprehensive report from the panel on application of isotope techniques in hydrology, held in Vienna from 6-9 November 1961.

(243)

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE.  
 Isotope technique for hydrology. Vienne, A.I.E.A., 1964, 36 p., graph., réf. Technical reports series, N° 23.  
 Report on the panel on use of isotopes in hydrology held in Vienna, 17-21 December 1962.

(244)

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE.  
 Manipulation des radio-isotopes en hydrologie. Vienne, A.I.E.A., 1967, 40 p., tabl., bibl. Collection sécurité, N° 20.  
 (Disponible aussi en anglais sous le titre : Guide to the safe handling of radio-isotopes in hydrology).

(245)

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE.  
 Tritium and other environmental isotopes in the hydrological cycle. Vienne, A.I.E.A., 1967, 83 p., cartes, graph., tabl., réf. Technical report series, N° 73. STI/DOC.10/73.  
 Report of a panel.

(255)

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE.

Symposium on the Application of Radio-isotopes in Hydrology, Tokyo, 5-9 Mar., 1963. Proceedings of the symposium.

Vienne, A.I.E.A., 1963, 459 p., fig., graph., phot., tabl., réf. A.I.E.A. Proceedings series. STI/PUB/71.

(Texte en anglais ou français ; résumés en français, anglais, espagnol et russe).

(246)

ALLISON (G. B.) et HUGHES (M. W.).

The use of environmental tritium to estimate recharge to a south-Australian aquifer.

Dans Journal of hydrology, vol. 26, N° 3/4, Aug. 1975, p. 245-254, carte, fig., graph., tabl., bibl.

(247)

ELOUARD (P.), FAURE (H.) /et/ MICHEL (P.).

Nouveaux âges absolus (CI4) en Afrique de l'Ouest.

Dans Bulletin de I.F.A.N., sér. A, Sciences naturelles, t. XXIX, N° 2, avril 1967, p. 845-849, bibl.

(248)

FAURE (H.) /et autres/.

Un exemple d'étude d'hydrogéologie isotopique en pays semi aride, le bassin du Lac Tchad.

Extrait de Journal of hydrology, 10, 1970, p. 141-150, carte, 25 cm, bibl.

(249)

FONTES (J. C.), MAGLIONE (G.) et ROCHE (M. A.).

Données isotopiques préliminaires sur les rapports du Lac Tchad avec les nappes de la bordure nord-est.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, vol. VI, N° 1, 1969, p. 17-34, cartes, fig., graph., tabl., bibl.

(252)

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE.

MOUSSU (H.) et VUILLAUME (Y.). - Etude par la méthode isotopique de la nappe des sables "Maestrichtiens" et du Continental terminal du Sénégal.

Orléans, B.R.G.M., Service Géologique National, Département Géologie de l'Aménagement du Territoire, 1972, 35, xiv p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

72 SGN 029 AME.

(251)

MARGAT (J.).

Age des eaux souterraines et renouvellement des réserves des nappes. Réflexions sur les bases de l'hydrochronologie.

Dans Bulletin du B.R.G.M., N° 6, 1966, p. 37-51, tabl., bibl.

(253)

PAYNE (B. R.) /et/ SAUZAY (G.).

Contribution des traceurs isotopiques naturels à l'étude de l'alimentation de la nappe phréatique de l'Oued Souss (Maroc).

Dans Bulletin du B.R.G.M., 2ème sér., sect. II, Hydrogéologie, N° 3, 1974, p. 227-243, fig., graph., tabl., bibl.



(250)

## PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT.

Recherche hydrogéologique dans le nord Haute-Volta. /Rapport final/. Rome, 1971, 2 vol. (12 fasc. + 28 fig. h-t.), cartes, graph., tabl. Vol. 1. Texte. Rapport de synthèse. Glossaire bibliographique, fig. 8-36 h-t. - Vol. 2. Annexes techniques. n.1. Travaux de topographie. n.2. Etude photogéologique de la zone Tin Hrassan-Takoy. n.3. Petrographie et sédimentologie des carbonates du nord de la Haute-Volta. n.4. Prospection géoélectrique dans le nord de la Haute-Volta. n.5. Analyses isotopiques d'échantillons d'eau du nord voltaïque. n.6. Forage Béli n.1 (B-1). n.7. Forage Débanga n.1 (D-1). n.8. Forage Tin Hrassan n.1. (TH-1). n.9. Forage Takoy n.1 (TAK-1). n.10. Forage Tin Hrassan n.2 (TH-2). n.11. Forage Tin Hrassan n.3 (TH-3).

(254)

## PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT.

Prospection des eaux souterraines dans la zone côtière. Togo. Conclusions et recommandations du projet. New York, 1975, 91 p. + 7 planches h-t., cartes. P.N.U.D. DP/UN/TOG-70-511/1.

- Remote sensing

(256)

BALE (J. B.) /et al/.

Remote sensing applications to resources management, problems in the Sahel. Washington, D. C., Earth Satellite Corporation, 1974, 262 p., cartes, fig., phot., bibl. Prepared for U.S.A.I.D.

(257)

## COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE.

Rapport concernant la Mission sur la Télédétection effectuée par l'équipe technique de la C.E.A. en République-Unie de Tanzanie, au Kenya, au Zaïre, en Haute-Volta et en Egypte, février-mars 1976. /Addis Abéba, 1976/, 42 p., annexe I-XI.

(258)

## EARTH SATELLITE CORPORATION.

Applications de la télédétection à la gestion des ressources du Sahel. Extraits (Texte anglais) Sahel report 1974. Washington, D. C., 1974, 122 p., cartes, fig., tabl. Titre des chapitres en français, text en anglais.

(259)

## ETATS UNIS/A.I.D. Office of Science and Technology.

Developing country coverage of earth resources technology satellite, ERTS-1 : July 1972 - June 1973. Un rapport par pays : Cameroun, Centre Afrique, Bénin, Gabon, Gambie, Ghana, Côte d'Ivoire, Madagascar, Mali, Mauritanie, Niger, Nigéria, Sénégal, Togo. Washington, D. C., 1973.

(260)

/ETATS UNIS. National Aeronautics and Space Administration/.  
Remote sensing. Acquisition of satellite data. Memorandum of  
understanding between the United States of America and Zaïre. Signed  
at Washington, January 6, 1975 and at Kinshasa, January 31, 1975.  
/Washington, Supt. of Docs., U.S. Govt. Print. Off., 1975/, 6 p.  
Etats Unis. Department of State. Treaties and other international  
acts series, 8129.

(261)

JONES (J. R.) et MILLER (R. H.).  
Application of ERTS technology in development programs for the  
Liptako-Gouma Authority countries (Mali, Niger and Upper Volta).  
/Denver, Colorado ?/, U.S. Department of the Interior. Geological  
Survey, 1974, 16 p., fig.

### 3.2. SOILS AND THEIR POTENTIALITIES

#### 3.2.1. Generalities

(263)

AHN (Peter M.).  
West African soils.  
London, Oxford University Press, 1970, 332 p., cartes (dont h-t.),  
fig., graph., phot., tabl., bibl.

(264)

BARRY (L.).  
Le Sahel : climats et sols.  
Dans Programme sur l'Homme et la Biosphère. Le Sahel, 1974, p. 9-17,  
cartes, graph., tabl., bibl.  
(Disponible aussi en anglais sous le titre : The Sahel : climate and  
soils).

(265)

D'HOORE (J. L.).  
La carte des sols d'Afrique au 1/5.000.000. Mémoire explicatif.  
Lagos, C.C.T.A., 1964, 209 p., 6 cartes en coul., tabl., bibl.  
C.C.T.A. Publication N° 93.  
Projet conjoint N° 11.  
Accompagne la carte des sols d'Afrique/Soils map of Africa, par la  
C.C.T.A. Service Pédologique Interafricain.  
(Disponible aussi en anglais sous le titre : Soils map of Africa,  
scale 1 to 5,000,000. Explanatory monograph).

(262)

DREGNE (H. E.).  
Soils of arid regions.  
Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Co., 1976, 237 p., cartes,  
fig., tabl., réf.  
Developments in soil science, N° 6.

(266)

ORVEDAL (Arthur C.).  
Bibliography of the soils of the tropics. Vol. 1. Tropics in  
general and Africa.  
Washington, Agency for International Development. Technical Assistance  
Bureau. Office of Agriculture, 1975, 225 p.  
Agriculture technology for development countries. Technical series  
bulletin N° 17.

### 3.2.2. Soils classification and their potentialities estimate

#### . Soils description and classification

##### . Methods

(267)

AUBERT (G.).

Observation sur la classification des sols ferrallitiques.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Pédologie, IV, N° 4, 1966, p. 89-90.

(268)

BERTAND (R.) /et/ KILIAN (J.).

La fiche de description des profils /des sols/.

Dans l'Agronomie tropicale, XXVI, N° 3, mars 1971, p. 387-391, bibl.

(269)

BOYADGIEV (Todor G.).

Critères diagnostiques et les classifications des sols de la région aride et semi-aride.

/s. 1., 1975/, 11 p., bibl.

/Documents/ : I.S.S.S. Commissions I, IV, V and VI Meeting on Savanna soils of Africa and their Management, Meridian Hotel ; Tema, Ghana, November 24-26, 1975. Paper N° 21.

(270)

COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Some references of relevance to soil-type/vegetation relationships in Africa (1968-1956).

Harpenden, England, /1968/, 9 p., 54 réf.

Serial N° 1288.

##### . Some soil types

(272)

CORNELL UNIVERSITY.

FORBES (Terry R.). - Ferrallitic and ferruginous tropical soils of West Africa.

Ithaca, (N. Y.), Cornell University, Department of Agronomy, 1973, 34 p., fig., graph., tabl., bibl.

A.I.D./csd 2 834.

(271)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.

FAUCK (Roger). - Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique Occidentale.

Paris, O.R.S.T.O.M., 1972, 257 p., carte, fig., graph., phot. en coul., tabl., bibl.

Mémoires O.R.S.T.O.M. N° 61.

Contribution à l'étude des sols des régions tropicales.

. Potentialities estimation

. Estimation methods

(273)

F.A.O.  
DUDAL (R.). - A framework of land evaluation. Draft edition.  
Rome, F.A.O., Soil Resources, Conservation and Development Service,  
Land and Water Development Division, /1973 ?/, 65 p., fig., graph.,  
bibl.

(275)

F.A.O.  
RIQUIER (J.). - The parametric method of land evaluation.  
/Rome/, F.A.O., 1971, 4 p., bibl., fig.

(276)

F.A.O.  
RIQUIER (J.), LUIS BRAMAO (D.) et CORNET (J. P.). - A new system  
of soil appraisal in terms of actual and potential productivity  
(first approximation).  
Rome, F.A.O., Soil Resources, Development and Conservation Service,  
Land and Water Development Division, 1970, 35, /3/ p., cartes, graph.,  
tabl., bibl.

(274)

/I.R.A.T./ Division d'Agronomie.  
Prospections des sols et définition des aptitudes culturales.  
Méthodes et modes d'intervention de l'I.R.A.T.  
Dans l'Agronomie tropicale, XXVI, N° 2, fév. 1971, p. 270-274.

. Soils irrigation capacity

(278)

FRANCE. Ministère de la Coopération.  
/REVILLION (P. Y.)/. - Carte d'aptitude des terres à l'irrigation  
pour l'utilisation des eaux souterraines du Sahel.  
Paris, B.D.P.A./B.R.G.M., 1977, 1 carte en coul. en 4 feuilles,  
84 x 124 cm ou plus petites.  
Echelle : 1/500.000.  
Dépouillement. Feuille du Tchad sud. - Feuille du Tchad nord. -  
Feuille du Sénégal. - Feuille du Niger.  
Notice explicative /Paris/ B.D.P.A. /1977/, 32 p., cartes en coul.  
dont une en 4 feuilles pliées en pochette h-t., tabl. bibl.  
Potentiel des terres/culture irriguée, eau souterraine/Niger/Sénégal/  
Tchad/Carte pédologique.

(277)

NATION UNIES.  
MAYMARD (J.). - Etude des sols pour leur aménagement en culture  
de décrue en zone aride : Vallée du Sénégal. Extrait de la Conférence  
des Nations Unies sur l'Application de la Science et de la Technique  
dans l'intérêt des Régions Peu Développées, 1962, 2 p.  
Microfiche O.M.V.S. N° 00750, sur 1 fiche.

### 3.2.3. Maintenance and improvement for soils fertility

#### . Tropical soils fertility

(279)

ARNOLD (Richard W.).

Managing soils under tropical conditions : some underlying concepts.  
Talk presented in the Soil Management Symposium at the IV Latin American Soil Congress, Maracay, Venezuela, November 18, 1972.

/s. l./, 1972, 5 p.

Microfiche A.I.D., N° PN-AAA-828, sur 1 fiche.

(280)

CHARREAU (C.) /et/ NICOU (R.).

L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques (d'après les travaux des chercheurs de l'I.R.A.T. en Afrique de l'ouest) part. I-IV.

Dans l'Agronomie tropicale, XXVI, N° 2, fév. 1971, p. 209-255, N° 5, mai 1971, p. 531-565, N° 9, sept. 1971, p. 903-978, N° 11, nov. 1971, p. 1183-1247, graph., phot., tabl., bibl.

(Résumés en français, anglais et espagnol).

(281)

COMMONWEALTH AGRICULTURAL BUREAUX.

JONES (M. J.). - Soils of the West African savanna. The maintenance and improvement of their fertility.

/Slough, England/, Commonwealth Agricultural Bureaux, /1975/, 246 p., cartes, fig., tabl., bibl.

Technical Communication N° 55 of the Commonwealth Bureau of Soils.

(282)

F.A.O./D.A.N.I.D.A.

Regional Seminar on Planning and Organization of Fertilizer Use Development in Africa, Nairobi, Kenya, 1-16 December 1972.

Rome, F.A.O., Soils Resources, Development and Conservation Service, Land and Water Development Division, 1975, 184 p., fig., graph., tabl., bibl.

Soils bulletin.

(283)

VAN DIERENDONCK (F. J. E.).

La réponse des sols tropicaux à la fumure.

Dans Sols africains, V, N° 2, 1960, p. 157-164.

Disponible aussi en anglais sous le titre : Response of tropical soils to manuring.

#### . Soils use and their fertilization problems

(286)

BRAZILIAN NATIONAL HIGHWAY DEPARTMENT. Road Research Institute.

MARIN (W. J.) /and/ TODOR (Peter C.). - Laterite and lateritic soils and other problem soils of the tropics.

Baltimore, Maryland, Lyon Associates Inc., /1975/, 2 tomes (369, 92 p.), cartes, fig., graph., phot., tabl. bibl.

An engineering evaluation and highway design study for United States Agency for International Development ...

Dépouillement : Vol. I /Report/. - Vol. II. Instruction manual.

(284)

CHAMINADE (R.).

Les exigences de l'intensification des systèmes cultureux en Afrique Occidentale. Extrait d'Amélioration de la fertilité des sols en Afrique. Troisième Conférence sur la Fertilité des Sols et l'Utilisation d'Engrais, Addis Abéba, Ethiopie, 3-7 novembre 1970, p. 2-11, fig.

Microfiche F.A.O. N° 17395, sur 1 fiche.

(285)

CHARREAU (C.).

Problèmes posés par l'utilisation agricole des sols tropicaux par des cultures annuelles.

Dans l'Agronomie tropicale, XXVII, N° 9, sept. 1972, p. 905-929, tabl. bibl.

(Résumés en français, anglais et espagnol).

(287)

I.R.A.T.

NICOU (R.). - Le problème de la prise en masse à la dessiccation des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche.

Bambey, Centre National de la Recherche Agronomique de Bambey, I.R.A.T., 1974, 25 p., fig., graph., tabl., bibl.

### 3.2.4. Soils labour - Agricultural equipment

#### . Generalities

(288)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères Chargé de la Coopération/CENTRE D'ETUDES ET D'EXPERIMENTATION DU MACHINISME AGRICOLE TROPICAL.

Manuel de culture avec traction animale.

/Paris/, 1970, 336 p. fig., phot., tabl., bibl.

Techniques rurales en Afrique, 13.

(289)

FRANCE. Ministère de la Coopération/CENTRE D'ETUDES ET D'EXPERIMENTATION DU MACHINISME AGRICOLE TROPICAL.

Manuel de motorisation des cultures tropicales.

/Paris ?, 1974 ?/, 2 tomes, 661, 473 p., fig., phot., tabl., bibl.

Techniques rurales en Afrique.

(290)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères Chargé de la Coopération/CENTRE D'ETUDES ET D'EXPERIMENTATION DU MACHINISME AGRICOLE TROPICAL.

Essais de matériel agricole à traction animale.

/Paris/, 1967, 213 p., fig., tabl.

Techniques rurales en Afrique, 14.

(291)

FRANCE. Ministère de la Coopération/CENTRE D'ETUDES ET  
D'EXPERIMENTATION DU MACHINISME AGRICOLE TROPICAL.  
HUET et autres. - Maintenance du matériel agricole.  
/s. 1./, 1977, 122 p., ill., tabl.

. Equipment and its use

(292)

F.A.O.  
Méthodes et machines pour la préparation du sol et des semis dans  
les zones semi-arides.  
Rome, F.A.O., 1972, 60 p., phot., bibl.  
F.A.O. Progrès et mise en valeur-agriculture, N° 92.  
(Edition révisée du Bulletin de renseignements, N° 8 de la F.A.O.)

(293)

/F.A.O. Division des Services Agricoles/.  
Recherche sur la mécanisation agricole en Afrique de l'Ouest.  
Rome, F.A.O., 1973, 42 p., tabl.  
Enquête préalable à la formulation d'un projet pour le renforcement  
de la recherche sur la mécanisation agricole en Afrique de l'Ouest.  
Ghana - Dahomey - Nigéria - Côte d'Ivoire - Mali - Sénégal, août-  
octobre 1972.  
Microfiche F.A.O., N° 22704, sur 1 fiche.

(294)

F.A.O.  
HOPFEN (H. J.). - L'outillage agricole pour les régions arides et  
tropicales. Ed. révisée.  
Rome, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et  
l'Agriculture, 1970, 156 p., ill., tabl., bibl.  
F.A.O. : Progrès et mise en valeur-Agriculture, N° 91.

(295)

OVERSEAS DEVELOPMENT INSTITUTE.  
HUNTER (Guy). - The implementation of agricultural development towards  
criteria for the choice of tools.  
Extrait du Agricultural Administration, (1), 1974, p. 51-72, fig.,  
bibl.

3.2.5. Pedological maps

- (see list in appendix 9.3.)



### 3.3. CROPS WATER RESUIREMENTS

#### 3.3.1. Water in the ground

##### . Generalities

(296)

I.R.A.T.

CHAROY (J.), FOREST (F.) /et/ LEGOUPIL (J. C.).- Evapotranspiration - Besoins en eau des cultures. Relations eau-sol. - Estimation fréquentielle des conditions d'alimentation hydrique en culture pluviale et irriguée. Bilan hydrique. /s. 1./, I.R.A.T., 1978, 183 p., ill., tabl., bibl. Coll. : Hydraulique Agricole.

(297)

MARSHALL (T. J.).

Relations between water and soil.

Harpenden, Farham, Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, Commonwealth Bureau of Soils, /1959/, 91 p., cartes, fig., tabl., réf.

Technical Communications N° 50.

##### . Study of the water in the ground

##### . Capacity in the field

(299)

DANCETTE (C.).

Détermination au champ de capacité de rétention, après irrigation dans un sol sableux du Sénégal. Intérêt agronomique de cette mesure et application à une culture d'arachide.

Bambey, Division de Bioclimatologie, 1969, 14 p., tabl., fig., bibl.

(300)

FEODOROFF (Al.) et BETREMIEUX (R.).

Une méthode de laboratoire pour la détermination de la capacité au champ.

Science du sol, 1964, 2ème semestre, p. 109-118, graph., phot., tabl., bibl.

Résumé en anglais.

(298)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture/C.R.E.G.R. Section de l'Hydrodynamique des Sols et de la Radioactivité.

BOURRIER (J.). - La mesure des caractéristiques hydrodynamiques des sols par la méthode Vergière.

Antony, (France), C.R.E.G.R., 1965, 96 p., fig., graph., phot., tabl. Bulletin technique du génie rural, N° 73.

(301)

RIOU (Ch.) et DUBOIS (G. J.).

L'utilisation des bacs d'évaporation sous climat sahélien.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, N° 5, décembre 1966, p. 45-66, fig., tabl.

Trois années d'observations à Fort Lamy et interprétation des données en bac sur le Lac Tchad.

(302)

RIOU (Ch.).

Calcul de l'évaporation par la méthode du bilan énergétique en zone sahélienne.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, vol. IV, N° 2, 1967, p. 37-46, fig.

. Soil permeability  
-----

(305)

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES. Service Géologique National.

LAMACHERE (J. M.). - Mesure "in situ" de la perméabilité d'un sol non saturé. Etude bibliographique.

Orléans, B.R.G.M. Département Hydrogéologie, 1971, 72 p., fig., graph., tabl.

71 SGN. 279 HYD.

(303)

COLOMBANI (J.), LAMAGAT (J. P.) /et/ THIEBAUX (J.).

Mesure de la perméabilité des sols en place : un nouvel appareil pour la méthode Muntz. Une extension de la méthode Porchet aux sols hétérogènes.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, IX, N° 3, 1972, p. 15-46, fig., graph., phot.

(304)

DEGALLIER (R.).

Présentation d'abaques pour la détermination de la perméabilité des sols non saturés au moyen de tensiomètres à capsules sphériques.

Dans Bulletin du B.R.G.M., 2ème sér., sect. III, Hydrogéologie, N° 4, 1969, p. 13-45, graph.

. Soil moisture  
-----

(306)

CAMUS (H.).

Homogénéisation des mesures d'humidité du sol faite avec diverses sondes à neutrons et à partir d'étalonnages différents.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, XII, N° 1, 1974, p. 3-33, graph., phot., tabl., bibl.

Résultats acquis sur le bassin de Korhogo (Côte d'Ivoire).

(307)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture. CENTRE NATIONAL D'ETUDES TECHNIQUES ET DE RECHERCHES TECHNOLOGIQUES POUR L'AGRICULTURE, LES FORETS ET L'EQUIPEMENT RURAL. Section de l'Hydrodynamique des Sols et de la Radioactivité.

NORMAND (M.). - La mesure de l'humidité du sol ; application aux problèmes d'hydraulique agricole.

Antony , (France), C.E.R.A.F.E.R., 1970, 232 p., fig., graph., phot., tabl., bibl., réf.

Bulletin technique de Génie Rural N° 103.

(308)

POUYAUD (B.) /et/ CHARTIER (R.).

Méthode thermo-dynamique de mesure de l'humidité des sols.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, VIII, N° 1, 1971, p. 65-98, fig., graph., tabl.

### . Interstitial pressure in the ground

-----

(310)

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUE ET MINIERES. Direction du Service Géologique National.

LALLEMAND-BARRES (A.). - La méthode tensiométrique pour l'étude des mouvements de l'eau dans la zone non saturée.

Orléans-La Source, B.R.G.M., Département d'Hydrogéologie, Section de recherches expérimentales, 1970, 29 p., fig., graph. (dont 1 plié h-t.), phot., tabl., bibl.

70 SGN 243 HYD.

Observations dans le bassin de la Lys (région du Nord) France.

(309)

JANSE (A. R. P.).

Le potentiel de l'eau dans les sols.

Dans Bulletin du B.R.G.M., 2ème sér., sect. III, Hydrogéologie, N° 4, 1969, p. 111-113, fig.

(312)

SOEIRO (F. A.) et DESSAINT (A.).

Problèmes posés par la mesure de la pression interstitielle dans les sols.

Dans Hydrological sciences bulletin, XIV, N° 2, June 1969, p. 95-108, graph., bibl.

Résumés en français et anglais.

(313)

SORMAIL (L.).

quelques considérations sur l'emploi des tensiomètres.

Dans Hydrological sciences bulletin, XIV, N° 2, June 1969, p. 79-94, graph., tabl., bibl.

Résumés en français et anglais.

(314)

SORMAIL (L.).

Comparaison des temps de réponse des tensiomètres dans les sables et les argiles. Quelques profils de drainage dans des sables.

Dans Bulletin du B.R.G.M., 2ème sér., sect. III, Hydrogéologie, N° 4, 1969, p. 93-96, graph.

(315)

VACHAUD (G.).

Mesures des pressions capillaires dans les sols non saturés, capteurs de pressions, parois poreuses.

Dans Bulletin du B.R.G.M., 2ème sér., sect. III, Hydrogéologie, N° 3, 1969, p. 15-20, fig., tabl., bibl.

. Improvement processes of the soils hydropedological properties

(316)

ANSTETT (A.).

Les techniques d'amélioration des capacités de rétention en eau des sols.

Extrait de Génie rural, N° 6/7, juin/juil. 1974, p. 299-303, graph., phot., tabl.

(317)

NICOU (R.).

Contribution à l'étude et à l'amélioration de la porosité des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche. Conséquences agronomiques.

Dans l'Agronomie tropicale, XXIX, N° 11, nov. 1974, p. 1100-1127, graph., tabl., bibl.

Résumés en français, anglais et espagnol.

3.3.2. Crops water requirements

. Evaporation measures

(319)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER.

RIOU (C.). - La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique Centrale.

Paris, O.R.S.T.O.M., 1975, 236 p., carte, fig., graph., phot., tabl., bibl.

Mémoires O.R.S.T.O.M., N° 80.

(318)

RIOU (C.).

Calcul de l'évaporation par la méthode du bilan énergétique en zone sahélienne.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, vol. IV, N° 2, 1967, p. 37-46, fig.

(320)

RIOU (Ch.) et BUBOIS (G. J.).

L'utilisation des bacs d'évaporation sous climat sahélien.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, N° 5, décembre 1966, p. 45-66, fig., tabl.

Trois années d'observations à Fort Lamy et interprétation des données en bac sur le Lac Tchad.

. Potential evapotranspiration. ETP measurement  
-----

(321)

SENEGAL. Ministère du Développement Rural/INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES.

DANCETTE (C.). - Mesures d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation d'une nappe d'eau libre au Sénégal. Orientation des travaux portant sur les besoins en eau des cultures.

Bambey, Centre National de Recherches Agronomiques, 1973, 32 p., cartes, graph., tabl., bibl.

(322)

RIOU (Ch.).

Le bac d'eau libre et l'évaluation des consommations d'eau des couverts végétaux.

Dans l'Agronomie tropicale, XXVIII, N° 9, sept. 1973, p. 855-857, bibl.. ETP computing  
-----

## - Methods

(323)

BALACHANDRAN (G.), UNNY (T. E.) et SOLOMON (S. I.).

Potential evaporation as an unsteady process.

Dans Journal of hydrology, v. 24, N° 3/4, Feb. 1975, p. 291-301, graph. bibl.

(324)

FRANCE. Direction de la Météorologie Nationale.

BROCHET (P.) et GERBIER (N.). - L'évapotranspiration. Aspect agrométéorologique. Evaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle. Ed. rév. et complétée.

/s. l./, Ministère des Transports, Secrétariat Général à l'Aviation Civile, Direction de la Météorologie Nationale, 1974, 95 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

Monographie de la Météorologie Nationale, N° 65.

(325)

FRERE (Michel).

A method for the practical application of the Penman formula for the estimation of potential evapotranspiration and evaporation from a free water surface.

/Rome/, F.A.O., 1972, 22 p., tabl.

(326)

MORTON (F. I.).

Estimating evaporation and transpiration from climatological observations.

Dans Journal of applied meteorology, vol. 14, N° 4, June 1975, p. 488-497, cartes, graph., réf.

## - Limits

(327)

AUBREVILLE (A.).

Quelques réflexions sur les abus auxquels peuvent conduire les formules d'évapotranspiration réelle ou potentielle en matière de sylviculture et de bioclimatologie tropicale.

Dans Bois et forêts des tropiques, N° 136, mars-avril 1971, p. 32-34.

(328)

AUSTRALIAN WATER RESOURCES COUNCIL.

Estimating evapotranspiration : an evaluation of techniques. Report by an advisory panel.

Canberra, Department of National Development, 1970, 23 p., réf. Hydrological series, N° 5.

(329)

COLORADO STATE UNIVERSITY.

SCHULZ (E. F.). - A comparison of evapotranspiration equations for tropical regions.

Fort Collins, Col., Colorado State University, 1971, 19 p., tabl. bibl.

For presentation at Symposium on Water Resources, Indian Institute of Science, Bangalore, India, May 1971.

. Available data  
-----

- see references 111 and 121 to 124 in item 3.1.1.

(330)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.

LEMOINE (L.) et PRAT (J. C.). - Cartes d'évapotranspiration potentielle calculée d'après la formule de L. Turc pour les pays membres du C.I.E.H. /Ouagadougou, C.I.E.H., Secrétariat Général, 1972/, 8 fasc., cartes, tabl.

C.I.E.H. Série climatologie 1972.

Contenu : 1. Cartes d'ensemble y compris Notice générale. - 2. Bassin du Sénégal. - 3. Bassin côtiers de Côte d'Ivoire. - 4. Bassin du Niger moyen. - 5. Togo-Dahomey. - 6. Bassin du Lac Tchad. - 7. Région équatoriale. - 8. Madagascar.

(Disponible aussi sur microfiche O.M.V.S., N° 05523, sur 1 fiche).

. Crop water requirements estimation

. Requirements evaluation

(331)

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE/F.A.O.  
DANCETTE (C.). - Les besoins en eau des plantes de grande culture au Sénégal. Extrait du Colloque sur l'Emploi des Isotopes et des Rayonnements dans les Etudes sur la Physique des Sols, l'Irrigation et le Drainage pour la Production Agricole, Nicosie, Chypre, 3-7 septembre 1973, /s. l. n. d., A.I.E.A./F.A.O./, 10 p., 6 graph., tabl., bibl., 30 cm.

(332)

F.A.O.  
DOORENBOS (J.) et PRUITT (W. O.). - Les besoins en eau des cultures. Rome, F.A.O., 1975, 198 p., graph., tabl., bibl.  
Bulletin d'Irrigation et de drainage, 24.  
(Disponible aussi en anglais sous le titre : Guidelines for crop water requirements).

(333)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture. Direction Générale du Génie Rural et de l'Hydraulique Agricole.  
GLEIZES (Claude). - Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations.  
/Paris/, 1964, réédition 1968, 170 p., cartes, graph., tabl., bibl.  
Techniques rurales en Afrique, 1.

(335)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture. Direction Générale de l'Espace Rural. Service Spécial du Bassin de la Durance. Service Agronomique. Section Agrotechnique/SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE ET D'AMENAGEMENTS DE LA REGION PROVENCALE.  
Etude sur les besoins en eau des cultures. Essais réalisés sur le Centre Expérimental du Tholonet en 1965 et 1966.  
/Le Tholonet/, S.C.P., 1967, 79 p., fig., tabl.  
Coll. : Besoins en eau des cultures et problèmes divers.

(334)

UTAH STATE UNIVERSITY.  
HARGREAVES (George H.). - Water requirements manual for irrigated crops and rained agricultured.  
/Logan ?, Utah/, Utah State University, 1975, 49 p., graph., tabl., bibl.  
Contract N° A.I.D./csd-2167.

. Measures in situ

(337)

COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.  
Water relationships of cotton ; Irrigation of cotton (1973-1966). Harpenden, England, /Farnham Royal/, Commonwealth Agricultural Bureaux, /1974/, 22 p., 82 réf.  
Annotated bibliography, N°1644.

(338)

COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.  
Water in rice nutrition and growth (1972-1961).  
Harpenden, England, /Farnham Royal/, Commonwealth Agricultural  
Bureaux, /1973/, 16 p., 66 réf.  
Annotated bibliography, N° 1577.  
Supplements N° 831, 1963-1950.

(339)

FRAMJI (K. K.) and MAHAJAN (I. K.), dir.  
Irrigated cotton. A world-wide survey, 1973.  
New Delhi, C.I.I.D., /1973/, 321 p., fig., graph., phot., tabl.,  
bibl.

(336)

BROUWER (C. J.) and ABELL (L. F.).  
Bibliography on cotton irrigation.  
Wageningen, The Netherlands, I.L.R.I., 1970, 41 p.  
I.L.R.I. Bibliography N° 8.

(340)

NIGER. Ministère de l'Economie Rurale. Service du Génie Rural/  
INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES  
VIVRIERES.  
Station expérimentale d'hydraulique agricole de Tarna. Etude des besoins  
en eau des plantes cultivées et des méthodes d'irrigation au Niger.  
Période 1967-1970. Note de présentation. Programme.  
Paris, 1967, 28 p., tabl.

(341)

VALET (S.).  
Approche de la consommation apparente en eau de la canne à sucre  
dans les conditions climatiques de Tillabéry (campagne 1971-72).  
/s. l./, 1973, 15 p., tabl.

. Cultivation techniques used to lower the evaporation

(343)

CLEMSON UNIVERSITY. Water Resources Institute.  
PEELE (T. C.). - Influence of soil properties and cultural practices  
on evaporation of water from soil.  
Clemson, South Carolina, Water Resources Institute, Clemson University,  
1972, 24 p., fig., phot., tabl., bibl.  
NTIS N° PB 208 412.

(342)

DAVENPORT (David C.) et HAGAN (Robert M.).  
Role of antitranspirants in arid agriculture. Extrait de Physiological  
aspects of drayland farming.  
New Delhi, Oxford & IBH Pub. Co., 1975, p. 315-326, réf.



### 3.3.3. The water - soil - plant system

#### . Crop response to climatic factors

(346)

HARGREAVES (George H.).  
Moisture availability and crop production.  
Extrait de Transactions of the A.S.A.E., 1975, vol. 18, N° 5,  
p. 980-984, fig., réf.

(345)

INSTITUTE FOR LAND AND WATER MANAGEMENT RESEARCH.  
FEDDES (R. A.) and RIJTEMA (P. E.). - Water withdrawal by plant  
roots.  
Wageningen, The Netherlands, I.L.R.I., 1972, p. 33-59, graph.,  
tabl., bibl.  
I.L.W.M.R. Technical bulletin N° 83.

(347)

RUSSELL (Walter E.).  
Soil conditions and plant growth. Tenth edition.  
London and New York, Longman, 1973, 849 p., fig., graph., phot.,  
tabl., réf.

(348)

U.N.E.S.C.O.  
Echanges hydriques des plantes en milieu aride ou semi-aride. Compte  
rendu de recherches.  
/Paris, 1961/, 250 p., fig., graph., tabl., bibl.  
U.N.E.S.C.O. Recherches sur la zone aride, XV.

(344)

U.N.E.S.C.O.  
Colloque sur la Réponse des Plantes aux Facteurs Climatiques, Uppsala,  
15 au 18 septembre 1973/Symposium on Plant Response to Climatic  
Factors. Actes du Colloque d'Uppsala/Proceedings of the Uppsala Symposium.  
Paris, U.N.E.S.C.O., 1973, 574 p., fig., graph., phot., tabl., bibl.  
U.N.E.S.C.O. Ecologie et conservation, 5.  
Organisé en collaboration avec le gouvernement suédois et en consultation  
avec la F.A.O. et l'O.M.M.  
(Texte et résumés en anglais et français).

#### . Hydric balance

##### . Measure

-----

(349)

DAIAN (Jean-François).  
Etude "in situ" des transferts d'eau dans la zone non saturée :  
application à une méthode d'estimation du bilan hydrique.  
Grenoble, Université Scientifique et Médicale, 1971, 90 p., fig.,  
graph., phot., bibl.  
Thèse (Docteur Ingénieur). Université Scientifique et Médicale de  
Grenoble.

(350)

ROYER (J. M.) et VACHAUD (G.).

Détermination directe de l'évapotranspiration et de l'infiltration par mesure des teneurs en eau et des succions.

Dans Hydrological sciences bulletin, vol. 19, N° 3, Sept. 1974, p. 319-336, fig., graph., tabl.

(Résumés en français et anglais).

(351)

VACHAUD (G.), TEHEL (J.) et BOLCATO (R.).

Station de mesure automatique du bilan hydrique in situ.

Dans Bulletin du B.R.G.M., 2ème sér., sect. III, Hydrogéologie, N° 2, 1974, p. 145-226, fig., graph., tabl., bibl.

. Estimation  
-----

(352)

FRANCE. Ministère de la Coopération. Direction de l'Aide au Développement.

FOREST (F.). - Bilan hydrique efficace et prospective décadaire des besoins en eau des cultures pluviales en zone soudano-sahélienne. Cahier pédagogique et cahiers opérationnels : Haute-Volta, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Tchad.

(353)

INSTITUTE FOR LAND AND WATER MANAGEMENT RESEARCH.

KASTANEK (F.). - Calculation of vertical moisture flow in a soil body during evaporation, infiltration and redistribution.

Wageningen, The Netherlands, I.L.R.I., 1973, p. /49-58/, fig., graph., tabl., bibl.

I.L.W.M.R. Technical bulletin N° 86.

Extrait de Ecological studies. Analysis and synthesis, vol. 4, edited by A. Hadas et al.

. Frequential estimation of hydric supply conditions for  
rained and irrigated cultivation. Frequential analysis  
-----

(355)

DELEGATION GENERALE A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

Comité Equilibre et Lutte Biologique. Groupe de Travail Méthodologie.

FRANQUIN (P.). - La caractérisation fréquentielle du milieu agro-écoclimatique.

Paris, D.G.R.S.T., 1976, 32 p., graph., tabl.

Note 12.

(354)

FRANQUIN (P.).

Analyse agroclimatique en régions tropicales. Méthodes des intersections et période fréquentielle de végétation.

Dans l'Agronomie tropicale, XXVIII, N° 6-7, juin-juillet 1973, p. 665-682, graph., bibl.

(Résumés en français, anglais et espagnol).

(356)

FRANQUIN (P.).

La climatologie fréquentielle en agriculture tropicale.

Extrait de Techniques et développement, N° 5, jan. 1973, p. 6-15,  
graph., phot., tabl., bibl.. Hydric balance simulation

(357)

KEULEN (H. van).

Simulation of water use and herbage growth in arid regions.

Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation,  
1975, 175 p., fig., graph., tabl., bibl.

Simulation monographs.

(358)

MAKKINK (G. F.) and HEEMST (H. D. J. van).

Simulation of the water balance of arable land and pastures.

Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation,  
1975, 79 p., fig., graph., tabl., bibl.

Simulation monographs.

(359)

Un Modèle informatique de bilan hydrique pour régions agroclimatiques.

Dans Bulletin de liaison du C.I.E.H., N° 21, mai 1975, p. 17-23,  
graph., tabl.(Disponible aussi en anglais sous le titre : A computer model of  
water balance for agroclimatic regions).. Water resources management in agriculture. Rained cultivation  
-----

(360)

Contribution à l'étude de l'ajustement des cultures pluviales au  
régime des pluies.

Dans Bulletin de liaison du C.I.E.H., N° 16, fév. 1974, p. 2-4, fig.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Contribution to the  
study of adjusting pluvial agriculture to the rain regime).

(365)

GANRY (F.).

Le problème de la date de semis du mil en zone tropicale.

Dans Sols africains, XVII, N° 1, 1973, p. 59-63, graph., tabl., bibl.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : The date problem for  
the sowing of millet (Pennisetum Typhoids) in the tropical zone).

(361)

SENEGAL. Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.  
DANCETTE (C.). - Comment adapter les cultures à l'aridité du milieu  
et améliorer ce milieu ?  
Bambey, C.N.R.A., Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, 1974,  
22 p., cartes, graph., tabl., bibl.

(362)

SENEGAL. Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.  
DANCETTE (C.) /et/ NICOU (R.). - Economie de l'eau dans les sols  
sableux du Sénégal.  
Bambey, C.N.R.A./I.R.A.T., 1974, 19 p., graph., tabl., bibl.

(363)

SENEGAL. Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.  
DANCETTE (C.) /et autres/. - Pour une meilleure rentabilisation  
agricole des ressources pluviales, dans les sols sableux d'Afrique  
tropicale sèche.  
Bambey, Centre National de la Recherche Agronomique de Bambey,  
I.R.A.T., 1974, 18 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

(364)

SENEGAL. Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.  
DANCETTE (C.). - Cartes d'adaptation à la saison des pluies des mils  
à cycle court, dans la moitié nord du Sénégal.  
Bambey, C.N.R.A., Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, 1975,  
/18/ p., cartes, graph., tabl., bibl.

#### . Irrigated cultivation

-----

(366)

COMMISSION INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE.  
Mesures essentielles pour l'introduction et la mise en valeur des  
projets d'irrigation et de drainage dans les pays en cours de  
développement. Compte rendu/Essential measures for introduction and  
development of irrigation and drainage schemes in developing countries.  
Proceedings. Session spéciale, Varna (Bulgaria) 1972.  
New Delhi, C.I.I.D., 1972, 180 p., cartes, fig., graph., tabl.  
(En français ou en anglais).

(367)

UNIVERSITY OF ARIZONA.  
FOGEL (Martin M.), DUCKSTEIN (Lucien) and KISIEL (Chester C.). -  
Optimum control of irrigation water application.  
Tucson, Ariz., University of Arizona, Department of Watershed  
Management, 1973, 16 p., bibl.

3.4. - SOCIO-ECONOMIC DATA

(368)  
 CALDWELL (John C.) dir., with the collaboration of N. O. ADDO /et al/.  
 Population growth and socio-economic change in West Africa.  
 New York, Columbia University Press, 1975, 763 p., cartes, fig.,  
 tabl., réf.  
 Published for the Population Council.

(370)  
 COUJARD (Jean-Louis).

Note sur l'importance des systèmes de production dans la croissance  
 des exploitations agricoles.  
 Dans Bulletin de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des  
 Industries Alimentaires de Nancy, tome XV, fasc. I-II, 1973, p. 41-46,  
 graph.

(371)  
 DEVRED (R. F. E.).

Problèmes humains et psycho-sociologiques du développement rural.  
 Dans Journal de l'Association pour l'Avancement en Afrique des  
 Sciences de l'Agriculture, vol. 1, N° 1, août 1971, p. 14-18.  
 (Disponible aussi en anglais sous le titre : Human problems and  
 the psycho-sociology of rural development).

(372)  
 F.A.O.

Aspects économiques, financiers et budgétaires du développement  
 de l'utilisation des engrais.  
 Rome, F.A.O., 1974, 20 p., graph.  
 F.A.O. Programme engrais 3.

(369)  
 OVERSEAS LIAISON COMMITTEE.

CALDWELL (John. C.). - Development from below/ The Sahelian drought  
 and its demographic implications.  
 /Washington/, American Council on Education, 1975, 88 p., cartes,  
 tabl., réf.  
 OLC Paper N° 8.

## 4. PROJECTS

### 4.1. - HYDRAULIC WORKS

#### 4.1.1. Dams

(378)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES/ECOLE INTER-ETATS DES INGENIEURS DE L'EQUIPEMENT RURAL.

La dissipation de l'énergie à l'aval des petits barrages. Extrait de "Design of small dams" avec l'autorisation du U.S. Bureau of Reclamation. Traduit de l'anglais par C. Michel et H. Lomoine. Ouagadougou, C.I.E.H./E.I.E.R., 1971, 36 p., dess., fig., graph., tabl.

Coll. : C.I.E.H. Série Techniques de l'eau.

(374)

COTE D'IVOIRE. Ministère de la Production Animale/BUREAU NATIONAL D'ETUDES TECHNIQUES DE DEVELOPPEMENT.

Etude de possibilités de petits barrages dans le ranch oriental. Abidjan, B.N.E.T.D., 1969, /p. m./, carte.

(375)

COTE D'IVOIRE. Ministère de l'Agriculture/BUREAU NATIONAL D'ETUDES TECHNIQUES DE DEVELOPPEMENT.

Etudes de petite hydraulique (projet de 200 barrages). Programme des études.

Abidjan, B.N.E.T.D., /s. d./, 26 p.

(376)

ELECTRICITE ET GAZ D'ALGERIE. Direction de l'Equipement Electrique. Service des Etudes Générales et Recherches.

DUQUENNOIS (H.). - Lutte contre la sédimentation des barrages réservoirs. Compte rendu.

/Alger/, cartes, graph., tabl., annexes h-t.

Dépouillement. N° 1 (manque). N° 2. Août 1955. N° 3. Année 1955-1956.

(377)

ETATS UNIS. Bureau of Reclamation.

Design of small dams.

/Washington, U.S. Govt. Print. Off./, 1960, xxviii, 611 p., cartes, diagr., fig., graph., phot., tabl., bibl., 1st ed.

/Washington, U.S. Govt. Print. Off./, 1973, xxxviii, 816 p., cartes, fig., graph., phot., tabl., bibl., 2nd ed.

(388)

F.A.O./PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT.

SORDILLET (R.), POST (G.) et HLAVEK (R. J.). - Rapport au gouvernement de la Haute-Volta sur l'étude critique des petits barrages en terre.

Rome, F.A.O., 1967, 149 p., cartes, fig., graph.

F.A.O. N° AT. 2429.

(384)

FRANCE. Ministère de la Coopération. Direction du Génie Rural. Service Central de l'Hydraulique.

MEGARD (J.) /et/ MORVANT (G.). - Etude systématique de déversoirs en béton et de digues déversantes revêtues d'un perré au mastic bitumeux.

Grenoble, S.O.G.E.T.H.A., /s. d./, 52 p., fig., graph., phot.

(386)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture Direction de l'Aménagement. Groupe de Travail Permanent pour les Barrages en Aménagement Rural. /ROLLEY (R.) et autres/. - Technique des barrages en aménagement rural.

/s. 1., 1977/, 325 p., ill., tabl., bibl.

(387)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères Chargé de la Coopération/C.I.E.H./SOCIETE GENERALE DES TECHNIQUES HYDRO-AGRICOLES/.

Les petits barrages en terre.

/Paris/, 1968, 241 p., cartes, dess., phot., bibl.

Techniques rurales en Afrique, 8.

Coll. : C.I.E.H. Techniques de l'Eau 1968.

(379)

GRESILLON (J. M.).

Quelques problèmes posés par la réalisation et l'entretien des petits barrages en terre en Afrique Occidentale.

Dans Bulletin de liaison du C.I.E.H., N° 23, nov. 1975, p. 2-17, fig., graph., phot.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Some problems presented by the construction and maintenance of small earth dams in West Africa.

(380)

GRESILLON (J. M.).

Barrages en terre.

Ouagadougou, E.I.E.R., 1975, 158 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

(381)

GRESILLON (J. M.) et HERTER (P.).

Etude schématique de laminage des crues sur les petites retenues d'Afrique de l'Ouest.

/Ouagadougou/, Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural, 1976, 8, /4/ p., fig., graph.

(373)

GOVERNEMENT GENERAL DE L'A.O.F. Direction Générale des Services Economiques. Inspection Générale de l'Agriculture. Division du Génie Rural.

Etablissement de barrages en terre en région soudanienne.

/s. 1./, 1950, 35 p., fig., tabl.

A.O.F. Division du Génie Rural. Note technique N° 2.

(382)

HAUTE-VOLTA. Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural/  
COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES.  
Repérage par cercle des barrages de la C.C.E/H.E.R. sur cartes au  
1/200.00.  
Ouagadougou, 1972, 3 p.

(383)

SERVICE DE L'HYDRAULIQUE DE L'A.O.F.  
/LEMOINE (J.)/. - Etudes de barrages en terre dans le Gourma (Soudan).  
/Neuilly-sur-Seine/, BURGEAP, 1955, 95, /5/ p., cartes pliées h-t.  
dans pochette, cartes, fig., graph., tabl.  
BURGEAP R 191, sept. 55.

(385)

QUELENNEC (G.), SIMONKOVICH (E) et OVAZZA (M.).  
Recherche d'un type de déversoir de barrage défavorable à  
l'implantation de Simulium damnosum (Diptera, Simuliidae).  
Extrait du Bulletin de l'Organisation Mondiale de la Santé, 1968,  
t. 38, p. 943-956, fig., phot.  
L'aménagement d'un barrage expérimental en Haute-Volta a permis  
aux auteurs d'étudier le type de barrage moins propice à des larves  
de simulies (vecteur de l'enchocercose humaine).

(389)

Utilisation de la terre armée dans la construction des barrages.  
Dans Bulletin de liaison du C.I.E.H., N° 19, nov. 1974, p. 13-17,  
fig., phot.  
(Disponible aussi en anglais sous le titre : Reinforced earth  
utilisation in dam building.)

#### 4.1.2 Wells and drillings

(390)

HAUTE-VOLTA.  
BURGEAP.  
Hydraulique humaine urgence Sahel 1974. Création de points d'eau  
dans 26 centres du nord de la Haute-Volta.  
/s. 1./, 1975, 23 fasc.  
Dépouillement. 1. Gorom Gorom. - 2. Tougouri. - 3. Pissila. - 4. Yako.  
- 5. Djibo. - 6. Gourcy. - 7. Sebba. - Falagountou. - 9. Markoy.  
- 10. Boussouma. - 11. Mané. - 12. Kiembara. - 13. Tougan. - 14.  
Kassoum. - 15. Djibasso. - 16. Thiou. - 17. Tikaré. - 18. Coala.  
- 19. Bokim-Tema. - 20. Titao. - 21. Koumbri. - 22. Kongoussi.  
- 23. Sèguénéga. - 24. Barsalogo. - 25. Bogandé. - 26. Aribinda.  
- Notice de synthèse.

(392)

NIGER. Ministère des Travaux Publics/COMMUNAUTE ECONOMIQUE  
EUROPEENNE/FONDS EUROPEEN DE DEVELOPPEMENT.  
NEDECO [et autres]. - Etablissement d'un programme d'hydraulique  
au Niger. Construction de puits.  
/Niamey ?/, 1965, 3 part., cartes, fig., graph., tabl.  
Dépouillement. - 1e part. Rapport. - 2e part. Liste de priorité.  
- 3e part. Annexe cartographique.



SAUTI, Ingénieurs Conseils. (393)  
 Marché N° 5/67 G.R.H.A. : Construction, finition, aménagement, équipement pour l'hydraulique rurale de 165 puits dans les zones ouest, centrale et est du Tchad. Marché N° 5/72 G.R.H.A. : Pour la terminaison partielle du projet de 165 puits dans les Préfectures du Ouaddai, du Batha et de la Sous-Préfecture du Bousso. Rapport final. /s. 1./, 1975, 4 fasc., cartes, graph., tabl.

TCHAD/BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES. (391)  
 GAGNIERE (G.).- Rapport de fin de mission campagne des 116 forages FEDOM.  
 Paris, /1964/, 127 p., graph., carte, fig., graph.  
 LAM 64. A89.

TCHAD. Direction du Génie Rural et de l'Hydraulique Agricole. /Service Technique/. (395)  
 Construction de puits dans le centre-est tchadien. Rédigé par le Service Technique du Génie Rural après exécution de l'opération par l'équipe d'intervention du B.D.P.A. Travaux de construction à caractère expérimental sur le plan technique. Résultats acquis sur le plan social et économique.  
 Annexes : p. /49-62/.

Sondages, Injections, Forages. (394)  
 Forages d'eau et de puits.  
 Dakar, /1963 ? s. p./, tabl.  
 Inventaire des ouvrages construits en Afrique Occidentale et Equatoriale.

#### 4.2. PUMPING TECHNIQUES

BREMOND (René). (396)  
 Quelques considérations techniques intervenant dans le choix des groupes de pompage d'exploitation d'eau souterraine.  
 Paris, C.I.E.H., 1961, 7 p.  
 Coll. : C.I.E.H. Techniques de l'eau 1961.

BREMONT et MARIE (J.). (402)  
 Etude d'une éolienne de type "Savonius" pour les pays à faible développement technologique de la zone tropicale et intertropicale.  
 Dans Machinisme Agricole Tropical N° 57, p. 49-60, ill.

DEKKER (A. H.). (399)  
 Performance characteristics of some sail and steel-blade windrotors.  
 Amersfoort, Steering Committee for Windenergy in Developing Countries, 1977, 60 p., ill., phot.

(400)

DUPUIS (J.) et HLAVEK (R.).

L'utilisation de l'énergie éolienne pour l'énergie de l'eau.

3. Bilan d'exploitation des éoliennes de la région de Gao (Mali).

/Ouagadougou/, C.I.E.H., 1971, 40 p., 1 tabl.

Rapport préparé à C.E.R.A.F.E.R., Antony, France, décembre 1969.

Coll. : C.I.E.H. Sér. Techniques de l'eau.

Les fascicules N° 1 et N° 2 n'existent pas.

(398)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES. Bureau Technique/BUREAU CENTRAL D'ETUDES POUR LES EQUIPEMENTS d'OUTRE-MER.

Etude et recherche de matériels d'exhaure pour l'Afrique de l'Ouest. Paris, 1964, p. v., dess., graph., phot., tabl.

Etude réalisée ... avec la participation de la SER-Renault Engineering et financée par le Ministère de la Coopération.

Enquête effectuée dans les états suivants : Républiques du Sénégal, de la Mauritanie, de la Côte d'Ivoire, de la Haute-Volta, du Dahomey, du Niger et du Tchad.

Coll. : C.I.E.H. Techniques de l'eau 1964.

(401)

ETATS UNIS. National Academy of Sciences.

L'énergie et le développement rural. Ressources renouvelables et options techniques pour les pays en développement.

Washington, D.C., 1977, 333 p., ill., bibl.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Energy for rural development ; renewable resources and alternatives technologies for developing countries).

(408)

FRANCE. Ministère de la Coopération/SOCIETE D'ECONOMIE ET DE MATHEMATIQUES APPLIQUEES.

Energies nouvelles et développement.

Montrouge, France, S.E.M.A., 1978, 63 p., ill., bibl.

Technologies et Développement N° 2.

(404)

International Workshop held on Hand Pumps for Water Supply.

Voorburg, The Hague, The Netherlands, 12-16 July 1976. Report.

The Hague, The Netherlands, 1977, 30 p., phot.

W.H.O. IRC bulletin N° 8.

(405)

JANSEN (W. A. M.) and SMULDERS (P. T.).

Rotors design for horizontal axis windmills.

Amersfoort, The Netherlands, Steering Committee for Windenergy in Developing Countries, 1977, 52 p., ill., tabl.

Publication SWD-77-1.

(406)

LE GOURIERES (D.).

Conception et calcul des installations de pompage utilisant des rotors savonius.

Dans Compte rendu des Journées Techniques de la Neuvième Réunion du Conseil du C.I.E.H., Lomé (Togo), 8-16 février 1978, p. 275-288, fig.

(407)

## LIBRARY OF CONGRESS

NISKERN (Diana). - Solar energy.

Washington, Reference Section, Science and Technology Division,  
Library of Congress, 1973, 6 p., bibl.

Science tracer bullet.

(403)

## NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE.

HUNDEMANN (Audrey S.). - Solar water pumps. Citations from the  
Engineering index data base. 1970 - November 1977.

Springfield, Va., N.T.I.S., 1977, 31 p., bibl.

(397)

## SENEGAL. Ministère de l'Energie et de l'Hydraulique.

BREMONT (R.). - Rapport d'interprétation des résultats obtenus au  
Centre Expérimental des Eoliennes de Louga (Sénégal).

Paris, B.C.E.O.M., 1964, 21 p., fig., tabl.

Coll. : C.I.E.H. Techniques de l'eau 1964.

(409)

## S.O.F.R.E.T.E.S.

Rapport technique sur l'utilisation de l'énergie solaire.

Montargis, S.O.F.R.E.T.E.S., /s. d./, 48 p., fig., graph., phot.,  
tabl.

(410)

## FRANCE. Ministère de la Coopération/S.O.G.R.E.A.H.

Les pompes et les petites stations de pompage.

Paris, Min. Coop., 1974, 190 p., fig., graph., tabl., bibl.

Coll. : Techniques rurales en Afrique.

(411)

L'utilisation de l'énergie solaire pour les pompages d'eau dans  
les régions arides ou semi-arides. Les applications en Afrique de  
l'Ouest et du Nord.

Extrait d'Industries et travaux d'outre-mer, p. 464-467, fig., phot.

(412)

## WATT (S. B.).

Les méthodes d'approche pour le pompage de l'eau en Afrique de  
l'Ouest.Dans Séminaire F.A.O./D.A.N.I.D.A. sur le Développement de Petits  
Aménagements Hydro-Agricoles en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou,  
29 sept.-6 oct. 1975, 18 p., fig., graph., tabl., bibl.(Disponible aussi en anglais sous le titre : Approaches to water  
pumping in West Africa).

(413)

Wind energy : a bibliography with abstracts and keywords.

Eindhoven, University of Technology, 1975, 2 vols.

Dépouillement. Part 1. Alphabetical list. - Part 2. Keyword selection.

Supplément : Eindhoven, University of Technology, 1977, 2 vols.

Dépouillement. Part 3. Alphabetical list. - Part 4. Keyword selection.

### 4.3. IRRIGATION ENGINEERING AND EQUIPMENT

#### 4.3.1. Generalities

##### . Bibliography

(414)

ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE.  
Liste d'ouvrages, documents et articles divers traitant de sujets  
intéressant les irrigations, le drainage, la régularisation des cours  
d'eau et le contrôle des crues.  
Grenoble, 1963, 40 p.

##### . Technical handbooks

(415)

ECOLE INTER-ETATS D'INGENIEURS DE L'EQUIPEMENT RURAL.  
Cours d'irrigation.  
Ouagadougou, E.I.E.R., /s. d./, 2 vol., ill., tabl., bibl.  
Dépouillement. - vol 1. Titre 1 et 2 par Michel Jean. - vol. 2.  
Titre III. Les ouvrages nécessaires aux irrigations par René Rolley.

(416)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères. Direction de  
l'Aide au Développement.  
Aide-mémoire de terrain pour l'Adjoint Technique du Génie Rural.  
Travaux sur un périmètre d'irrigation.  
/s. 1./, 1971, 330 p., cartes, fig., graph., phot., tabl.

(417)

FRANCE. Ministère de la Coopération/SOCIETE CENTRALE POUR  
L'EQUIPEMENT DU TERRITOIRE INTERNATIONAL.  
Manuel de gestion des périmètres irrigués.  
/Paris ?/, S.C.E.T. International, 1977, 272 p., ill., tabl.  
Coll. : Techniques rurales en Afrique.

(418)

FRANCE. Ministère de la Coopération/SOCIETE GRENOBLOISE D'ETUDES ET  
D'APPLICATIONS HYDRAULIQUES.  
Manuel de l'Adjoint Technique du Génie Rural. Travaux sur un  
périmètre d'irrigation.  
/Grenoble ?/, 1974, 381 p., fig., graph., phot., tabl.  
Coll. : Techniques rurales en Afrique.

#### 4.3.2. Management techniques

(419)

BABINI (Osvaldo S.).  
Planning of small irrigation works.  
Dans Séminaire F.A.O./D.A.N.I.D.A. sur le Développement de Petits  
Aménagements Hydro-Agricoles en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou,  
29 sept.-6 oct. 1975, 7 p., fig.

(420)

COMMISSION INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE.  
 Eléments essentiels nécessaires à l'agriculture irriguée réussie.  
 Session Spéciale Tipton, Mexico City, 1969. Compte rendu/Essential  
 elements necessary for successful, irrigated agriculture. Proceedings.  
 New Delhi, C.I.I.D., /1969 ?/, 319 p., carte, fig., graph., phot.,  
 tabl.

En français ou en anglais.

(421)

DIA (Abdou).

Note technique sur les petits périmètres au Sénégal.  
 Dans Séminaire F.A.O./D.A.N.I.D.A. sur le Développement de Petits  
 Aménagements Hydro-Agricoles en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou,  
 29 sept.-6 oct. 1975, 9 p.

(424)

F.A.O.

Seminar on Measures to Accelerate Benefits from Water Development  
 Projects by Improved Irrigation, Drainage and Water Use at the Farm  
 Level, Quezon City/Manila, Philippines, 7-16 October 1970.  
 Rome, F.A.O., 1972, 342 p., cartes, fig., graph., tabl.  
 F.A.O. Irrigation and drainage paper, 12.

(422)

F.A.O.

HAGAN (Robert M.) /et autres/. - Savoir irriguer : préparation,  
 réalisation, exploitation.  
 Rome, F.A.O., 1968, 53 p., carte., dess., fig., graph., phot.

(423)

KAY (M. G.).

Methods of water demand estimation and water delivery on surface  
 irrigation systems.  
 /s. 1./, 1976, 5 p., Overseas Development Institute Workshop on  
 Choices in Irrigation Management, Canterbury, England, 27 Sept. -  
 1 Oct. 1976.

(425)

SENEGAL. Ministère du Développement Rural.

POULAIN (J.F.) /et autres/. - Etude comparée de systèmes d'exploitation  
 en culture irriguée.

/Dakar ?/, 1970, 21 p., fig., graph.

Projet pour le Développement de la Recherche Agronomique et de ses  
 Applications dans le Bassin du Fleuve Sénégal. P.N.U.D./F.A.O./O.E.R.S.  
 Microfiche O.M.V.S. N° 00866, sur 1 fiche.

(426)

SHALHEVET (J.) /et autres/.

Irrigation of field on orchard crops under semi-arid conditions.  
 Bet Dagan, Israel, International Irrigation Information Center,  
 1976, 110 p., carte, graph.,  
 I.I.I.C. publication N° 1.

. 4.3.3. Some irrigation processes. Surface irrigation

(430)

COMMISSION INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE.  
 Contrôle des pertes par infiltration des canaux d'irrigations.  
 Etude mondiale 1967.  
 New Delhi, 1967, 107 p., fig., graph., phot., tabl., réf.

(427)

ETATS UNIS. Department of the Interior. Bureau of Reclamation.  
 AISENBREY (A. J.) /et al/. - Design of small canal structures.  
 Denver, Col., U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation,  
 1974, 435 p., fig., graph., phot., tabl.  
 A water resources technical publication.

(431)

ETATS UNIS. Soil Conservation Service.  
 Irrigation. Chapter 4. Border irrigation.  
 /Washington, 1974/, /p. m./, fig., graph., tabl.  
 S.C.S. national engineering handbook, section 15.

(428)

F.A.O.  
 BOOHER (L. J.). - L'irrigation de surface.  
 Rome, F.A.O., 1974, 148 p., fig., tabl., bibl.  
 F.A.O. Progrès et mise en valeur - agriculture, N° 95.

(434)

FRANCE. Ministère de la Coopération.  
 S.O.C.R.E.A.H. - Irrigation gravitaire par canaux. Conception du  
 périmètre, étude des canaux et leurs revêtement.  
 /s. l., 1976/, 295, /1/ p., fig., graph., phot., tabl., bibl.  
 Coll. : Techniques rurales en Afrique.

(432)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères. Direction de  
 l'Aide au Développement.  
 Irrigation gravitaire par canaux. Conception du périmètre, étude  
 des canaux et leurs revêtements.  
 /Paris/, 1972, 391 p., fig., graph., phot., tabl., bibl.

(429)

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES  
 VIVRIERES.  
 CHILTZ (J. L.). - La détermination des paramètres de l'irrigation  
 gravitaire.  
 /s. l., 1965 ?/, 49 p., annexes, graph. (dont en dépliant), tabl.  
 Rapport d'un stage effectué au Centre des Expérimentations de  
 l'Office National des Irrigations (C.E.O.N.I.) du Maroc (1er mars -  
 5 mai 1965).

(433)

SENEGAL. Mission d'Aménagement du Fleuve Sénégal.  
Bassins de submersion améliorée entre Ouaoundé et Matam.  
St. Louis, 1954, 12 p., cartes, fig.  
Microfiche O.M.V.S. N° 02833, sur 1 fiche.

. Sprinkler irrigation

. Network development  
-----

(437)

ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE.  
Comité National Français de la Commission Internationale des  
Irrigations et du Drainage.  
Commission Internationale des Irrigations et du Drainage, 8ème  
Journées Européennes, Colloque d'Aix-en-Provence (France), 14-19 juin  
1971. Conception, étude, réalisation et exploitation des réseaux  
modernes de distribution d'eau d'irrigation par canalisation sous  
pression. Analyse des rapports particulier.  
Paris, 1971, 4 tomes.  
Dépouillement. N° 1. Conceptions générales des réseaux de distribution  
d'eau d'irrigation par Gilbert Manuellan. - N° 2. Méthodes de calcul  
des projets de réseaux de distribution d'eau d'irrigation sous pression,  
par René Clément. - N° 3. Matériels et matériaux employés, méthodes  
de mise en oeuvre dans la réalisation des réseaux de distribution  
d'eau d'irrigation par canalisations sous pression, par P. Lafont.  
- N° 4. Entretien, fonctionnement et exploitation des réseaux  
d'irrigation sous pression, par Henri Pommeret.

(435)

CENTRE D'ETUDES ET D'EXPERIMENTATION DU MACHINISME AGRICOLE TROPICAL.  
BAZIADOLY (J.). - Les nouvelles techniques d'irrigation par aspersion.  
Texte provisoire des dossiers des N° 54 et 55 de machinisme agricole  
tropical ; d'après les cours du Génie Rural enseigné à l'E.N.S.A.  
d'Abidjan.  
Antony, C.E.E.M.A.T., 1975, vols., fig., graph., tabl., bibl.

(438)

ETATS UNIS. Agency for International Development.  
HURD (Clarence J.). - Sprinkler irrigation guidebook.  
Washington, U.S.A.I.D., Office of War on Hunger, Agriculture and Rural  
Development Service, 1969, 103 p., fig., graph., phot., tabl.

(436)

F.A.O. Division de la Mise en Valeur des Terres et des Eaux. Service  
des Ressources en Eau et de leur Mise en Valeur.  
Irrigation automatisée. Commission Européenne d'Agriculture. Groupe  
de Travail de l'Hydraulique Agricole, Tel-Aviv, Israel, 1970.  
Rome, F.A.O., 1971, 103 p., fig., graph., phot.  
Bulletin d'irrigation et de drainage, 5.  
(Disponible aussi en anglais sous le titre : Automated irrigation,  
édité par la Commission Européenne d'Agriculture. Working Party on  
Water Resources and Irrigation. Tel Aviv, Israel, 1970).

. Irrigation processes and equipment  
-----

- Sprinklers

(439)

CENTRE D'ETUDES ET D'EXPERIMENTATION DU MACHINISME AGRICOLE TROPICAL.  
BAZIADOLY (J.). - Les nouvelles techniques d'irrigation par aspersion.  
Texte provisoire des dossiers des N° 54 et 55 de Machinisme agricole  
tropical ; d'après les cours de Génie Rural enseigné à l'E..N.S.A.  
d'Abidjan.  
Antony, (France), 1975, vols., fig., graph., tabl., bibl.

(440)

DECROP (Michel).  
Machinisme à arroser et capacité d'arrosage.  
Extrait de Coteaux Goscogne, janvier 1977, N° 40, p. 32-39, ill.,  
tabl.

(441)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture. Centre Technique du Génie Rural  
des Eaux et Forêts. Groupement d'Aix-en-Provence.  
Enquête sur les arroseurs automoteurs exposés au S.I.M.A. 1978.  
Le Tholonet, (France), 1978, 56 p., fig., tabl.  
C.T.G.R.E.F. Compte rendu N° 17.

- Pipes

(442)

ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE.  
Commission Internationale des Irrigations et du Drainage, 8ème Journées  
Européennes, Colloque d'Aix-en-Provence (France) du 14 au 19 juin 1971.  
Conception, étude, réalisation et exploitation des réseaux modernes  
de distribution d'eau d'irrigation par canalisation sous pression.  
Analyse des rapports particuliers.  
Paris, 1971, 4 tomes.  
Dépouillement. N° 1. Conceptions générales des réseaux de distribution  
d'eau d'irrigation, par Gilbert Manuellan. - N° 2. Méthodes de calcul  
des projets de réseaux de distribution d'eau d'irrigation sous pression,  
par René Clément. - N° 3. Matériels et matériaux employés, méthodes  
de mise en oeuvre dans la réalisation des réseaux de distribution  
d'eau d'irrigation par canalisations sous pression, par P. Lafont.

(443)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture. Centre Technique du Génie Rural  
des Eaux et Forêts. Groupement d'Aix-en-Provence.  
Tuyaux IRALU en alliage d'aluminium et accouplement rapide.  
Le Tholonet, (France), 1978, 15 p., fig., graph.  
Bulletin d'essais de matériel N° 19.



## - Drip

(444)

ABROL (I. P.) and DIXIT (S. P.).  
 Studies of the drip method of irrigation.  
 Extrait du Experimental Agriculture, (Nairobi), 8, 1972, p. 171-175,  
 tabl., réf.

(446)

F.A.O.  
 L'irrigation goutte à goutte, Commission Européenne d'Agriculture.  
 Groupe de Travail de l'Hydraulique Agricole, Bucarest, Roumanie, 1972.  
 Rome, F.A.O., 1973, 158 p., carte, fig., graph., phot., tabl., bibl.  
 Bulletin d'irrigation et de drainage, 14.

(445)

FRANCE. Ministère des Affaires Etrangères. Direction de l'Aide au  
 Développement/C.E.E.M.A.T. Section Technique.  
 Note sur l'irrigation au goutte à goutte.  
 Paris, 1974, 32, /2/ p., fig., graph., phot., tabl., bibl.  
 Microfiche SEDAGRI-76-004-C.N.R.S., sur 1 fiche.

(447)

ROLAND (Lionel).  
 Etude des techniques d'irrigation goutte à goutte y compris leur  
 application à l'irrigation avec diverses qualités d'eau.  
 /s. 1. 1971-1972/, 40 p., 31 fig., graph., tabl.  
 Rapport présenté par la France au Groupe de Travail de l'Hydraulique  
 Agricole de la Commission Européenne d'Agriculture (5ème Session à  
 Bucarest en juil. 1972).

4.4. - DRAINAGE4.4.1. Conception

(449)

F.A.O. Service des Ressources en Eau et de leur Mise en Valeur.  
 Division de la Mise en Valeur des Terres et des Eaux.  
 Drainage des sols lourds.  
 Actes du Groupe de Travail de l'Hydraulique Agricole de la Commission  
 Européennes d'Agriculture, Tel-Aviv, Israel, 1970.  
 Rome, F.A.O., 1971, 121 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.  
 Bulletin d'irrigation et de drainage, 6.

(451)

F.A.O.  
 DIELEMAN (P. J.) and TRAFFORD (B. D.). - Drainage testing.  
 Rome, F.A.O., 1976, 172 p., fig., graph., tabl., réf.  
 Irrigation and drainage paper, 28.

(448)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural/  
C.T.G.R.E.F. Division Drainage.  
ALLARD (Jean) /et/ CROS (Philippe). - Coefficient d'écoulement à  
surface libre dans les tuyaux de drainage et longueurs maximales des  
files de drains.  
Antony, (France), C.E.R.A.F.E.R., 1973, 26 p., fig., tabl., bibl.  
Bulletin technique de génie rural, N° 114.  
"... expérimentation ... sur l'écoulement à surface libre dans les  
tuyaux de drainage en P.V.C. annelés et lisses."

(450)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture/C.E.R.A.F.E.R. Division Assainissement -  
Irrigation.  
CROS (Philippe). - Contribution à la théorie du drainage des sols  
lourds.  
Antony, C.E.R.A.F.E.R., 1971, 27 p., fig., graph., bibl.  
Bulletin technique du génie rural N° 110.  
Relié avec Mesure de la conductivité hydraulique d'un sol par la  
méthode du rabattement de nappe en vue des calculs du drainage par  
Gaston Guyon.

(452)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture/C.E.R.A.F.E.R. Section de  
l'Hydraulique et de l'Electricité.  
GUYON (Gaston). - Le drainage des "nappes perchées".  
Antony, C.E.R.A.F.E.R., 1970, 51 p., fig., graph., tabl., bibl.  
Bulletin technique du génie rural, N° 102.  
Relié avec Aptitude des terrains à recevoir un drainage - taupe par  
A. Feodoroff.

(453)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture. Division Hydraulique Souterraine,  
Drainage.  
GUYON (Gaston). - Les formules du drainage. Détermination de la hauteur  
équivalente à partir de modèles analogiques.  
Antoni, C.T.G.R.E.F., 1976, 35 p., graph., tabl., bibl.  
Bulletin technique du génie rural, N° 118.

(454)

FRANCE. Ministère de l'Agriculture/C.E.R.A.F.E.R. Section de  
l'Hydraulique et de l'Electricité.  
FEODOROFF (A.). - Aptitude des terrains à drainage - taupe.  
Antony, C.E.R.A.F.E.R., 1970, 12 p., graph., tabl., bibl.  
Bulletin technique du génie rural, N° 102.  
Relié avec Le drainage des "nappes perchées" par Gaston Guyon.

#### 4.4.2. Realization

(457)

ETATS UNIS. Soil Conservation Service.  
Maintaining subsurface drains.  
Washington, D.C., Govt. Print. Off., 1972, 7 p., fig., phot.  
Department of Agriculture. Leaflet N° 557.

(455)

F.A.O.

Machines de drainage souterrain. - Commission Européenne d'Agriculture. Groupe de Travail de l'Hydraulique Agricole, Bucarest, Roumanie, 1972.

Rome, F.A.O., 1973, 130 p., carte, fig., graph., phot., tabl.

Bulletin d'irrigation et de drainage, 15.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Drainage machinery, édité par la Commission Européenne d'Agriculture. Working Party on Water Resources and Irrigation, Bucharest, Romania, 1972).

(456)

F.A.O. Service des Ressources en Eau et le leur Mise en Valeur. Division de la Mise en Valeur des Terres et des Eaux.

Matériaux de drainage. - Commission Européenne d'Agriculture. Groupe de Travail de l'Hydraulique Agricole, Tel-Aviv, Israel, 1970.

Rome, F.A.O., 1972, 132 p., fig., graph., tabl., bibl.

Bulletin d'irrigation et de drainage, 9.

#### 4.5. - WATER AND SOIL SALINITY PROBLEMS

##### 4.5.1. Generalities

(458)

COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS.

Salt tolerance of various plant species (1972-1969).

Harpندن, England, /Farnham Royal/, Commonwealth Agricultural Bureaux, /1973/, 20 p., bibl.

Annotated bibliography, N° 1571.

(459)

F.A.O./U.N.E.S.C.O.

Irrigation, drainage and salinity. An international source book.

/London/, Hutchinson, /1973/, 510 p., fig., graph., tabl., bibl.

(460)

F.A.O. Service des Ressources en Eau et de leur Mise en Valeur.

Division de la Mise en Valeur des Terres et des Eaux.

La salinité, Séminaire de Bagdad. - Séminaire Régional sur les Méthodes d'Amélioration des Sols Engorgés et Salins, Bagdad, Irak, 5-14 décembre 1970.

Rome, F.A.O., 1972, 272 p., fig., graph., tabl.

Bulletin d'irrigation et de drainage, 7.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Salinity Seminar, Bagdad).

##### 4.5.2. Agricultural use of salted waters

(461)

BRUNET-MORET (Y.).

Mesures de salinité dans le fleuve Casamance.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrologie, vol. VI, N° 1, 1969, p. 3-16, tabl.

(464)

KROUS (Elwyn S.) et al.  
Desalting saline water for irrigation ; a case study, Coachella area, California.  
Extrait de Water Resources Bulletin, vol. 7, N° 4, Aug. 1971, p. 810-822, carte, fig., graph., tabl., réf.

(465)

MAS (A.).  
Utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation.  
St. Louis, 1956, 14 p.  
MAS Bulletin, N° 57, fév., 1956.  
Microfiche O.M.V.S. N° 00051, sur 1 fiche.

(462)

NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE.  
CASEY (Hugh H.). - Salinity problems in arid lands irrigation : a literature review and selected bibliography.  
Tucson, Ariz., University of Arizona, 1972, 300 p.  
NTIS PB-214172.

(463)

TUNISIE.  
Centre de Recherche sur l'Utilisation de l'Eau Salée en Irrigation.  
/Tunis ? s. d./, 16 p., phot.  
SEENDRE/DES RS PEN. AGRI 3 S1.

#### 4.5.3. Improvement of saline soils

(466)

AUBERT (G.).  
Salt affected soils of Africa.  
I.S.S.S. Commission I, IV, V and VI. Meeting on Savannah Soils of Africa and their Management, Meridian Hotel, Tema, Ghana, Nov. 24-26, 1975. Paper N° 6.  
/s. l., 1975/, 6 p.  
Résumés en français et en anglais.

(467)

BEYE GORA.  
Une méthode simple de dessalement des sols de tanne de Casamance : le paillage.  
Dans l'Agronomie tropicale, XXVIII, N° 5, mai 1973, p. 537-549, tabl. Bibl.  
Résumés en français, anglais et espagnol.

(468)

F.A.O. Service des Ressources en Eau et de leur Mise en Valeur.  
Division de la Mise en Valeur des Terres et des Eaux.  
Drainage des sols salins. - Commission Européenne d'Agriculture. Actes du Groupe de Travail de l'Hydraulique Agricole, Bucarest, Roumanie, 1972.  
Rome, F.A.O., 1973, 86 p., cartes, fig., graph., phot., tabl., bibl.  
Bulletin d'irrigation et de drainage, 16.

(469)

ETATS UNIS. Department of Agriculture. Salinity Laboratory.  
 Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, /by/ United  
 States Salinity Laboratory Staff.  
 Washington, Supt. of Docs., U.S. Govt. Print. Off., 1954, 160 p.  
 Coll. : Etats Unis. Department of Agriculture. Agriculture handbook,  
 N° 60.

(470)

GAUCHER, GILBERT et BURDIN (Sylvie).  
 Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés.  
 Paris, Presses Universitaires de France, /1974 ?/, 230 p., cartes,  
 fig., graph., phot. en coul., tabl., bibl.  
 Techniques vivantes.  
 Contribution aux techniques d'amélioration des terrains salés.

#### 4.6. - HYDRO-AGRICULTURAL DEVELOPMENTS

##### 4.6.1. Development conception

(471)

ALBERTSON (Maurice L.).  
 Integrated approach to irrigated agriculture. Presented to the  
 Seminar on Prospects for Irrigation in Africa, International Institute  
 for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 24 October 1972.  
 Fort Collins, Col. Colorado State University, Agriculture Engineering  
 Department, 1972, 28 p., fig., tabl., bibl.

(472)

CAMPBELL (Michael D.) and LEHR (Jay H.).  
 Rural water systems planning and engineering guide.  
 Washington, D.C., Commission on Rural Water, 1973, 150 p.

(473)

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES.  
 Les aménagements de bas-fonds en zone soudano-sahélienne.  
 Dans Séminaire F.A.O./D.A.N.I.D.A. sur le Développement de Petits  
 Aménagements Hydro-Agricoles en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou,  
 29 sept.-6 oct. 1975, 15 p., fig.

(474)

GILLET (N.).  
 Caractérisation et mise en valeur des petites vallées ou bas-fonds  
 pour l'agriculture irriguée.  
 Dans l'Agronomie tropicale, XXVIII, N° 11, nov. 1973, p. 1089-1093.  
 Riziculture de bas-fond sans aménagement hydraulique au Dahomey ;  
 riziculture de bas-fond avec aménagement hydraulique en Côte d'Ivoire ;  
 petits barrages en terre sur le plateau Mossi, en Haute-Volta.  
 Experiences de l'I.R.A.T.

(475)

HART (William E.).  
 Irrigation engineering. Presented at the Seminar on "Prospects for  
 Irrigation in West Africa" sponsored by the Ford Foundations, I.R.A.T.,  
 and the International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan,  
 Nigeria, October 23-27, 1972.  
 Fort Collins, Col. Agriculture Engineering Department, 1972, 175 p.,  
 cartes, fig., graph., tabl., bibl.

(476)

MATON (Guy).

L'irrigation, facteur de survie du Sahel.

Dans Revue Juridique, Indépendance et Coopération, tome 30, N° 4, déc. 1976, p. 435-441.

(477)

Séminaire F.A.O./D.A.N.I.D.A. sur le Développement de Petits Aménagements Hydro-Agricoles en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou, 29 sept.-6 oct. 1975.

Ouagadougou, 1975, cartes, fig., graph., phot., tabl., bibl.

En français ou en anglais.

4.6.2. Some types of planned or implemented developments

(478)

ARGOULON (J.).

Les surfaces potentielles pour le développement de la grande irrigation dans la vallée supérieure du Niger.

Dans l'Agronomie tropicale, XXIX, N° 5, mai 1974, p. 627-650, carte, graph., tabl.

(479)

COMITE PERMANENT INTER ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL. Club des Amis du Sahel. Equipe des Cultures Sèches.

Note de synthèse Groupe Terres Neuves - Les terres neuves dans les pays du Sahel (Sénégal, Mali, Haute-Volta, Niger, Tchad, Mauritanie, Gambie, Capt Vert) - liste des projets et programmes régionaux.

/s. 1./, 1977, 9 parties.

Dépouillement. - Rapport général. - Sénégal. - Mali. - Haute-Volta. - Niger. - Tchad. - Mauritanie. - Gambie. - Capt Vert.

Dossier incomplet.

(485)

FONDS SPECIAL DES NATIONS UNIES/F.A.O.

SUPINO (G.) /et autres/. - Etude hydro-agricole de la vallée du Sénégal. Etude sur modèle. Rapport de la mission préliminaire.

Rome, F.A.O., 1965, 39 p., carte, tabl.

Microfiche F.A.O. N° 61536, sur 1 fiche.

Microfiche O.M.V.S. N° 01001, sur 1 fiche.

(483)

HAUTE-VOLTA. Ministère du Développement Rural. Direction de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural.

Réunion des Responsables des Services Nationaux de l'Hydraulique des Pays Membres de C.I.L.S.S. Nouakchott, 26-28 janvier 1977.

Aménagements des bas-fonds rizicoles en Haute-Volta. Note.

Ouagadougou, 1977, 18 p., 2 ill.

(480)

MALI. Ministère de la Production. Direction Nationale du Génie Rural.

DIALLO (Djénéfla). - Les petits aménagements hydro-agricoles au Mali.

Dans Séminaire F.A.O./D.A.N.I.D.A. sur le Développement de Petits Aménagements Hydro-Agricoles en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou, 29 sept.-6 oct. 1975, 4 p.

(484)

/ROSTAGNI (J.)/.

Etude hydroagricole de la Vallée du Fleuve Sénégal. Casier pilotes-terrassements mécaniques.

Saint-Louis, /F.A.O./, 1967, 22 p., annexes, tabl.

Microfiche F.A.O. N° 00381, sur 1 fiche.

(482)

SENEGAL. Organisation de la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal. Haut Commissariat.

Aménagements hydroagricoles dans le bassin du Sénégal. Rythmes de développement et modulation des crues.

/Dakar/, 1977, 149 p., annexes, tabl.

(481)

SOUDAN. Travaux Publics de la Républisue Soudanaise.

GUILLAUME (M.).- Rapport d'une mission d'études des aménagements hydroagricoles dans la vallée du Niger et de leurs possibilités d'extension. Tome 1.

/St. Louis, 1959/; 158, /4/ p., tabl.

Mission d'étude et d'aménagement du Niger. Etudes d'agronomie (1958-1959).

Microfiche O.M.V.S. N° 04635, sur 3 fiches.

#### 4.7. - FORESTS AND PASTURES DEVELOPMENTS

##### 4.7.1. Environment potentialities

##### . Resources evaluation

(486)

CAZABAT (Charles).

The search for a cartographic methodology applicable to the Sahelian pasturelands.

Dans Proceedings of the International Seminar on Evaluation and Mapping of Tropical African Rangelands, held in Bamako, 3-8 March 1975, p. 345-348, bibl.

(489)

CENTRE D'ETUDES PHYTOSOCIOLOGIQUES ET ECOLOGIQUES. MONTPELLIER.

GODRON (Michel) /et autres/, sous la direction de L. Emberger.

Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu.

Principes et transcription sur cartes perforées.

Paris, Editions de C.N.R.S., 1968, 292 p., fig., graph., tabl., bibl.

(487)

COOLEY (M. E.) and TURNER (R. M.).

Applications of ERTS products in range and water management problems ; Sahelian zone ; Mali, Upper Volta and Niger.

/Denver, Col./, U.S. Geological Survey, 1975, 68 p., cartes, fig., phot., tabl., réf.

Project report (IR) WA-4. West Africa investigations.

Prepared for the Office of Science and Technology, A.I.D., U.S. Dept. of State.

(490)

HODGSON (Ralph E.).

The Sub-Sahara African rangeland resource.

Dans Proceedings of the International Seminar on the Evaluation and Mapping of Tropical African Rangelands, held in Bamako, 3-8 March, 1975, p. 19-20.

(488)

F.A.O.

Carte des aptitudes et de potentialités à la culture et au pâturage des sols du Sahel.

/s. l./, F.A.O./A.G.L.S., 1975, 1 carte (imprimée en bleu) 100 x 41 cm. /Texte/, 22 p., tabl.

Etude technique à usage interne.

(491)

LONG (Gilbert). Avec la collaboration de Ph. Daget /et autres/.

Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire.

Paris, Masson et Cie., 1974, 2 tomes, cartes, fig., graph., phot., tabl., bibl.

Collection d'écologie, 4, 5.

Dépouillement. T. 1. Principes généraux et méthodes. Recueil, analyse, traitement et expression cartographique de l'information. - T. 2.

Application du diagnostic phyto-écologique, examen de cas concrets.

(492)

MAC LEOD (N. H.).

La télédétection au service des recherches écologiques et de la formation au Sahel.

Dans Programme sur l'Homme et la Biosphère. Le Sahel ... 1974, p. 19-20.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Remote sensing potentials for ecological research and training in the Sahel).

(493)

POULTON (Charles E.) and ROHDE (Wayne G.).

Classification of natural vegetation and evaluation of range quality. Remote sensing applied to specific sahelian resources problems.

Dans Earth Satellite Corporation : Remote sensing applications to resources management problems in the Sahel, 1974, p. 191-206., bibl.

#### . Agroclimatic conditions and transhumance productivity

(494)

DIARRA (L.) and BREMAN (H.).

Influence of rainfall on the productivity of grasslands.

Dans Proceedings of the International Seminar on Evaluation and Mapping of Tropical African Rangelands, held in Bamako, 3-8 March, 1975, p. 171-174, graph., bibl.

(495)

U.N.E.S.C.O.

GILLET (Hubert). - Rapport sur les conditions agroclimatologiques et pastorales dans la région du Sahel.

(Information Document 1 /de la/ Réunion Régionale sur la Recherche Ecologique Intégrée et la Formation dans la Région du Sahel. Niamey, 9-15 mars 1974), 30 p., annexe, graph., tabl., bibl.



#### 4.7.2. Transhumance development and animal production

##### . Generalities

(496)

BONNABAUD (R.).

Les problèmes posés par l'association agriculture-élevage.

/Dakar ?/, 1971, /41/ p., bibl.

Projet pour le Développement de la Recherche Agronomique et de ses Applications dans le Bassin du Sénégal.

(497)

BOUDET (G.) et GILLET (H.).

Les recherches à poursuivre et à entreprendre en vue de l'amélioration de l'économie pastorale du Sahel.

Dans Programme sur l'Homme et la Biosphère. Le Sahel ... 1974, p. 33-40, tabl., bibl.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : The improvement of pastoral economy in the Sahel : research trends).

(499)

FRANCE. Ministère de la Coopération. Société d'Etudes pour le Développement Economique et Social. Département Elevage.

GOUET (G.). - Recueil statistique de la production animale.

/Paris, Min. Coop., 1975/, 1201 p., cartes (dont pliées en coul.), tabl.

(498)

NATIONS UNIES. Bureau Spécial du Sahel.

Elevage : Aperçu de secteur aménagement des parcours et production animale dans la zone soudano-sahélienne.

/New York/, O.N.U., 1973, 72 p., bibl.

ST/SSO/10.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Livestock : Survey of the range recovery and animal production sector in the Sudano-Sahelian zone).

##### . Animal production and transhumance management

(500)

ABERCROMBIE (Frank D.).

Range development and management in Africa.

/Washington/, Office of Development Services, Bureau for Africa, Agency for International Development, 1974, 59 p., cartes en coul., graph., phot.

(502)

Conférence des Nations Unies sur la Désertification. Nairobi, décembre 1976.

Gestion du bétail et des terrains de parcours pour combattre la désertification dans les régions soudano-sahéliennes (SOLAR). Etude de faisabilité d'un projet transnational. Rapport final.

Nairobi, Nations Unies, 1976, IV, 24 p., ill., bibl.

(503)

DURAN (Gilbert) et KAISER (H. F.).  
Range management practices : investment costs, 1970.  
Washington, U.S. Forest Service, 1972, 38 p., phot., tabl.  
Agricultural handbook N° 435.

(501)

F.A.O./N.O.R.A.D. WEST AFRICAN.  
COCKCROFT (F.L.). - Policy choices for the beef sector in sub Saharian  
West Africa.  
/s. 1., 1974/, 17 p.  
Seminar on Agricultural Planning. (Scheduled for January 30th 1974)  
Samaru, Nigéria).  
Microfiche F.A.O. N° 25991, sur 1 fiche.

(504)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères.  
I.E.M.V.T. /et/ S.E.D.E.S.  
Le ranching : techniques et économie.  
/Paris/, 1968, cartes, fig., graph., phot., tabl., bibl.  
Techniques rurales en Afrique, 15.

(505)

SEIFERT (H. S. H.).  
Production animale et état de santé des animaux dans la zone  
sahélienne.  
Dans Programme sur l'Homme et la Biosphère, Le Sahel ... 1974, p. 55-60.  
(Disponible aussi en anglais sous le titre : Animal production and  
health in the Sahelian zone).

. Phytotechnics

(506)

BOUDET (G.).  
Les pâturages et l'élevage au Sahel.  
Dans Programme sur l'Homme et la Biosphère. Le Sahel ... 1974,  
p. 29-33, tabl.  
(Disponible aussi en anglais sous le titre : Pastures and livestock  
in the Sahel).

(507)

INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX.  
Service Agrostologie.  
DEVAUX (C.). - Plantes toxiques ou réputées toxiques pour le bétail  
en Afrique de l'Ouest.  
Maisons-Alfort, (France), I.E.M.V.T., 1973, 148 p., tabl., bibl.  
I.E.M.V.T. Note de synthèse, N° 4.

(509)

INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX.  
Service Agrostologie.  
TOUTAIN (B.). - Principales plantes fourragères tropicales cultivées.  
Maisons-Alfort, (France), I.E.M.V.T., 1973, 201 p., tabl.  
I.E.M.V.T. Note de synthèse, N° 3.

(510)

F.A.O.

WHYTE (R. O.), MOIR (T. R. G.) et COOPER (J. P.). - Les graminées en agriculture.

Rome, F.A.O., /c. 1959 ; 2ème impr. 1966/, 485 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

Etudes agricoles de la F.A.O., N° 42.

(508)

RIVIERE (R.).

Problems in the evaluation of the nutritional value of natural tropical rangeland.

Dans Proceedings of the International Seminar on Evaluation and Mapping of Tropical African Rangelands, held in Bamako, 3-8 March, 1975, p. 269-279.

#### 4.7.3. Pastoral hydraulics development

(511)

BERNUS (Edmond).

Possibilités et limites de la politique d'hydraulique pastorale dans le Sahel nigérien.

Dans Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Sciences Humaines, vol. XI, N° 174, p. 119-126, carte.

(512)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères Chargé de la Coopération/BUREAU CENTRAL D'ETUDES POUR LES EQUIPEMENTS D'OUTRE-MER /et/ INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX. Hydraulique pastorale.

Paris, /1973 ?/; 311 p., cartes, fig., graph., phot., tabl., bibl. Techniques rurales en Afrique.

Etude portant sur des territoires sahariens et sahéliens, et en particulier, le Niger, le Mali, la Mauritanie, le Sénégal et le Tchad.

(513)

NIGER. Compagnie Générale d'Etudes et Recherches pour l'Afrique. Aménagements d'hydraulique pastorale. Rapport de synthèse.

Paris, C.O.G.E.R.A.F., 1962, 64 p., tabl.

Etude des différents aspects des aménagements réalisés : localisation, équipement, fonctionnement et entretien.

(514)

SENEGAL. Ministère de l'Economie Rurale. Service de l'Elevage/FRANCE. Ministère de la Coopération.

RECEVEUR (P.). - Définition d'un programme d'aménagements hydro-pastoraux dans la zone sylvo-pastorale.

/s. l./, 1969, /75/ p., carte, fig., tabl.

Rapport de mission effectuée du 4 au 25 mars 1965 au Sénégal.

#### 4.7.4. Afforestation operations

##### . Afforestation part

(515)

CATINOT (R.).

Sylviculture tropicale dans les zones sèches de l'Afrique. 1ère part.

Dans Bois et forêts des tropiques, N° 111, jan.-fév. 1977, p. 21-32, fig., phot., tabl.

(516)

COMITE PERMANENT INTER ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL.

Consultation C.I.L.S.S./U.N.S.O./F.A.O. sur le rôle de la Forêt dans un Programme de Réhabilitation du Sahel, Dakar, 26 avril-1er mai 1976.

Rapport provisoire et documents annexes.  
Dakar, 1976, 30 p.

(518)

McCOMB (A. L.) et JACKSON (J. K.)/

Le rôle des plantations forestières pour la mise en valeur des savanes. Aspects techniques et économiques particulièrement au Nigéria.

Extrait du Comité F.A.O. de la Mise en Valeur des Forêts dans les Tropiques, deuxième session.

Rome, 21-24 octobre 1969, 20 p., tabl., bibl.

Microfiche F.A.O. N° 08074, sur 1 fiche.

(519)

NATIONS UNIES. Institut Africain de Développement Economique et de Planification, Dakar.

NAJADA (Ibrahim).

La déforestation en Afrique sèche. Session de Formation et de Réflexion sur les Problèmes de l'Environnement dans les Zones Arides et Sub-arides, Niamey, 15 fev.-6 mars 1974.

/Niamey ?/, 1974, 17 p. (incomplet).

CS/2576-F.

(517)

NIGER/HAUTE-VOLTA. Centre Technique Forestier Tropical.

DELWALLE (J. C.). - Le rôle du forestier dans l'aménagement du Sahel.

/Ouagadougou ?/, 1974, 17 p.

. Afforestation processes

(521)

F.A.O.

LAURIE (M. V.). - Méthodes de plantation forestière dans les savanes africaines.

Rome, F.A.O., 1975, 194 p., cartes, phot., tabl., bibl.

F.A.O. Mise en valeur des forêts, N° 19.

(520)

/GOUJON (P.) et GIFFARD (M.)/.

Forêt et sol dans les opérations de développement rural.

Paris, SEDRAGRI, 1974, /30/ p., tabl.

Conservation de la forêt, des eaux et du sol dans les opérations de développement rural. Dossier documentaire.

4.8. - SOILS PROTECTION AND REGENERATION4.8.1. Generalities

(524)

CHARREAU (C.).

La protection et l'amélioration des sols, Causes et manifestations de la dégradation du sol dans la zone climatique soudanienne. Extrait du Bulletin du Centre Recherches Agronomiques, Bambey, N° 9, /19.. ?/, p. 46-58.  
Microfiche O.M.V.S. N° 03642, sur 1 fiche.

(523)

CHARREAU (C.).

Pluie et érosion.

Séminaire de Météorologie et de Climatologie, Dakar, 27 juin 1968. Dakar, I.R.A.T., 1968, 10 p., annexe, tabl., bibl.  
Microfiche O.M.V.S. N° 04452, sur 1 fiche.

(522)

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL.

Contribution à l'étude de la désertification de l'Afrique tropicale sèche.

Nogent-sur-Marne, France, /1973/, 77, /3/ p., carte, graph, phot., tabl., bibl.

Extraits de la revue Bois et forêts des tropiques.

Dépouillement. Rapport de la Mission Forestière Anglo-Française Nigéria-Niger (déc. 1936-fév. 1937). - Désertification de la zone sahélienne au Tchad (Bilan de dix années de mise en défense) par D. Dopiorre /et/ H. Gillet. - La désertification de l'Afrique au sud du Sahara avance-t-elle vers le sud ? par Paul Michon.

(525)

COMMUNAUTE ECONOMIQUE EUROPEENNE. Commission de Coopération Technique en Afrique.

FOURNIER (F.). - Carte du danger d'érosion en Afrique au sud du Sahara, fondé sur l'agressivité climatique et la topographie.

/s. 1. n. d./, carte en coul. 84 x 85 cm, échelle 1/10.000.000.

"... fond pédologique ... établi par J. D'Hoore".

En anglais et en français.

4.8.2. Processes of fight against erosion. Technical review

(526)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères/CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL.

Conservation des sols au sud du Sahara.

/Paris/, Min. Coop., 1969, 211 p., fig., graph., tabl.

Techniques rurales en Afrique, 12.

. Afforestation

(527)

CATINOT (R.).

Contribution du forestier à la lutte contre la désertification en zones sèches.

Extrait de la revue Bois et forêt des tropiques, N° 155, mai-juin 1974, p. 3-13, phot., tabl., bibl.

(525)

KHOLOUPIAK (K. L.).

Organisation anti-érosive des plantations forestières et des caractéristiques quantitatives.

Dans Hydrological sciences bulletin, VI, N° 2, June 1961. p. 41-46, tabl., bibl.

(529)

WEBER (Fred R.).

Conservation and forestry manual.

Niamey, U.S. Peace Corps, 1971, 149 p., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

. Cultivation processes

(530)

BRENGLE (K. G.).

Water conservation practices for dry land farming.

Fort Collins, Col., Colorado State University, Department of Civil Engineering, 1975, 31 p., cartes, fig., phot., tabl., bibl.  
PN-AAB-669.

(532)

F.A.O.

La défense des terres cultivées contre l'érosion hydraulique.

Rome, F.A.O., 1967, 202 p., carte, dess., fig., graph., phot., tabl., bibl.

F.A.O. Progrès et mise en valeur - agriculture, N° 81.

(533)

F.A.O.

LAL (Rattan). - Soil and water conservation through no-tillage systems.

International expert consultation on the use of improved technology for food production in rainfed areas of tropical Asia, Hyderabad, Khon Kaen, Kuala Lumpur 24 November-13 December, 1974.

Rome, F.A.O., 1974, 19 p., fig., tabl., bibl.

(534)

F.A.O. Soil Resources Development and Conservation Service. Land and Water Development Division.

Shifting cultivation and soil conservation in Africa.

F.A.O./S.I.D.A./A.R.C.N. Regional Seminar on Shifting Cultivation and Soil Conservation in Africa, Ibadan, Nigéria, 2-21 juillet 1973.

Rome, F.A.O., 1974, 248 p., fig., graph., tabl., tabl., bibl.

Soils bulletin 24.

(531)

ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

DAVIES (J. W.). - Mulching effects on plant climate and yield.

Geneva, O.M.M., 1975, 92 p., bibl.

O.M.M. Technical note N° 136.

W.M.O. N° 388.

(535)

ROOSE (E. J.) /et/ BERTRAND (R.).

Contribution à l'étude de la méthode des bandes d'arrêt pour lutter contre l'érosion hydrique en Afrique de l'Ouest. Résultats expérimentaux et observations sur le terrain.

Dans l'Agronomie tropicale, XXVI, N° 11, nov. 1961, p. 1270-1283, phot., tabl., bibl.

Résumés en français, anglais et espagnol.

Essais conduits sur le terrain à Adiopodoumé et à Bouaké (C. I.) et à Allokoto (Niger).

(536)

SALBANY (A.).

Aspects écologiques et agronomiques des problèmes de l'érosion des sols en relation avec la construction d'ouvrages et d'installations.

Dans Sols africains, V, N° 3, 1960, p. 337-341.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Ecological and agronomic aspects of soil erosion problems in relation to engineering).

(537)

SKORODUNOV (A. S.).

Investigation of agrotechnical methods for control of water erosion of soils.

Dans Hydrological sciences bulletin, VI, N° 2, June 1961, p. 27-31, fig., bibl.

## 5. FINANCING

(538)

BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT. FONDS AFRICAIN DE DEVELOPPEMENT. Note sur les opérations du Groupe BAD/FAD dans les pays touchés par la sécheresse.

Extrait des /Documents/ du Club des Amis du Sahel, réunion constitutive, Dakar, 1976, p.m.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Note on the operations of the ADB/ADF Group in the drought-stricken countries).

(549)

COMITE PERMANENT INTER-ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL .

Conférence du Club du Sahel sur le Financement du Programme de Première Génération des la Cadre de l'Aide Globale au Sahel. 3e, Amsterdam, 21-22-23 novembre 1978. Rapport préliminaire. /s. l./, 1978, vol., tabl.

Disponible au C.I.E.H. : Tome 1, vol. A, B et C ; Tome 2, vol., II.

(540)

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES. Direction Générale pour le Développement.

Fonds Européen de Développement : Haute-Volta, 1960-1975. /Bruxelles, 1976/, 52 p., cartes, phot., tabl.

(541)

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES. Direction Générale pour le Développement.

Fonds Européen de Développement : Mali, 1960-1975. Bruxelles, 1975, 48 p., cartes, fig., phot., tabl.

(542)

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES. Direction Générale pour le Développement : Niger, 1960-1975.

/Bruxelles, 1975/, 43 p., cartes (part. en coul.), phot., tabl.

(543)

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES. Direction Générale pour le Développement.

Fonds Européen de Développement : Sénégal, 1960-1974. Bruxelles, 1974, 43 p., cartes, fig., phot., tabl.

(539)

COMMUNAUTES EUROPEENNES. Directorate General for Development. European Development Fund : Cameroon, 1960-1975.

/Brussels, Commission of the European Communities, Directorate for Development, 1975/, 52 p., cartes, phot., tabl.

(544)

COMMUNAUTES EUROPEENNES. Direction du Fonds Européen de Développement. Fonds Européen de Développement, 1er FED. Situation annuelle des projets en exécution. Date de mise à jour : 31 décembre 1973.

/Luxembourg, Office des Publications Officielles des Communautés Européennes, 1974/, 76 p., tabl.



(545)  
COMMUNAUTES EUROPEENNES. Direction du Fonds Européen de Développement.  
Fonds Européen de Développement. Situation semestrielle des projets  
du 2ème FED et exécution. Date de mise à jour : 31 décembre 1973.  
/Luxembourg, Office des Publications Officielles des Communautés  
Européennes, 1974/, xxi, 145 p., tabl.

(546)  
COMMUNAUTES EUROPEENNES. Direction du Fonds Européen de Développement.  
Fonds Européen de Développement. Situation semestrielle des projets  
du 3ème FED en exécution. Date de mise à jour : 30 juin 1975.  
/Luxembourg, 1975/, XXV, 108 p., tabl.

(547)  
COMMUNAUTES EUROPEENNES. Fonds Européen de Développement. Délégation  
de la Commission ... en République de Haute-Volta.  
Les interventions du Fonds Européen de Développement en République  
de Haute-Volta, 1960-1974.  
Ouagadougou, 1974, 47 p., annexe 1-4, tabl.

(548)  
COMMUNAUTES EUROPEENNES. /Direction du/ Fonds Européen de Développement.  
Contrôleur Délégué en République de Haute-Volta.  
Situation des projets financés par le Fonds Européen de Développement  
en République de Haute-Volta à la date du 31 décembre 1972.  
/Ouagadougou, 1973/, 106 p., carte, tabl.  
Y compris 1er FED (1960-1965), 2ème FED (1966-1970) et 3ème FED  
(1971-1975).

(550)  
HAUTE-VOLTA. Ministère du Plan de l'Industrie et des Mines. Direction  
du Plan et des Etudes de Développement.  
Investissements financés en Haute-Volta par le Fonds d'Aide et de  
Coopération de la République Française, 1959-1971 (Situation au  
31 décembre 1971).  
/Ouagadougou ?/, 1971, 116 p., tabl.

(552)  
NATIONS UNIES. Bureau Spécial pour le Sahel.  
Réunion du Programme d'Assistance à Moyen et à Long Terme aux  
Populations Soudano-Sahéliennes, Genève 28-29 juin 1973. Rapport  
final.  
New York, O.N.U., Bureau Spécial pour le Sahel, 1973, p. v., tabl.  
/Publications/ ST/SSO/7.  
(Titre et texte en anglais et en français. Titre en anglais : Final  
report on the Meeting of the Sudano-Saharan Mid- and Long-Term  
Programme).

(551)  
ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES.  
Montant de l'aide publique au développement reçue par les pays du  
Sahel, 1969-1974. Versements/Volume of official development assistance  
to Sahelian countries. 1969-1974 disbursements.  
Extrait des /Documents/ du Club des Amis du Sahel, réunion constitutive,  
Dakar ... 1976, 44 p., tabl.

## 6. IMPLEMENTATION - EVALUATION - DEVELOPMENT

### 6.1. - IMPLEMENTATION

- See references 224, 225, 226, 229, 230, 233, 234, 235, 236, 237 (catchment works) in item 3.1.3.
- See references 377, 379, 380, 386, 387, 388 (dams) in item 4.1.1.
- See reference 410 (pumping) in item 4.2.
- See references 416, 417, 418, 422, 425, (irrigation) in item 4.3.1.

### 6.2. - EVALUATION

(555)

DEJENE (T.) et SMITH (S. E.).

Développement à partir de la base. - Le développement rural : réalisations et évaluation. Bibliographie annotée de textes choisis sur la planification, la mise en oeuvre et l'évaluation du développement rural en Afrique.

/Washington/, Comité de Liaison Outre-Mer, Conseil Américain pour l'Enseignement Supérieur, 1973, 52 p.  
Cahier CLC N° 1.

(554)

FRANCE. Ministère de la Coopération.

CHERVEL (M.) et LE GALL (M.). - Manuel d'évaluation économique des projets. La méthode des effets.

/s. l., Min. Coop., 1976/, 204 p., ill., tabl., bibl.  
Méthodologie de la planification.

(556)

LANG (H.) et BARTSCH (R.).

Evaluation de l'intérêt économique de méthodes culturales améliorées en conditions d'incertitude climatique présentée à l'exemple de la région Centre en Côte d'Ivoire.

Dans l'Agronomie tropicale, XXXII, N° 3, juil.-sept. 1977, p. 248-256, tabl., bibl.

(553)

ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES.

BERGMANN (Hellmuth) et BOUSSARD (Jean-Marc). - Guide de l'évaluation économique des projets d'irrigation. (Version révisée).

Paris, O.C.D.E., 1976, 261 p., fig., graph., tabl., bibl.

(Disponible aussi en anglais sous le titre : Guide to the economic evaluation of irrigation projects).

(559)

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT/ECOLE NATIONALE  
D'ADMINISTRATION DE NIAMEY.

COLOMBE (J.). - Planification du développement aux niveau régional  
et local. La participation des cadres et de la population à la  
planification locale.

Niamey, 1972-1973, 2 vol., (131, 143 p.), fig., tabl.

Projet NER-520.

Dépouillement : - Secteur de l'agriculture N° 162/DP 173. - Secteur  
de l'élevage et des eaux et forêts N° 165/DP/73.

(564)

S.A.T.E.C.

Les problèmes spécifiques des projets hydro-agricoles dans les  
pays en voie de développement.

/Paris, SEDAGRI, s. d./, 18 p.

(Note établie pour un stage Etudes de projets par la S.A.T.E.C. (1972)).

### 6.3. - DEVELOPMENT

(565)

COLORADO STATE UNIVERSITY.

VLACHOS (Evan). - Socio-economic aspects of irrigated agriculture. Fort Collins, Col., Colorado State University, Agriculture Engineering Department, 1972, fig., tabl., bibl.

Presented at the Seminar on "Prospects for Irrigation in West Africa" sponsored by the Ford Foundation, I.R.A.T., and the International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, October 23-27, 1972.

(557)

F.A.O./PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT.

BARRAUD (J. J.). - Rapport au Gouvernement du Niger sur les différents aspects de l'exploitation des ressources en eau.

Rome, F.A.O., 1968, 40, /4/ p., cartes, tabl., bibl.

Microfiche F.A.O. N° 03429, sur 1 fiche.

(558)

F.A.O.

BARRAUD (Jacques). - Rapport au Gouvernement du Togo sur les aménagements hydro-agricoles au Togo.

Rome, F.A.O., 1963, 21 p., 12 cartes, 26 fig., graph.

Rapport N° 1609, Togo/TE/LA.

Microfiche F.A.O. N° 51609, sur 1 fiche.

(561)

LAUCOIN (Guy).

La gestion des aménagements hydro-agricoles au Niger. Analyse et bilan d'un processus de participation provoquée.

Extrait de Développement et civilisations, éducation et développement, N° 51, jan.-mars 1973, p. 21-31.

(562)

LAUCOIN (G.).

L'animation des aménagements hydro-agricoles (caractéristiques des exploitations des aménagements hydro-agricoles : rappel de quelques principes fondamentaux).

/Paris ? SEDAGRI ? s. d./, 12 p., fig., tabl.

Introduction de P. Martin.

(563)

LAUCOIN (G.).

Stratégie de mise en valeur et formation des paysans dans les aménagements hydro-agricoles.

/Paris, SEDAGRI, s. d./, 14 p.

(560)

NIGER/COMPAGNIE GENERALE D'ETUDES ET RECHERCHES POUR L'AFRIQUE.

Aménagements d'hydraulique pastorale. Rapport de synthèse.

Paris, COGERAF, 1962, 64 p., tabl.

Etude de différents aspects des aménagements réalisés : localisation, équipement, fonctionnement et entretien.

## 7. INFORMATION

### 7.1. - MEETINGS AND SYMPOSIUMS

(569)

ACADEMIE NATIONALE DES SCIENCES DES ETATS UNIS/ORGANISATION DES NATION UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE.

Colloque sur les Priorités de la Recherche Agricole dans le Développement Economique de l'Afrique, Abidjan, Côte d'Ivoire, le 5 au 12 avril 1968. Rapport et communications.

Washington, National Academy of Sciences, National Research Council, /1968 ?/, 3 tomes, cartes, graph., phot., tabl.

(568)

C.C.T.A.

Conférence Inter-Africaine sur l'Hydrologie, Nairobi, 1961.

/Compte rendu/, London, C.C.T.A., 1961, 585 p., cartes, graph., bibl.

C.C.T.A. Publication N° 66.

(Texte en français et anglais).

(575)

C.E.N.E.C.A.

Colloque International C.E.N.E.C.A., Paris, 3-4-5 mars 1976.

/Documents/.

Paris, 1976, classeur (à feuilles mobiles - p. m.), cartes, fig., graph., tabl., réf.

Dépouillement : L'eau à usages agricoles dans les économies nationales.

- Techniques générales d'aménagement des eaux pour la production agricole. - Développements techniques et économiques de l'irrigation et du drainage pour les différentes cultures. - L'eau et l'aménagement rural. - Rôle de la coopération internationale en matière d'hydraulique agricole.

(566)

C.S.A./F.A.O.

Colloque sur le Riz en Afrique Tropicale/Symposium on Rice, Conakry, 16-22 juin 1963. /Compte rendu/.

Londres, 1963, 109 p., graph., phot., tabl., réf.

/C.C.T.A./ Publication N° 94.

(Résumés en anglais, français ou espagnol).

(577)

COMITE PERMANENT INTER-ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL/CIUB DU SAHEL/MALI. Ministère du Développement Rural.

Colloque sur le Développement Rural Intégré et l'Amélioration des Systèmes de Production Agricole, Bamako, 20 février-12 mars 1978.

Synthèse du colloque.

/Bamako ? 1978/, 176 p.

(574)

FRANCE. Ministère de la Coopération/HAUTE-VOLTA. Ministère du Plan. Séminaire sur les Méthodes de Planification du Développement Rural, Ouagadougou, 2 au 5 mars 1976. Méthodologie de la planification. Compte rendu.  
/Paris ?, 1977 ?/, 100 p., ill.

(571)

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES.  
TOURTE (R.). - Monographie sur le séminaire - Synthèse traditionnelle de l'agriculture africaine et leur amélioration (Fondation FORD-I.I.T.A.-I.R.A.T., Ibadan, 16-20 novembre 1970) ou Réflexions sur les voies et moyens d'intensification de l'agriculture en Afrique de l'Ouest. Bambey, Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey, 1973, 53 p., tabl.

(573)

INSTITUTE FOR DEVELOPMENT ANTHROPOLOGY.  
Colloquium on the Effects of Drought on the Productive Strategies of Sudano-Sahelian Herdsmen and Farmers : Implications for Development, Niamey, Niger, June 25-27, 1975. /Acte du colloque/ edited by Michael M. Hors Herswitz.  
New York, Institute for Development Anthropology, Inc., 1976, IX, 96 p.

(576)

NATION UNIES.  
Seminar on Long-Term Planning of Water Management, Zlatni Piasatzi (Bulgarie), 17-22 May 1976. Proceedings.  
New York, United Nations, 1976, 3 tomes, cartes, fig., graph., tabl.

ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE.

Conférence sur l'Hydrologie et l'Hydrométéorologie dans le cadre du Développement Economique de l'Afrique, Addis Abéba, 13-23 sept. 1971. Le rôle de l'hydrologie et de l'hydrométéorologie dans le développement économique de l'Afrique/The role of hydrology and hydrometeorology in the economic development of Africa. Compte rendu et exposés techniques.  
Genève, Secrétariat de l'O.M.M, 1971-1972, 2 vols., cartes, fig., graph., tabl., bibl.

(572)

ROCKFELLER FOUNDATION.  
Conference on International Development Strategies for the Sahel, Bellagio, Italy, October 1974. Working papers.  
/New York/, The Rockefeller Foundation, 1975, 50 p., tabl.

(567)

U.N.E.S.C.O./C.E.A.  
Conférence Internationale sur l'Organisation de la Recherche et la Formation du Personnel en Afrique en ce qui concerne l'Etude, la Conservation et l'Utilisation des Ressources Naturelles, Lagos, (Nigéria), 28 juillet-6 août 1964.  
Rapport final de la conférence de Lagos.  
/Paris/, U.N.E.S.C.O. et C.E.A., /1964/, 111 p.  
NS/D.36/F.

7.2. - DOCUMENTATION

(578)

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT.  
BARNETT (Stanley A.) and PIGGFORD (Roland R.). - Manual on book and library activities in developing countries.  
Washington, A.I.D., 1969, 235 p., bibl.

(579)

COMITE PERMANENT INTER-ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL/CLUB DU SAHEL.  
Recueil de statistiques socio-économiques pour les pays du Sahel.  
Rapport préliminaire/Socio-economic data book for the Sahel countries.  
Preliminary report.  
/s. 1./, 1978, 120 p., cartes, graph., tabl.

(580)

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE.  
Répertoire des organisations intergouvernementales de coopération en Afrique.  
Addis Abeba, 1976, 181 p.  
(Disponible aussi en anglais sous le titre : Directory of Intergovernmental Cooperation Organizations in Africa).

(582)

EDIAFRIC. LA DOCUMENTATION AFRICAINE.  
L'Economie des pays du Sahel ; l'eau et l'irrigation.  
Paris, 1976, 212 p., tabl., bibl. Numéro spécial du bulletin de l'Afrique noire.

(585)

ETATS UNIS. U.S. Army Natick Laboratories.  
PAYLORE (Patricia). - Arid lands research institutions : a world directory. First supplement, 1968.  
Natick, Mass., Earth Sciences Laboratory, U.S. Army Natick Labs., 1968, 38 p.  
NTIS AD 678638.

(581)

F.A.O./CAMEROUN. Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (Nkolbisson-Yaoundé).  
DIERECKX (Harold). - Rapport de la mission de consultant en matière de documentation agricole effectuée du 9 au 26 oct. 1972.  
Rome, F.A.O., 1972, 33 p., tabl.  
Projet P.N.U.D./F.A.O. N° CMR/70/514.  
Microfiche F.A.O. N° 24180, sur 1 fiche.

(583)

F.A.O. Système d'Information sur la Recherche Agronomique en Cours.  
 Répertoire des institutions et projets de recherche agronomique en  
 Afrique de l'Ouest.  
 Rome, CARIS project, F.A.O., 1973, 444 p., 2 cartes en depl. 28 cm.  
 Projet pilote 1972-1973.  
 (Disponible aussi en anglais sous le titre : Directory of agricultural  
 research institutions and projects in West Africa).  
 Index : 301-444.

(587)

FRANCE. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères/SOCIÉTÉ  
 D'ÉTUDES ET DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLES.  
 Annuaire des organismes de développement rural en Afrique  
 francophone et à Madagascar. 2ème éd.  
 Paris, SEDAGRI, /Division d'Appui aux Cadres du Développement Rural,  
 1972 ?/, 138 p., tabl.

(584)

PAYLORE (Patricia).  
 Arid lands research institutions : a world directory.  
 Tucson, Ariz., The University of Arizona Press, 1967, 268 p.

(586)

SALL (Djiby) et CATHERINET (Maurice D.).  
 Projet de réseau d'information et de documentation scientifiques  
 et techniques pour le Sahel : étude d'une stratégie documentaire en  
 vue de la création d'un tel réseau pour le C.I.L.S.S. à l'Institut  
 du Sahel.  
 Ottawa, Canada, C.R.D.I., 1975, 78 p., fig.



## 8. TRAINING

---

(596)

CLUB DES AMIS DU SAHEL. Equipe des Ressources Humaines/COMITE PERMANENT INTER-ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL. Les problèmes de formation. /s. l. n. d./, 9 p.

(597)

CLUB DES AMIS DU SAHEL. Equipe Cultures Irriguées. Projets de formation. Fiches techniques. /s. l./, 1977, 21 p.

(598)

COBLEY (Leslie S.). Qualités requises des enseignements du secteur agricole. Dans Collection F.A.O. Développement économique et social N° 2, 1976, p. 60-65.

(590)

COMITE PERMANENT INTER-ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL. LE BLOAS (J.) et Dr. STENGEL. - La formation des foreurs dans les pays du C.I.L.S.S. Réunion des Responsables des Services Nationaux de l'Hydraulique. Nouakchott, 26-28 janvier 1977. Ouagadougou, 1977, 10 p.

(594)

ECOLE INTER-ETATS DES TECHNIQUES SUPERIEURES DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'EQUIPEMENT RURAL. Informations générales. Ouagadougou, /1968/, 19 p., tabl.

(593)

HOFFMANN (H. K. F.). L'Enseignement supérieur en agriculture. Une perspective pour l'an 2000. Dans Collection F.A.O. Développement économique et social N° 2, 1976, p. 49-59.

(592)

KANE (Cheikh Tidiane). Une expérience de formation professionnelle rurale. Le perfectionnement des éleveurs. Conférence - Atelier sur le Sahel. Sénégal/Mali, 3-14 fev. 1975. /Dakar, 1974/, 14 p., bibl. The drought in Africa/La sécheresse en Afrique - Projets de Développement.

(591)

RAMCHANDRA (R.).

Les besoins de formation aux fins du développement rural.  
Dans Collection F.A.O. Développement économique et social N° 2,  
1976, p. 89-95.

(589)

SABROSKY (Laurel K.).

Comment évaluer les résultats de la vulgarisation agricole.  
Traduction d'un ouvrage en anglais intitulé Six keys to evaluating  
extension work.  
Paris, Centre Régional d'Editions Techniques, /1958 ?/, 16 p.  
Techniques Américaines N° 32.

(598)

U.N.E.S.C.O.

Cours régional de formation hydrologique pour spécialistes des  
ressources en eau de la région du Sahel /déroulé en/ Haute-Volta,  
1975.  
Paris, 1975, 11 p., annexe, tabl.

(595)

U.N.E.S.C.O./C.E.A.

Conférence Internationale sur l'Organisation de la Recherche et  
la Formation du Personnel en Afrique en ce qui concerne l'Etude,  
la Conservation, et l'Utilisation des Ressources Naturelles, Lagos,  
(Nigéria), 28 juil.-6 août 1964. Rapport final de la conférence de  
Lagos.  
/Paris/, U.N.E.S.C.O. et C.E.A., /1964/, 111 p.  
NS/D.36/F.

## 9. APPENDICES

## 9.1. - HYDROLOGICAL YEARBOOKS

COUNTRY	YEAR	49-57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77			
French Overseas Departments/French speaking-Africa		1 & 9	10	11	12	13	14-14	15-15			16-16	17-17													
Benin						18																			
						19	-----				19														
Cameroun							20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32						
Chad				88		89-89	90-90	91-91	92-92	93	94	95	96-96	97	98	99									
Central African Empire		46	-----													46	47-47								
Ivory Coast											33	34		35	36	37	38	39	40						
										41	-----		41	42	43	44	-----		45	45					
Gambia																									
Ghana		48		48	49	50	51	52	53	54	55														
Guinea																									
Mali													66	67	68										
Niger											69	70	71	72	73	74	75	76							
																	77	78	79	80					
																	81	82							
Nigeria (Kano State)								83	-----		83	84	-----		84										
Senegal																					85	86	87		
TOGO						100	101	-----		101	102-102														
		103	-----										103												
		104	-----													104									
UPPER VOLTA										56	57	58	59-59	60	61	62	63	64-64					65		

NOTES FOR THE TABLE

1-9	ORSTOM	Hydrological yearbook of the French Overseas Departments (Paris - 1951 to 1959)
10	ORSTOM	Hydrological yearbook of overseas states, of the overseas territories and departments, Community of Cameroun and Togo - (Paris - 1961)
11-14	ORSTOM	Hydrological yearbook of the ORSTOM - (Paris - 1963,1966,1967)
15-17	ORSTOM	Hydrological annals of the ORSTOM - (Paris - 1969,1972,1974)
18-19	ORSTOM	Hydrological yearbook of Dahomey - (Cotonou - 1963,1967)
20-22	ORSTOM	Hydrological yearbook of Cameroun ← (Yaounde - IRCAM - 1964,1965)
23-31	ORSTOM	Hydrological yearbook of Cameroun - (Yaounde - 1966 to 1974)
32	ORSTOM	Hydrological yearbook of Cameroun ← (Yaounde - ONAREST - 1975)
33-34	ORSTOM	Water depth and daily flow yearbook for the most important hydrometric stations of the Ivory Coast (Adiopodoumé - 1967,1968)
35-40	ORSTOM	Hydrological yearbook fo the Ivory Coast - (Adiopodoumé - 1970 to 1975)
41-45	ORSTOM	Flow rates - (Adiopodoumé - 1969,1970,1971,1974)
46-47	ORSTOM	Hydrological yearbook of Central African Republic (Bangui - 1972, 1974)
48	GHANA	Hydrological services. The Volta River Basin Hydrological data book - (Accra - 1966)
49-55	GHANA	Hydrological services - Rivers basins of Ghana, water yearbook (Accra - 1966,1966,1966,1966,1966,1967,1970)
56	ORSTOM	Water depth and flow of the Hydrometric system stations of Upper Volta in 1965 - (Ouagadougou - 1966)
57-61	ORSTOM	Hydrological yearbook of Upper Volta - (Ouagadougou - 1969, 1969,1970,1971,1972)
62-63	UPPER VOLTA - HER Management.	Hydrological yearbook of Upper Volta - (Ouagadougou - 1973,1974)
64-65	ORSTOM	Hydrological yearbook of Upper Volta - (Ouagadougou - 1977)
66-67	MALI	Hydraulics and Energy Management - Hydrological yearbook (Bamako - 1969,1973)
68	MALI	Hydraulics and Energy Management Hydrological yearbook - (Bamako - 1977)
69-74	ORSTOM	Hydrological yearbook of Niger - (Niamey - 1967 to 1972)
75-76	ORSTOM	Hydrological yearbook of Niger - eastern Niger system - (Niamey - 1973,1974)
77-80	NIGER	Rural Engineering Department - Hydrology Section - Central Niger Report - (Niamey - 1973 to 1976)
81-82	ORSTOM	Niger Hydrological System - Development - (Niamey - 1973,1974)

- 83 KANO State (Nigeria) Water Resources and Engineering Construction Agency - hydrological yearbook - (Kano - 1974)
- 84 KANO State (Nigeria) Ministry of Works and Survey - Hydrological yearbook - (Kano - 1972)
- 85-87 ORSTOM Hydrological yearbook - (Dakar - 1976,1976,1977)
- 88-90 ORSTOM Chad Hydrological yearbook - (Fort Lamy - 1961,1965,1968)
- 91-95 ORSTOM Chad Republic Hydrological yearbook - (Fort Lamy - 1968, 1970,1971,1972,1972)
- 96 ORSTOM Chad Republic Hydrological yearbook - 1971,1972, and 1972,1973 (N'Djamena - 1973)
- 97-99 ORSTOM Chad Republic Hydrological yearbook - (N'Djamena - 1974, 1975,1976)
- 100 ORSTOM Togo Hydrological yearbook - (Lomé 1963)
- 101-102 ORSTOM Records of water depths and water level gauges of Togo - (Lomé - 1965,1967)
- 103 ORSTOM Hydrological stations of Togo - description, yearly characteristics, depth, recorded flow rates - updating - 1965 - (Lomé - 1965)
- 104 ORSTOM Hydrological annals of Togo from the stations opening up to the hydrological year - 1970 - 1971 - (Lomé - 1973, 1974)

## 9.2. - HYDROLOGICAL MAPS

- 1) - Hydrogeological maps of West Africa
  - Ground waters of West Africa 1/6.000.000. Hydraulics Department of French West Africa.
  - Planning map for the use of Sahel ground water 1/1 500 000 BRGM.
  - Planning map of the ground water resources of the I.C.H.S. Member States of Sudano-Sahelian Africa 1/1 500 000 BRGM.
  - Water resources map of the Coastal Countries 1/1 500 000 BRGM.
  - Hydrogeological exploration map of East Sudan 1/1 000 000 Hydraulics Department of French West Africa.
  - Hydrogeological map of eruptive and metamorphic soils of West Africa 1/2.000.000 BRGM.
- 2) - Benin
- 3) - Cameroun
  - Hydrogeological map Maroua - Fort Foureau 1/500.000 DGM.
- 4) - Congo
- 5) - Ivory Coast
  - Hydrogeological recognition maps 1/200.000 BRGM.
  - Abidjan, Bingerville, Katiola, Sassandra, Abengourou, Agnibilekrou, Kouamédari, Bouake, Boundiali, Daloa, Dimbokro, Gagnoa, Grand-Laou, Kong, Korhogo, Man-Danane, Mankono, M'Baykro, Nassian-Bondoukou, Nielle, Odienne, Seguela, Tabou, Tai, Tehini, Tienko, Tingrela, Touba, Toulepleu, Soubre, Dabakala.
- 6) - Gabon
- 7) - Ghana
  - Hydrogeological map of Ghana 1/1.000.000 Ghana. Geological survey.
- 8) - Upper Volta
- 9) - Mali
  - Hydrogeological map of East Sudan. 1/1.000.000. Hydraulics Department of French West Africa.

10) Mauritania

- Hydrogeological recognition map. 1/1.000.000. Ground waters Department.
- Hydrogeological map of the SW Mauritanian Basin 1/500.000 BRGM.
- Hydrogeological map. 1/200.000 BRGM. West Tiris Atar, Chinguetti, Faraoun, Fort Gouraud.

11) Niger

- Hydrogeological map of South East Niger. 1/1.000.000 BRGM.

12) Nigeria13) Senegal

- Hydrogeological map 1/500.000 BRGM.
- Hydrochemical map 1/2.000.000 BRGM.

14) Togo15) Chad

- Hydrogeological 1/500.000  
Moundou (BRGM), Chad Republic (BRGM), Bongor (Hydraulics Department),  
Moundou (Hydraulics Department).

9.3. - PEDOLOGICAL MAPS

- 1) AFRICA  
World maps of soils - Africa
- 2) BENIN  
- Benin 1/1.000.000.  
Porto Novo, Abomy, Save, Djoujou, Parakou, Nahtinjou, Bimbereke, Porga areas 1/200.000.
- 3) CAMEROUN  
- East and West Cameroun 1/1.000.000  
- Garoua and Poli areas 1/200.000.
- 4) CHAD  
- Pedological map of Chad 1/1.000.000  
- Middle Valley, Legone Chari 1/200.000  
- Sategui, Deressia, Loka-Kabia, Ere Loka 1/50.000  
- North Bougor 1/20.000
- 5) GABON  
Libreville - Kango, Lambarene areas 1/200.000
- 6) GHANA  
Ghana 1/500.000
- 7) IVORY COAST  
Ivory Coast 1/2.000.000
- 8) MALI  
- Pedological map of East Mali (Tombouctou) 1/1.000.000
- 9) MAURITANIA  
- Pedological maps of Uom Dferat, Char, Chingueti, Atar areas 1/200.000.
- 10) NIGER  
- Pedological maps of Niamey, Maradi, Zinder and Central Niger areas 1/500.000  
- Ader Doutchi, Garoual Bell 1/100.000  
- Koulou 1/10.000  
- Adouana, Taboye, Keita 1/5.000.
- 11) SENEGAL  
- Pedological map of Senegal 1/1.000.000.  
- Tambacounda, Bakel, Kossanto-Kenieba, Kedougou, Dalafi, Middle Casamance, Higher Casamance areas 1/200.000.



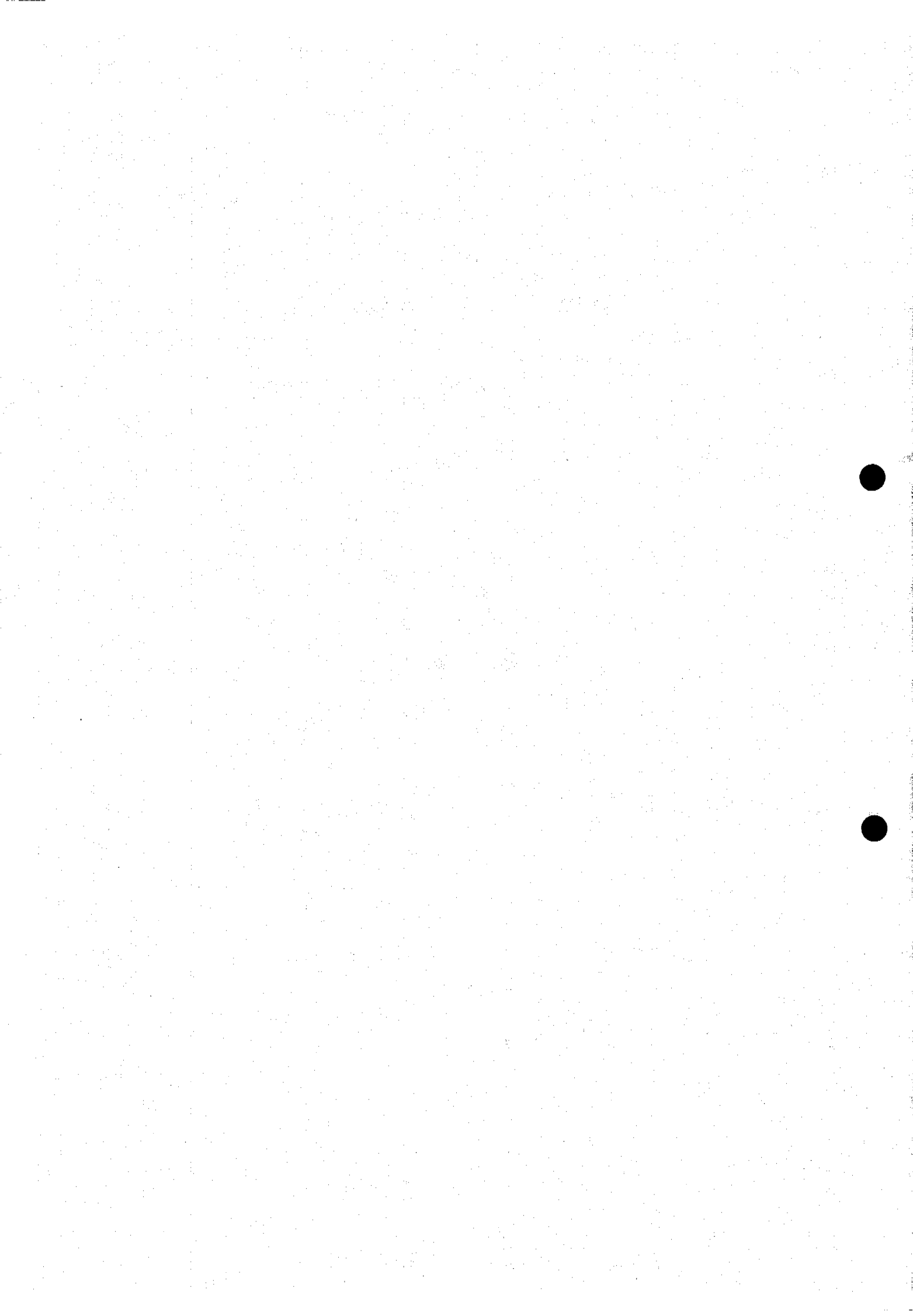
12) TOGO

- Pedological map of Togo 1/1.000.000 and 1/50.000

13) UPPER VOLTA

- South Western, North Western, Central Northern, Eastern, Central Southern areas 1/500.000.
- Red and Whiter Volta areas 1/200.000
- Katana 1/20.000
- Manga, Cantaogo, Koungny 1/10.000.
- Mogtedo, Louda, Dakiri, Dori 1/5.000.

NOTES ON THE  
RESULTS AND PERSPECTIVES  
OF HIGH LEVEL  
AFRICAN RESPONSIBLES  
TRAINING IN THE FIELD OF  
WATER RESOURCES MANAGEMENT



The working group I.C.H.S. - C.E.F.I.G.R.E. in conjunction with E.I.E.R. have set themselves the task :

. to define and analyse some global characteristics for training of senior African groups interested in the management of water resources.

. to submit, in the light of the previous works, some thoughts on the way this training is developing, thoughts carefully prepared in anticipation of future discussions in the seminar on the subject. (especially during Tuesday and Friday).

## 1 - THE DEFINITION OF QUANTITATIVE AND QUALITATIVE REQUIREMENTS

From the point of view of the theoretical approach, the problems appear to be comparatively simple as we shall explain. On the contrary, it is probable that from the practical point of view it is one of the most complex problems, to the administrations.

### 1.1 - The theoretical approach

#### 1.1 - 1 : The fulfilment of a programme

The majority of the States represented at the seminar have chosen to develop within plans or programmes extended over several years (three, four or five year periods) in annual installments.

a) In general, the programme is divided administratively into two parts :

- a centralised programme, that is to say, put in hand by the Institutions, Offices, Societies, managements, directly linked with the central administration (studies of resources, barrages, etc...)
- the decentralised programme, that is to say that which will be realised by regional units.

b) Each of the two preceding programmes are divided into specialist headings :

- . barrages
- . major distribution schemes
- . supply to rural areas
- . large areas
- . hill reservoirs

- c) Each specialised intervention is reflected in individual geographical operations.
- d) Each operation is thus organised technically as programmed starting from scratch and taking into account the two initial units of time (duration of the plan / 1 year).
- e) Reckoning from the time when a choice has been made by the administration on the way to carry out an operation or a sequence of technological stages of the same nature (topographical works associated with a feasibility study for a barrage) it is possible to evaluate quantitatively, qualitatively and geographically the strength of senior staff and technicians required.
- f) The expression 'the putting into effect' used above can correspond to an intervention :
  - of the type 'keys in hand'
  - orthodox commerce
  - administrative directive (rule)
  - mixed (state organism - foreign organism)

#### 1.1 - 2 : The setting up of the administration

Apart from financial, material and legal means the implementing of the preceding programmes pre-supposes an adequate staff organization.

- a) The structures concerned possibly being :
  - central direction
  - regional direction
  - central operational services
  - offices, national societies and public establishments for study and research.
  - specialised training centres.
  - logistic services : grounds, etc...

- b) The structure has at its disposal a precise vocation (attributes) of an organization and of a defined programme.
- c) Also the personnel defined in paragraph .1.1 - 1 (e) can be apportioned within the structure following four basic principles.
  - geographic assignment.
  - specialities
  - the time of assignment
  - the duration of assignment.

#### 1.1 - 3 : The evaluation of requirements

- a) There is firstly the existing native staff listed by speciality, experience and assignment.
- b) There is next the existing foreign staff listed as follows :
  - speciality
  - geographical and administrative assignment
  - experience
  - date of termination of contract
  - probably of extending the contract
- c) There are equally looses and marginal assignments not programmed and unforeseen :
  - assignments : wish for change expressed by specialists coming from other branches
  - departures : resignation, illness

The objective of the training is to fill :

- in the first place, the chronic deficiency between needs and existing resources
- in the second place, the replacement of technical staff currently on the books where necessary.

## 1.2 - The application

The theoretical approach previously outlined runs into a certain number of difficulties when put into practice :

- a) if the training develops according to plan, staff being trained will be operational for the following Plan of which little is known generally at this time.
- b) in view of the political and financial considerations involved it is difficult when close to the realization of a programme to estimate the effective which will be supplied by the technical staff.
- c) it seems to be difficult to imagine the estimate from the structures as being entirely accurate and this for two reasons :
  - no structure being completely adapted initially to its job, one can only try to estimate the discrepancy, more or less important, between potential and objective.
  - productivity varies between one structure and the next (human factor).
- d) it seems to be extremely difficult for an administration to foresee what we have called the 'putting into effect' (f) of paragraph 1.1 - 1
- e) if it seems to be possible to calculate the quantity, profile and speciality, it seems to be difficult to assess experience. For example, to estimate that two hydrogeological engineers are necessary to carry out a particular job is straight-forward. On the other hand, the degree of experience of these two engineers is a difficult factor to assess, in spite of efforts to standardise jobs.

## 2 - THE PEDAGOGICAL ASPECTS AND PROGRAMME CONTENT

We will quickly summarise the four aspects of training which an engineer is required to know :

- 2.1 - The teaching of scientific knowledge generally considered to be indispensable
- 2.2 - The teaching of applied techniques

### 2.3 - Courses of instruction and practical work

### 2.4 - Projects and dissertations

If it seems to be difficult to make changes in and to improve 2.1 whose content generally forms an integral part of the national education (primary, secondary, terminal), it appears to be possible on the other hand, to adapt and permanently improve 2.2, 2.3 and 2.4 :

- with 2.2 for example by the introduction and initiation of new techniques
- with 2.3 by introducing the engineer-student to stages of real projects (studies of works) and notably by introducing him to work in progress (drilling of wells for example).
- with 2.4 as with 2.3, in minimising as far as possible the scholastic element when dealing with projects during training. This 'descolarisation' must accentuate the need to concentrate as far as possible, the effort of student engineers on realistic activities during courses on single projects and eventually on small groups of projects.

## 3 - THE PEDAGOGIC FRAMEWORK

In general the diffusion of programmes is assured by a teaching body.

- permanent assuming in addition duties in the sphere of direction or administration.
- consulting intervening on a level with the four training cadres previously defined.
- . permanent foreign staff is generally drafted within the framework of inter-governmental bilateral agreement or supplied by some international organization, usually U.N.E.S.C.O. whose job it is.
- . consulting personnel both national and foreign, is generally recruited from the university, the administration, from study and research organizations, from national or private concerns.



Investigation by the pedagogic frame tends to lean - in our opinion - on the main necessity of knowing 'the continuity - change - experience'. The three terms reflect different aspects of the same problem.

- continuity : this problem is not confined to foreign personnel. It can equally affect nationals and particularly so called consulting personnel.
- autonomy : this is a question of the progressive replacement of foreign personnel by nationals. This replacement, despite the goodwill of the parties concerned creates difficulties, among which the following are the most important :
  - . a lack of attraction in general in the teaching profession (permanent personnel).
  - . time available (consulting personnel).
- experience : this aspect is important essentially for the teaching of applied techniques, projects and reports. This is assured by permanent or consulting personnel. Professional experience (or inexperience) of these teachers is the determining factor in the success of the course.

To the three above mentioned factors should be added the pedagogic dimension of the teacher and especially that of the consultant. This pedagogic dimension conditions the way in which the message will be put over.

#### 4 - THE DIFFICULTIES OF POST GRADUATES

##### 4.1 - The main difficulty lies in their integration and welcome by the professionals

- Integration : this is done according to the needs considered to be the most urgent at the time of arrival of the young graduate. These emergencies and for a certain further period (depending on the country) exist at the level of decision of the technical - economic centres (ministries - regional directions - national enterprises, etc ...), it is only when all these missions of decisions are assumed, that assignments are made.

This choice is normal from the instant when it constitutes something to be taken in hand by the centres where the decisions are made and prior to its execution. It can cause inconvenience to deprive the young engineer of an experience on site, experience which will improve his future prospects. On the long term this approach, can more or less alleviate the tensions between 'technical-engineers' and 'engineer-technicians'.

- The welcome wherever the place of assignment or insertion, it has already been proved that it is essential that there is a kind of gradual transfer of responsibility. This transfer period has been estimated - due to the complexity of the problems to be resolved - at from 6 to 18 months. However, this is the case when it is a question of a transfer national ~~to~~ national or of a transfer foreign ~~to~~ national. In this latter case, paradoxical as it may seem, the transfer at a decision making level must be shorter than that at a site level.

#### 5 - CONTINUOUS TRAINING OR COMPLEMENTARY TRAINING

Training establishment for engineers - independent of their geographical position supply a young engineer graduate with a range of scientific knowledge and techniques which enable him to be engaged in a profession.

Such establishments are unable (for it is not their job and even if it were, they would not be able to) to train young engineers to confront the complex variety of problems. In the developed countries, the reception facilities are sufficiently numerous and quantitatively and qualitatively well equipped to 'absorb' this difference between teaching and the professional life.

In developed countries the structure is such that the 'gradual transfer' which was mentioned above, takes place in a relatively easy way. In developing countries the engineer finds out with satisfaction or bitterness (depending on what happens) that the golden rule is to put his school knowledge at the service of his imagination and not the reverse.

Between the two extremes (success and adjustment or failure) there exists a majority, very enquiring and seaching information on new problems as they arise. It is at this level that C.E.F.I.G.R.E. is main concerned : to reply, with the considerable scientific resources at its disposal, to the problems confronting those in the profession (courses, etc ...)

## 6 - TRAINING ABROAD : THE ADVANTAGES AND DRAWBACKS OF A TRANSITION FORMULA

It is clear, from the start, that the choice of education abroad is transitory and makes up (or would like to satisfy) the deficiency currently existing between personnel in the field of economy and staff available locally. We intend now to analyse the advantages and disadvantages of this transition.

### 6.1 - Technological openings

It is certain that to have at ones disposal by virtue of a number students and trainees, permanent access to information on the growth of hydraulic techniques in industrialised countries, permits them :

- to keep in touch and not to increase the leeway to be made up,
- to transfer, via the graduate who will be employed in his country, an advanced technology.

*This is to be set against the advantages accruing.*

### 6.2 - The fluctuation of staff and losses in personnel

It is unusual, even exceptional, that the administrations concerned have been able to replace a graduate from local resources. The losses are of varying importance depending on the period, the country and the age categories. Their cause is mainly due to :

- a) dismissal for inadequate university training
- b) dismissal on account of illness contracted during the course.
- c) the discouragement of the student or trainee following the lack of remunerative incentive.
- d) the movement of the trainee or student :
  - . towards another branch of instruction
  - . towards another country (unusual and unimportant)
- e) the voluntary resignations of students whose psychologic weakness cannot resist the easy life and who prefer to involve themselves in work.

f) the graduate who does not return.

*The losses are evidently to be set against the disadvantages.*

### 6.3 - Practical course of instruction, etc ...

The authorities generally give the student the benefit of travelling expenses during the holiday period. It is a question of entitlement for the student and rarely of an obligation. It is an important consideration during the practical part of the course. It has nothing to do with the Administration but constitutes an important psychological factor when the trainee is thinking of returning to his own country.

*Repatriation, undertaken financially by the authorities is set against the advantages if it becomes a moral obligation for the student.*

### 6.4 - The relation between the student (or trainee) and the cultural environment, social and material

This aspect is extremely complex because it has no global significance. In effect, this relation is a product of the age of the interested party, of his maturity (independent of his age), of his intelligence, of his ability to analyse, etc ...

Thus, the following aspects have been encountered :

- a) the absorption of the interested party by the environment of which he forms a part ; it is probable then that he will experience real difficulty in reinstating himself in the national context. The interested party does not come back at the end of his studies (loss).
- b) the retreat : it is the most mature attitude. The party concerned appreciates an environment which in various ways contributes to his personal enrichment. However he keeps a permanent image which allows him to balance this against the national problems.
- c) the withdrawal : it is the attitude of permanent mal-adjustment to the environment where the philosophy, way of life, etc ... is rejected. The party concerned has the feeling of hostility. He returns before completing his studies. (loss).

*Absorption and rejection are set against disadvantages, withdrawal against the advantages.*

#### 6.5 - The risks of heterogeneity

The diversifications in foreign education (countries, disciplines, institutions) can be a rich source of capital. It carries a risk of heterogeneity at the time of introducing professionalism : risk of creating 'chapels' by country, by school, etc ... and results in very often the complete transposing of the university context where one has lived.

*This risk when it materialised is set against disadvantages.*

### 7 - OUTLINE OF A REFLECTION - PROPOSAL AS REGARDS EDUCATION

- 7.1 - I.C.H.S.-E.I.E.R. and C.E.F.I.G.R.E. suggest one or several seminars in a regional environment which can be held in Africa bringing together qualified representatives interested in the training of managers of water resources.
- 7.2 - C.E.F.I.G.R.E. will contribute to such a meeting. But, to stress the interest of the partners, the seminar must be equally supported by the States, organizations, agencies and national, regional, interstate corporations or international concerns or other interested parties.
- It rests with the delegates at the seminar at Niamey - providing this is agreed in principle to settle the manner in which a project should be put into effect.
- 7.3 - This seminar would welcome principally directors of African establishments interested in the training of engineers and technicians who deal with the problems of water resources, also authorities qualified in national education and professional training.
- 7.4 - The seminar would examine in working groups restricted to experts, the different aspects of training (and other eventually) previously mentioned to determine :
- the methods of evaluating quantitative and qualitative requirements
  - programmes

- the pedagogic framework
- post-professional aspects
- complementary and continuous training
- training abroad

7.5 - In parallel with the organisation of the preceding seminar from which precise and specialised recommendations must logically flow, recommendations which will be submitted to the authorities of the delegates representing them, it is evident that one of the most immediate priorities concerns the training of technicians.

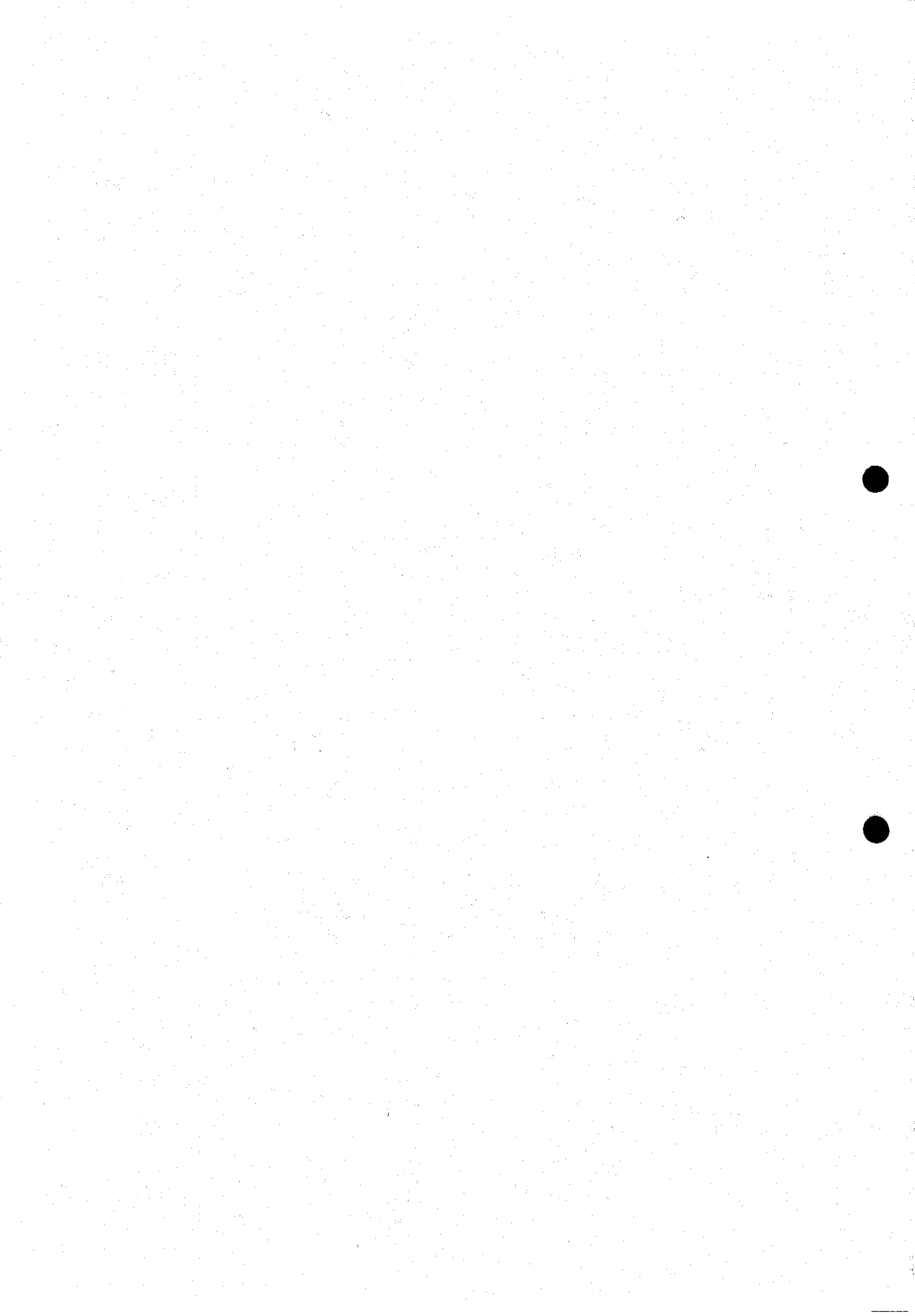
7.6 - C.E.F.I.G.R.E., I.C.H.S. and E.I.E.R. are prepared as from now, to cooperate in the implementation and formation of training cadres for technical educational staff, only on condition that the existing institutions are respected and to promote increased collaboration.

This formation would complete in particular the training of engineers of the type of that meted out by I.C.H.S. and of technicians of the type employed by Inter-states school of high level technicians for hydraulic and rural equipment (E.T.S.H.E.R.).

C.E.F.I.G.R.E. could be located, the proposed scheme, above the level of colleges like E.T.S.H.E.R. (for training staff for technicians) and below the level of colleges like I.C.H.S. (a similar training centre for engineers).

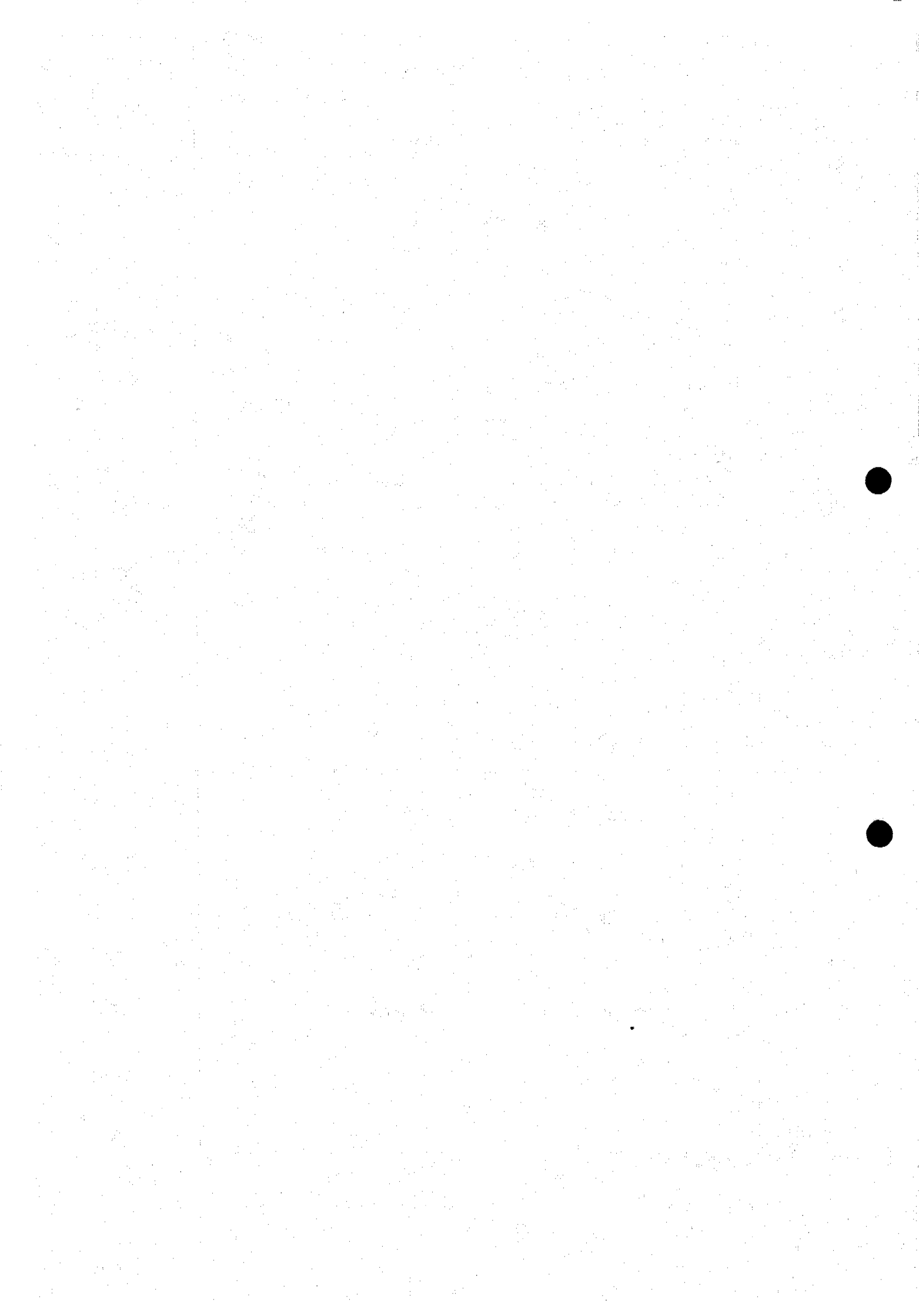
7.7 - At the time of the proposed seminars, a special school should be established to cater for the exchange and distribution of technical and scientific documentation between the States represented.

---



APPENDICES



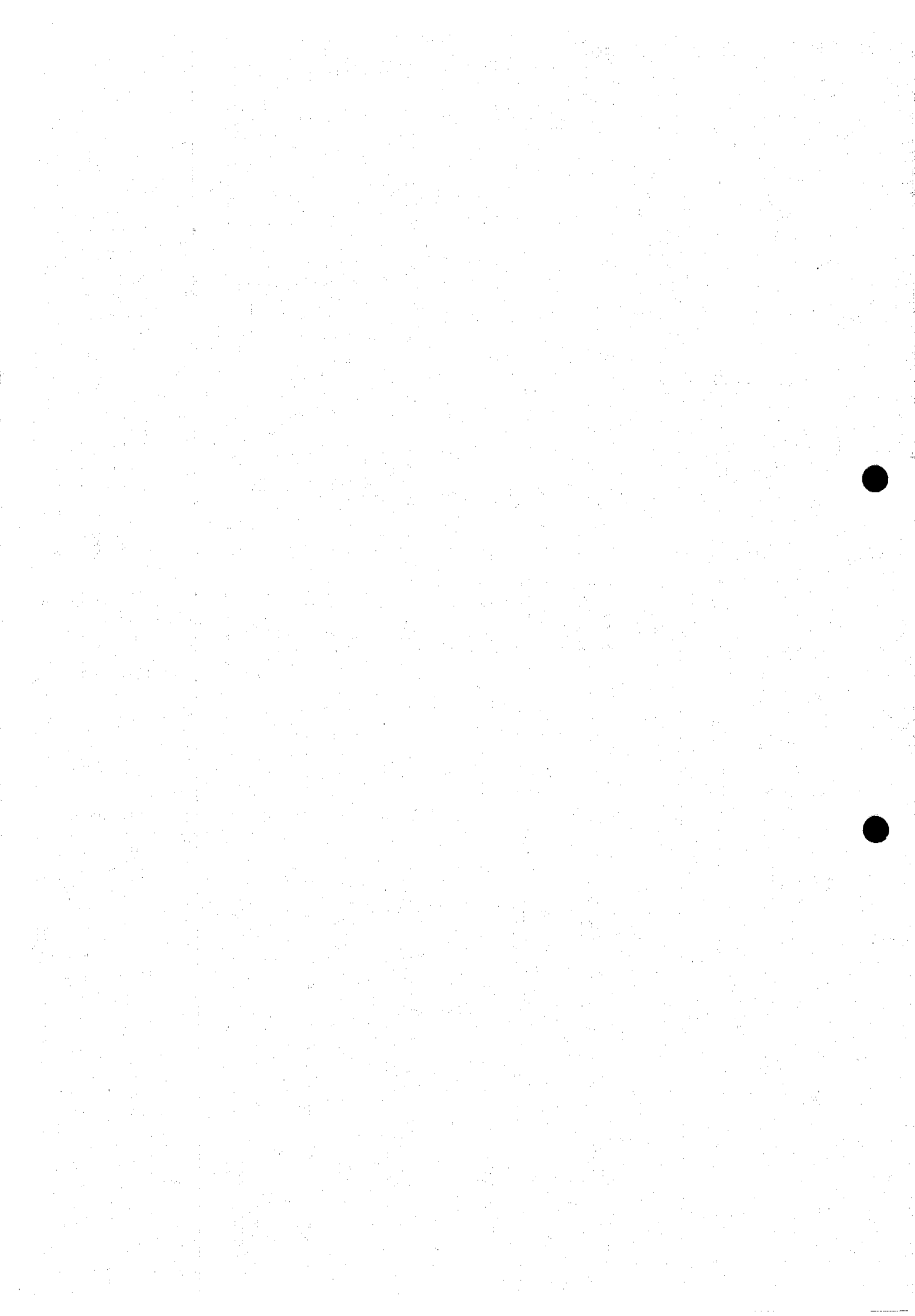


INTER STATES SCHOOL OF  
RURAL EQUIPMENT ENGINEERS

BP. BOX 7023 - OUAGADOUGOU  
(Haute Volta)

P R E S E N T I N G    E . I . E . R .

The Inter States School of Rural Equipment Engineers has been created by the O.C.A.M. in 1968. It is managed by the Board of Directors whose members are Ministers of the Member States or their representatives.: BENIN, CAMEROUN, CENTRAL AFRICAN EMPIRE, CHAD, CONGO, GABON, IVORY COAST, MALI, MAUTITANIA, NIGER, SENEGAL, TOGO, UPPER VOLTA.



### OBJECTIVES

Its objectives are to train in a three years period, after two years of studies in a University, engineers who will be able to promote and implement development methods to improve the rural world, the environment and standards of living.

But it has also the aptitude to give :

- a specialized training to students coming from other schools,
- a continuous training to engineers concerned by rural equipment,
- a specialized and particular technical aid on the States request.

On the other hand, the school leads or participates in research activities on the "new" powers in particular (wind, solar, biochemical), on the improvement of conventional building methods, and on local irrigation.

The school is located in Ouagadougou and is functioning since the beginning of the school year 1969-1970. Up to now, it has trained 92 engineers and has had a full complement for three years (25 students for the 1st year course).

Extension projects - creation of a year of specialization and increase of the students number - have been submitted to several financing sources.

### TRAINING FIELDS

The objective is to train engineers who will be able to cope with all the problems of rural development. A good knowledge of human and physical natural environment is required to change it by introducing methods ranging from water holes development to the organization of processing and marketing structures with the organization of roads and hydraulics in between.

The main competence fields are the following :

- Water works for agriculture

The rural equipment engineer must be able :

- to inventory surface and ground water resources,

- to define their management,
- to secure them by small (earth) dams, catchments, drillings and wells,
- to use them for irrigation.

- Sanitary engineering

The rural equipment engineer must be able :

- to give clear water to the users,
- to organize the sanitary removal of polluted waters,
- to improve sanitation at the lodging and waste removal levels, etc.

- Civil engineering

The rural equipment engineer must be able to use civil engineering methods for navvying, hydraulic works as well as for building small edifices or other works.

- Refrigerating methods

The rural equipment engineer must be able to design and have implemented refrigerating equipments, for food preservation and the air-conditioning of buildings.

- Production

The rural equipment engineer must have a minimum knowledge of production and agricultural industries methods. Without being a specialist in those fields, he must know enough to give these methods their right place in development programmes.

TRAINING PROGRAMME

This training lasts 5 years after the Baccalauréat with two years at the University to reach the academic level of the D.U.E.S. (approximately a M. Sc. level) in Mathematics-Physics or Physics-Chemistry, and three years at the school.

At the school, the training is divided in three steps which coincide with the three years of studies :

- acquiring the basis in mathematics and physics which will help the students to understand the sciences taught at the school and the future engineers to get the working and calculation means to comprehend the new techniques met in their career.
- a basic sciences study covering the rural equipment fields and permitting to get a good knowledge in these techniques : fluid and soils mechanics, materials resistance, general hydraulics, hydrology, and hydrogeology.
- a study and practical application of specific rural equipment techniques under the form of practical projects, (water supply, agricultural hydraulics, refrigerating plants, reinforced concrete earth dams). This last step is very important as the rural equipment engineers do not benefit, at the beginning of their career, from the help of experienced engineers having the time to guide and advise them.

Economy is taught during the three years to give the rural equipment engineers a good knowledge to economically evaluate their projects and their impact on national or local economy.

STUDY ORGANIZATION  
FOR THE FIRST YEAR

M A T T E R S	NUMBER OF HOURS			COEFFI- CIENTS
	Courses and con- trolled works	Practical works	TOTAL	
- Mathematics	120		120	8
- Probabilities Statistics	60		60	4
- Mechanical of fluids	54	12	66	5
- Thermodynamic	42	6	48	4
- Thermal exchanges	63	6	69	4
- Electrotechnic	51	9	60	4
- Heat engine	45		45	2
- Technology	12	9	21	1
- Technological drawing	75		75	3
- Geology	21		21	2
- Water chemistry	21	9	30	1
- Sanitary microbiology and Hygiene of fields	31	6	37	2
- Topography	63		63	3
- Accountancy initiation	6		6	p.m.
- General Economy	51		51	4
<b>T O T A L S</b>	<b>715</b>	<b>57</b>	<b>772</b>	<b>47</b>

STUDY ORGANIZATION  
FOR THE SECOND YEAR

M A T T E R S	NUMBER OF HOURS			COEFFI- CIENTS
	Courses and con- trolled works	Practical works	TOTAL	
- Data-processing	24		24	2
- Soils mechanic	72	18	90	5
- Materials resistance	54	18	54	4
- General Hydraulic	114	18	132	10
- Agriculture	42		42	3
- Agriculture mechanization	36		36	2
- Rearing technics	15		15	1
- Rural economy	30		30	2
- Topography	45		45	3
- Aerial photography	15		15	1
- Rural system of roads	21		21	1
- Ferro-concrete	39		39	3
- Hydrogeology	24		24	2
- Hydrology	39		39	3
- Treatment of drinking waters	36	12	48	3
- Treatment of water unfit for drinking	24		24	2
- Rural electrification	21		21	1
- Cold production	36		36	3
- Technology and automatism of refri- gerating plant	45	18	63	3
- Water and Soils conservation	30		30	2
	762	66	828	56

N.B. : On the other hand a practical training of one month minimum duration is organized between the 2nd and the 3rd year.



STUDY ORGANIZATION  
OF THE THIRD YEAR

M A T T E R S	NUMBER OF HOURS			COEFFI- CIENTS
	Courses and con- trolled works	PROJECT	TOTAL	
- Microéconomie	51		51	4
- Accountancy and Gestion	30		30	2
- Geophysics	27		27	2
- Ferro- concrete		30	30	3
- Metallic constructions	36		36	3
- Earthworks	18		18	1
- Measurements works	18		18	1
- Drawing of works and of buildings	27		27	2
- Building materials	27		27	2
- Rural buildings and works	30		30	2
- Agricultural hydraulics	57	48	105	5
- Fluvial hydraulics	12		12	1
- Earth dam	48	48	96	5
- Water adduction	24	48	72	5
- Collective cleansing	24		24	2
- Garbage collecting and treatment	9		9	1
- Air conditioned	27	18	45	3
- Refrigerating plants	27	30	57	3
- Agricultural and food plants	33		33	2
- National development	24		24	2
- Practice of Servicing and markets	9		9	1
<b>T O T A L S</b>	<b>558</b>	<b>222</b>	<b>780</b>	<b>52</b>
TRAVELLINGS AND CONFERENCES .....			120	
GENERAL TOTAL .....			900	

INTERNATIONAL TRAINING CENTRE  
FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT

APPENDIX 2

Headquarters : C.E.F.I.G.R.E.  
Sophia Antipolis  
B.P. 13  
06560 VALBONNE

Phone : (93) 33.23.87

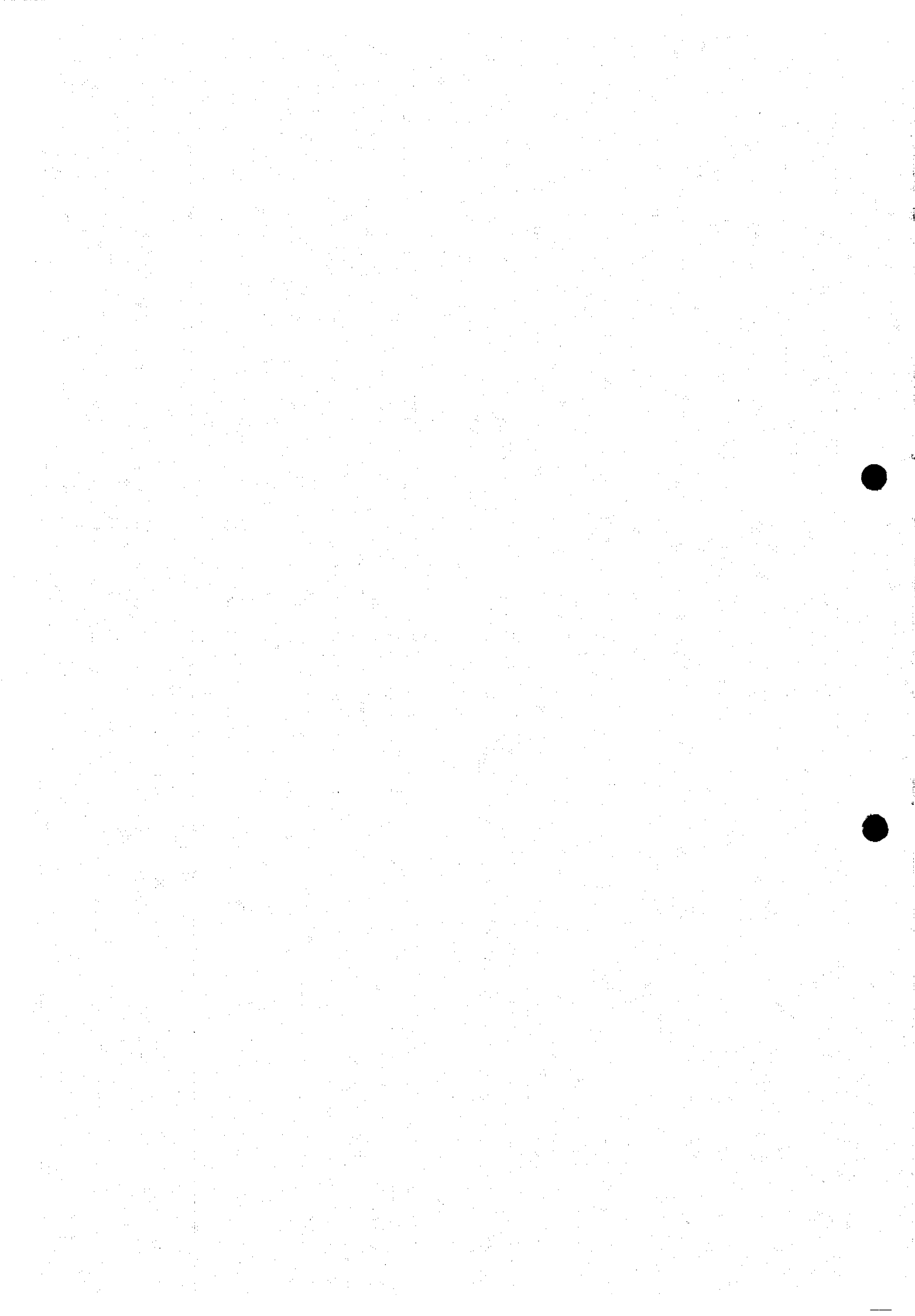
Branch : C.E.F.I.G.R.E.  
17-21 rue de Javel  
75015 PARIS

Phone : (1) 578.16.87.  
(1) 577.60.70

P R E S E N T I N G      C . E . F . I . G . R . E .

C.E.F.I.G.R.E. was a joint creation of the French government and the United Nations Environment Programme (UNEP), with the object of meeting the needs of the international community in their struggle to control water resources.

C.E.F.I.G.R.E. is more than a centre for theoretical and practical training of managers and decision makers in the fields of water resources. It is also a meeting place for the exchange of ideas, where research and economical and technical synthesis, can take place, and where a considerable library of documents will be available to the researchers and specialists of all countries.



### ORGANIZATION

C.E.F.I.G.R.E. is an organization subject to French law, controlled by a board of Directors in charge of the administration and finance (the creation of C.E.F.I.G.R.E. on 21st September 1976 was published in the Official Journal of the French Republic on 5th November 1976).

This board is assisted by a Scientific Council charged with steering and controlling the research and training activities of the Centre.

The international vocation for C.E.F.I.G.R.E. is emphasized by the composition of the Scientific Council whose around thirty members, are :

- for one third, delegates from international organizations (governmental or non-governmental) who are working on problems connected with water, in particular the specialised organizations and institutions of the United Nations .
- and for the other two thirds, chosen equally from personalities from France and from other countries who are known for their activity in these fields concerned by water resources management.

The United Nations Environment Programme (UNEP) contributes to a considerable extent to the Center's operations, in particular to cover the grants made to students and trainees coming from developing countries. The French Government, together with contributions from national and international organizations, make up the rest of this endowment.

For the coming years, C.E.F.I.G.R.E. will be able to finance a total of 1000 trainee/weeks and 200 research student/months.

### THE AIMS

The principal objectives for C.E.F.I.G.R.E. are as follow :

- to put at the disposal of the international community a meeting place for the exchanges of views and to organize seminars and discussions on all those questions which interest decision makers in the field of water management.

- to organize information courses and training sessions for decision makers planners, and managers of water.
- to provide the training of those who will themselves train others in all the fields and at all levels of water management.
- to offer to high level specialists, experts, teachers and researchers, a congenial surrounding in which they can bring to a successful end, during a long stay, a work of synthesis or research on a theme concerning their country, their geographical region, or the international community.
- to make an inventory and to assemble, classify and make available to decision makers, managers, and technicians, an appropriate documentation.

This group of aims is intended to be of particular interest to the developing countries.

C.E.F.I.G.R.E. has in no way the intention of imposing an arbitrary programme or timetable in training for water resources management. The Centre favours discussions and studies of the problems posed in the management of water resources, and thus offers, to the managers and decision makers, the means of specifying themselves the nature and the extent of their requirements. C.E.F.I.G.R.E. hopes that the training and study activities which it initiates will be integrated in national or international programmes of improvement of water resources, in such a way that an immediate practical application can be made of the training given.

The training can be *regionalized*, that is adapted to the specific requirements of a group of countries or of a given region, or even specially conceived to resolve the particular problems of one country or a particular concerned.

The whole of the activity of C.E.F.I.G.R.E. is programmed, taking into account the recommendations and wishes formulated by the International Organizations and National Administrations in meetings of the Scientific Council and study seminars which are organized at regular intervals on specific themes.

### ACTIVITIES

The Centre is run by a small permanent team of about ten, comprising experts both French and other nationals, among whom figure several scientific specialists. These specialists are in charge of the Scientific Secretariat, the documentation, the preparation of the training, and the supervision of the trainees.

The training is to be given by eminent visiting professors recruited at an international level. They have practical and wide experience of the problems of water management at a very high level. This organization allows the Centre to have great flexibility and to ensure that the training is commensurate with the needs expressed by various countries.

Activities of C.E.F.I.G.R.E. are organized into :

- high level seminars, of short duration, assembling experts from different countries to deliberate on questions which are later to be the subject matter of training and study.
- training sessions, according to a programme submitted to the Scientific Council of C.E.F.I.G.R.E. These sessions will bring together some thirty participants for several weeks.
- studies and research missions, which allow a research student or a small group to investigate a subject in depth during a fairly long period.

The different ways, in which activities take effect, are shown in the table reproduced on the last page of this brochure.

TABLE OF CONDITIONS OF OPERATION IN CEFIGRE

ACTIVITY	OBJECTIVES	INTERNATIONAL ORGANISATIONS AND COUNTRIES INVOLVED	MAIN ACTIVITY	QUALIFICATIONS OF PARTICIPANTS	NUMBER ENVOLVED	DURATION
Seminar	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Exchange and challenge of ideas</li> <li>. Amonging training or study activities in a bilateral or multilateral working group</li> </ul>	All	Open and multidisciplinary theme	Having important responsibilities in the field of water resource management	60	1 week
Training session	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Training of teachers</li> <li>. Gaining knowledge</li> <li>. Exchange of experience</li> <li>. Appreciation of new techniques and of modern management methods</li> </ul>	Group of countries interested in a theme	Specific subject, Practical, integrated and didactic approach	Having responsibility for a programme, for development, for a project or a technical structure	25	3 weeks or more
Study mission	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Contribution to research</li> <li>. Scientific investigation in connection with problems met in the country originating the research or the means of research</li> </ul>	The country or organisation originating the request	Scientific approach subject examined in detail and critically	Carried out by a mission or an organised research team	Small mission group	From 1 week to 2 weeks
Study report (individual student)					individual	6 months to 1 year or more

## CONTRIBUTION DU CEFIGRE

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

Nous avons, au CEFIGRE, préparé pour le séminaire de Niamey une intervention faisant un certain nombre de suggestions d'action.

Compte tenu de la qualité et du nombre de propositions faites par les différents états et les organisations présentes, j'ai cru bon d'orienter ma présentation orale d'une manière différente.

Il me semble néanmoins intéressant de soumettre à votre appréciation les considérations et suggestions qui suivent

Nous serons, au CEFIGRE, très heureux d'avoir vos réactions aux propositions évoquées ci-après.

I . CHERET

+ + +

1 - LES TROIS NIVEAUX DE PERTE DE L'INFORMATION DANS  
L'ELABORATION D'UNE STRATEGIE GLOBALE

Le problème complexe auquel sont affrontés les administrations et organismes de mise en valeur des Etats concernés réside principalement dans l'élaboration progressive d'une stratégie de développement intégré des zones arides et semi arides. Il s'agit en fait pour les institutions citées de rechercher les voies les mieux adaptées à l'objectif défini par des orientations politiques qui sont en général et avec les nuances de spécificité existantes relativement communes aux Etats, à savoir :

- la lutte contre la désertification
- l'autosuffisance alimentaire
- la sédentarisation des populations
- la maîtrise des ressources en eau disponibles
- la réorganisation et la modernisation des activités traditionnelles
- l'introduction d'activités nouvelles.



Il sera rappelé d'une manière certainement brillante et toujours justifiée, dans cette enceinte ou en d'autres lieux et circonstances, les contraintes d'information et d'insuffisance de données hydrologiques, sociologiques, économiques, etc ... qui handicapent l'élaboration d'une telle stratégie. Tout en partageant les préoccupations exprimées sur ce sujet, j'en suis venu à m'interroger sur les possibilités de valorisation de l'information existante. Cette interrogation ne m'a pas été dictée par un souci de manipuler le paradoxe mais plutôt par la constatation qu'au delà d'une information qui n'existe pas et qu'il faudra créer, il en existe une qui se perd à trois niveaux :

1er niveau : s'il est séduisant intellectuellement de se conforter dans l'idée qu'il est aisé d'établir un cycle d'information technique et sociologique permanent entre l'aménagement local ou régional en tant que source inestimable d'enrichissement et de réajustement et une stratégie globale d'aménagement de ces zones, les choses se révèlent beaucoup plus complexes dans la réalité. Une conception globale alimentée d'une manière quantitative et qualitative par les résultats parfois inattendus d'une action suppose et implique une unité de suivi scientifique, sociologique et économique de l'aménagement. Or, il paraît difficile, dans la situation présente, aux pays en voie de développement d'affecter à de telles missions des hommes qualifiés appelés par ailleurs à affronter des tâches plus urgentes et plus contraignantes. On pourrait citer, à l'appui de ce point de vue, le fait difficilement contestable que des stations de recherche et d'expérimentation hydro-agricoles ou d'élevage disposent en général d'effectifs qualifiés très nettement insuffisants. Grâce aux efforts considérables de formation entrepris par les Etats concernés, efforts auxquels le C.E.F.I.G.R.E. pourrait éventuellement s'associer s'il était sollicité en ce sens, il est probable que ce phénomène disparaîtra à moyen ou à long terme. Pour l'instant, il existe et il constitue un handicap sérieux à la création et à l'enrichissement d'une stratégie globale.

2ème niveau : le second niveau évoque l'aspect d'exploitation non permanent et non synthétique de travaux d'études ou de recherche initiés par les structures compétentes et concernées d'un Etat. La cause est selon nous identique à celle qui a engendré le premier niveau, à savoir que les cadres, malgré leur extrême compétence et dévouement, sont surchargés de missions prioritaires qui ne leur laissent pas le loisir de sélectionner et de valoriser une littérature d'études et de recherche qui devient de plus en plus importante. Puis-je rappeler à ce sujet que les 6.000 références documentaires générales retenues et sélectionnées par le C.I.E.H. et le C.E.F.I.G.R.E. dans leur document commun sont considérées par leurs auteurs comme un minimum vital à connaître sur le sujet. Il faut ajouter à cela trois précisions complémentaires pour pouvoir mesurer et apprécier l'ampleur du second niveau :

- les responsables du C.E.F.I.G.R.E. et du C.I.E.H. chargés de la préparation du séminaire n'ont pu, faute de temps, étudier et dépouiller d'autres références documentaires.
- le travail d'étude et de dépouillement est estimé à 7 mois d'Ingénieur et 10 mois de documentaliste.
- aux références générales, il est nécessaire d'ajouter les références spécifiques de chaque Etat.

3ème niveau : MM. ZIEGLE et VAN DAMME ont bien voulu, à la demande du C.I.E.H. et du C.E.F.I.G.R.E., accepter de développer devant vous le thème de l'échange et de solidarité dans l'information dite horizontale, c'est-à-dire entre Etats en voie de développement, chez lesquels le problème étudié par notre séminaire se pose en des termes hydrologiques, économiques et sociologiques relativement comparables. Dans la mesure où chaque Etat a fait porter, en fonction de ses propres préoccupations, ses efforts dans telle ou telle direction de recherche ou d'aménagement, il paraît utile de rappeler l'intérêt des échanges entre structures compétentes et homologues des Etats, échanges qui existent mais qui en se renforçant réduiraient considérablement ce troisième niveau de perte de l'information. L'échange suggéré toucherait aussi bien les concepteurs-décideurs des Etats concernés que - et surtout - les responsables affectés à la réalisation d'un aménagement. Il n'est par ailleurs pas totalement irréaliste de suggérer que de tels efforts puissent porter sur des expérimentations dont les résultats sont lents à l'échelle humaine. Il n'est pas impensable par exemple, et c'est même souhaitable, qu'une essence forestière expérimentée positivement dans une région au prix d'années d'efforts puisse être reprise dans un autre pays offrant des conditions écologiques et climatologiques analogues.

#### 1 bis : ESQUISSE D'UNE PROPOSITION.

Suffit-il de constater ? D'ailleurs, un tel constat n'est-il pas entaché d'erreur et ne mérite-t-il pas d'indispensables nuances ? Vos interventions, que je souhaite nombreuses tout-à-l'heure, répondront à cette interrogation. Je prends dans l'immédiat les trois hypothèses de perte de l'information évoquées précédemment pour esquisser et vous soumettre une proposition concrète d'intervention qui, si elle était amendée, critiquée et retenue, impliquerait une solidarité financière et technique des Etats, organisations, organismes et instituts que vous représentez.

Avec évidemment l'approbation et le soutien des structures des Etats concernés, ma proposition consiste à essayer de suggérer une expérience de création par Etat d'une cellule de planification, de gestion et de recherche des ressources et vocations des zones arides et semi-arides. Nous excluons compte-tenu du thème du séminaire et compte-tenu également d'implications complexes les ressources autres que celles de l'agriculture, de l'élevage et de la forêt. Le C.I.E.H. que je représente sentimentalement et le C.E.F.I.G.R.E. que je représente officiellement pourraient apporter conjointement ou séparément leurs expériences et leurs moyens à la mise en oeuvre d'une telle proposition :

- a) il s'agirait tout d'abord et au regard du problème affronté de définir des ensembles de pays en voie de développement pour lesquels le problème de l'aridité ou de la semi-aridité se pose comme nous l'avons dit précédemment en des termes hydrologiques, économiques et sociologiques relativement proches. A l'intérieur de cet ensemble, chaque Etat accepterait de se priver au regard des moyens disponibles et au regard de l'objectif poursuivi des services durant cinq semestres (deux ans et demi) de trois personnalités en mesure d'assumer ultérieurement des missions de :

- planification de développement des zones arides à l'échelle nationale.
- gestion des ressources et vocations à l'échelle régionale.
- recherche et d'expérimentation, de recueil et d'exploitation des résultats à l'échelle locale.

b) Le premier semestre rigoureusement et totalement consacré à l'information visuelle et sociologique porterait sur une affectation auprès d'une structure de base représentative des populations (municipalité) ou administrative (antenne de santé animale, centre forestier ...). Il n'est pas attendu de cette phase initiale la rédaction d'un rapport de synthèse mais plutôt la rédaction de notes personnelles sur des sujets et aspects d'inégale importance faisant ressortir les interrogations et incertitudes des trois stagiaires. Il est indispensable que de telles impressions soient cloisonnées au maximum dans leur formulation afin d'éviter des interférences influencées. Cette première phase serait du ressort exclusif et de la compétence des Etats.

c) la seconde phase (deuxième semestre) porterait sur l'enseignement et la familiarisation avec des techniques d'exploitation et de diffusion documentaires en vigueur ou en création notamment dans différents organismes comme le C.I.E.H., le C.E.F.I.G.R.E., l'A.F.E.E., le W.R.C., le Centre de La Haye représenté par M. VAN DAMME et d'autres probablement que je ne cite point, bien qu'ils le mériteraient, par souci de ne pas trop alourdir mon exposé. Au cours de cette seconde phase, les personnalités invitées au stage seraient appelées à :

- s'initier à des techniques modernes d'exploitation et de gestion documentaires,
- visiter et prendre connaissance des systèmes d'organisations documentaires mis en place dans les organismes déjà cités ou dans d'autres,
- s'initier à une pratique sommaire mais utile de la langue anglaise pour les stagiaires francophones.

Sous réserve d'une concertation et d'une assistance internationales en mesure de supporter les charges financières d'une telle phase, le C.E.F.I.G.R.E. pourrait en prendre la responsabilité de conception et d'organisation.

d) la troisième phase serait consacrée au dépouillement, à l'étude sélective et critique des documents à référence générale ou spécifique (Etat) liée au sujet. Pour les Etats membres du C.I.E.H., cette phase pourrait être organisée par l'organisme cité. Pour les ensembles constitués par des Etats qui n'appartiennent pas au C.I.E.H. cette phase pourrait être mise en place par le CEFIGRE.

e) la quatrième phase est une phase d'étude et de réflexion (contrairement à la première phase considérée comme phase d'information) sur des aménagements en zone aride (1 par pays constituant l'ensemble retenu). Ce semestre sera articulé autour :

- d'affectations auprès des structures techniques chargées de l'aménagement dans l'Etat dont ils sont ressortissants,
- de séjours de moyenne durée auprès des structures techniques homologues d'Etats appartenant à l'ensemble retenu.
- de missions de courte et moyenne durée auprès d'organisations internationales, d'organismes intergouvernementaux, d'Agences spécialisées dans les financements de projets en zone aride et semi-aride.

f) la cinquième et dernière opération portera sur :

- une confrontation totalement libre de l'ensemble de stagiaires assistés d'animateurs sur les enseignements tirés des quatre phases précédentes.
- une période consacrée à la rédaction d'un mémoire de données, de constatation et de suggestions relatives au sujet.
- une soutenance du mémoire devant, et pour chaque groupe de stagiaires, un jury présidé par l'autorité compétente de l'Etat concerné assisté des représentants des organismes impliqués par la mise en oeuvre d'une telle opération et d'experts conviés au titre de leurs expériences personnelles.

Il appartiendra évidemment à chaque Etat de situer, d'apprécier et de sanctionner au regard de ses propres normes universitaires les résultats de cette soutenance. Il reste entendu que le CEFIGRE demeure disposé à entreprendre auprès des administrations françaises compétentes et par la voie officielle, toute démarche permettant d'assister un stagiaire retenu et ayant l'approbation des autorités de son pays à poursuivre ses travaux de réflexion et de recherche dans un cadre universitaire français pouvant impliquer notamment l'obtention d'un doctorat.

QUELQUES REFLEXIONS SUR L'INDISPENSABLE ET DIFFICILE CONCERTATION  
DES COLLECTIVITES, STRUCTURES ET ORGANISMES IMPLIQUES OU CONCERNES  
PAR LE DEVELOPPEMENT DES ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES.

niveau de la (ou des) structure(s) politique(s) nationale(s) d'orientation et de décision (Gouvernement, Parti(s), Parlement ...) le problème de développement de ces zones est posé en termes de :

- a) justice sociale, de répartition équitable des efforts et résultats du développement et de solidarité nationale. C'est de cet objectif socio-économique que découlent à court et moyen terme les efforts de développer et moderniser des activités traditionnelles (agriculture, élevage) et d'implanter des activités nouvelles (petites industries, tourisme, artisanat, thermalisme ...) appuyé sur une volonté de désenclaver ces zones (infrastructures, transports, services publics ...).

b) protection d'un patrimoine écologique (lutte contre la désertification). Cet objectif à long terme entraîne deux conséquences :

. la première fait obligation aux structures techniques de conception, de planification et d'exécution de ne pas mettre en oeuvre des projets réalisables à court et moyen terme et dont les effets pourraient se révéler contradictoires avec l'objectif long terme. Cela est particulièrement vrai pour les projets d'hydraulique pastorale.

. la mise en oeuvre de travaux de recherche et d'expérimentation indispensable mais dont les résultats sont lents à se faire attendre et pourrait aux yeux d'une population et de ses représentants placés dans un contexte de survie présenter un caractère irritant sinon quasi provocateur.

c) responsabilisation de l'ensemble de la communauté internationale devant un phénomène qui a atteint parfois comme ce fut le cas il y a quelques années dans le Sahel des dimensions dramatiques et insupportables pour la conscience humaine.

Tout en me permettant d'évoquer les remarquables efforts de nombreux Etats, d'organisations et organismes internationaux et d'Agences spécialisées de financement ayant apporté leur savoir faire et leurs moyens financiers, il est peut-être intéressant de suggérer le renforcement de ces efforts par une concertation très large autour d'un bilan critique des actions entreprises et autour d'une sélection de nouveaux objectifs prioritaires en privilégiant la formation des hommes.

Au niveau des structures nationales conceptuelles techniques et de planification (Ministères - Administrations centrales) le dialogue qu'elles engagent avec les structures politiques ou techniques régionales et éventuellement avec des organes de financement extérieur est naturellement une entreprise de longue haleine compte-tenu de l'extrême complexité du problème. Les passages difficiles de cette concertation portent en général sur :

a) les contradictions entre certaines propositions régionales socio-économiques considérées comme allant à l'encontre de l'objectif long terme. La densité des points d'eau pastoraux à implanter est à cet égard significatif.

b) la difficulté qu'ont les Agences de financement autrement qu'à travers leurs propres critères d'analyse économique, d'évaluer les impacts dits sociaux d'un projet dont le financement est sollicité. Certains hauts responsables du développement de ces zones en Afrique estiment qu'il est possible suivant des critères classiques et éprouvés de cerner les investissements et les impacts chiffrables d'un projet. Il n'est pas possible, estiment ces mêmes responsables, de chiffrer l'exode rural, par exemple, qui pourrait être enrayé par la réalisation de ce projet, de même que l'entretien des ouvrages de l'aménagement crée des charges extrêmement lourdes à cause des facteurs physiques (ensablement par exemple).

- c) une intervention de M. ALOUINI de Tunisie, lors du séminaire sur la gestion régionale des eaux organisé par le CEFIGRE en Janvier 1978 à Sophia-Antipolis, nous rappelait, à travers l'exemple du Sud Tunisien, la difficulté à trouver le compromis acceptable entre un financement externe soucieux d'être utile et donc désireux d'être concerné par la finalité de l'opération et un concepteur-décideur légitimement soucieux de ne pas se laisser imposer une stratégie d'aménagement.

Nous pouvons citer à cet égard le débat non épuisé autour du choix (dans un contexte physique possible) entre les grands et les petits aménagements hydro-agricoles ou forestiers.

Le dialogue que les structures politiques et techniques régionales engagent avec les collectivités concernées par les interventions programmées nous autorise à aborder la troisième partie de notre exposé qui concerne l'homme en tant que finalité de l'aménagement, thème d'ailleurs que M. POATY, de la République Populaire du Congo et M. GURGAUD, du Ministère de l'Agriculture français ont accepté d'assumer.

### 3 - L'HOMME EN TANT QUE FINALITE DE L'AMENAGEMENT.

S'il arrive très souvent et dans tous les pays, que des structures d'aménagement soient parfois surprises sinon déconcertées par la réaction et le comportement d'une collectivité humaine devant un aménagement réalisé pour elle, c'est parce que, et cela est particulièrement vrai en zone aride et semi-aride, deux monologues ne constituent pas nécessairement un dialogue.

- a) ces notions fondamentales que sont la consultation et l'adhésion préalables des collectivités, leur participation critique pendant la réalisation de l'aménagement, la prise en charge responsable d'un projet achevé demeurent fortement liées à l'appréciation que l'Ingénieur chargé de l'aménagement a de ces problèmes. Entre un scepticisme exagéré dû parfois à des échecs antécédents et un enthousiasme démesuré dû à des succès faciles ou à une absence d'expérience, il est probable que la sagesse légendaire des populations africaines recommanderait un réalisme convaincu.

S'il est vrai que nul désormais ne remet en doute la nécessité d'une telle adhésion et d'une telle participation, les divergences portent sur la conception et la nature des moyens à mettre en oeuvre pour atteindre cet objectif. Nous formulerons nos suggestions sur ce problème non pas parce que nous estimons en détenir la solution satisfaisante mais plutôt parce que nous espérons qu'il sera largement évoqué dans vos recommandations finales.

Tout en prenant le risque d'apparaître comme archaïque et démodé, nous n'avons qu'une croyance modérée dans ce contexte précis, comme le C.I.E.H. et le C.E.F.I.G.R.E. l'ont dit dans le document qu'ils ont élaboré en commun, en des méthodes de diffusion de techniques onéreuses, audio-visuelles et modernes. Dans un contexte de vie difficile le cinéma est assimilé à une détente et à une évasion. Il faudra du temps pour qu'il devienne un moyen de diffusion technique et d'enseignement paysan.

Au delà de cette appréciation négative que je nuancerai lors des débats si vous m'y autorisez, je crois par contre avec beaucoup de conviction, à la pédagogie entraînant de l'agent de terrain qui parle une langue analogique, connaît les traditions et l'humour d'une population à laquelle il appartient et est en mesure d'expliquer les vertus d'un progrès. Je crois deviner votre objection essentielle à supposer que vous me fassiez l'honneur d'adhérer à ce point de vue. Le nombre de ces agents demeure très largement insuffisant au regard des besoins. Le C.I.E.H. et le CEFIGRE vous ont proposé dans leur document commun d'entreprendre des opérations de formation de formateurs de ce personnel, les futurs formateurs étant bien entendu recrutés au préalable parmi des catégories professionnelles (Ingénieurs de travaux) totalement impliqués sur le terrain.

- b) le temps est une notion diversement approchée par les structures d'aménagement et par les collectivités concernées. Pour les unes (structures d'aménagement) les efforts considérables et accélérés déployés pour le projet apparaissent trop lents aux autres (collectivités). Pour les autres (collectivités) les modifications trop rapides des structures traditionnelles sont cependant considérées comme trop lentes par les structures d'aménagement. Il arrive que la notion du temps soit un terrain de dialogue. Il peut arriver malheureusement qu'elle soit source de conflit.
- c) la sédentarisation visée et la mobilité de fait (nomadisme) sont parfois des notions également approchées d'une manière différente. Pour le nomade, sa mobilité est un mode de vie adapté à un contexte physique qui détermine l'activité économique principale à savoir l'élevage. Aussi est-il rare, est-il improbable qu'un pasteur se sente concerné - au sens de la sédentarisation - par un aménagement hydro-agricole ou forestier qu'il interprétera très souvent comme une réduction imposée des terres de parcours. Certains Etats ayant expérimenté des formules de protection et d'aménagements de parcours accompagnés de services mobiles (écoles nomades - antennes de santé et centres vétérinaires mobiles), il est permis de penser que c'est à travers le bilan de telles expériences que les contours d'une stratégie précise apparaîtront dans ce domaine. Notre réflexion exclut des possibilités de sédentarisation dues à des découvertes et à des exploitations de ressources pétrolières.

d) en zone aride ou semi-aride des difficultés de vie entraînent pour conséquence et dans un premier stade, une migration temporaire sans modification de l'activité (pasteur). Ce n'est que si les difficultés durent et se perpétuent que l'on assistera à une migration définitive avec changement d'activité, rarement vers les grandes villes mais plutôt dirigée vers les centres ruraux de petite et moyenne importance. L'émigration vers des pays limitrophes est un phénomène relativement courant. Par contre, l'émigration vers des pays d'Europe de populations originaires de ces zones demeure un phénomène relativement rare.

e) la multiplication des services sociaux demeure un instrument et une motivation de sédentarisation. Il est probable que hiérarchiquement, l'implantation de services de santé, de scolarisation, d'eau potable et d'électrification et accessoirement de loisirs peuvent conditionner fortement la sédentarisation d'agriculteurs ou de sans-emplois migrants. Pour les pasteurs le problème nous paraît plus complexe, comme nous l'avons exprimé précédemment.

Il est vrai qu'en la matière de nombreuses conceptions et réalisations (village - habitat dispersé) se sont fait jour. Il paraît évident d'affirmer que le seul arbitre objectif en mesure d'apprécier le choix adopté demeure la population qui en bénéficie.

#### 4 - PRE-RECOMMANDATIONS.

Les quelques réflexions précédentes me conduisent, non pas à conclure mais à essayer d'apporter une contribution aux recommandations que vous élaborerez en esquissant très sommairement quelques pré-recommandations qui je l'espère seront utiles à la commission chargée d'élaborer le projet de rapport final qui sera soumis aux participants du séminaire :

- a) nous devons nous efforcer de recommander des entreprises *UTILES, REALISABLES et ASSUREES* d'une forte probabilité d'accord des Agences et organismes de financement.
- b) il est probable que parmi les nombreux aspects sur lesquels nous serons appelés à formuler des recommandations, il en est qui méritent de notre part une attention toute particulière compte-tenu de leur importance et compte-tenu également des vocations du C.I.E.H. et du C.E.F.I.G.R.E., promoteurs de cette rencontre. Je rappelle brièvement :
  - . les thèmes de concertation, d'assistance et d'information mutuelle
  - . le thème de l'élaboration de stratégies possibles et de la valorisation de l'information.
  - . le thème de la formation des personnels d'encadrement.
  - . le thème des études et des travaux de recherche d'intérêt commun
  - . le thème des voies et moyens les plus adaptés à une diffusion des techniques auprès des populations.



- c) s'agissant de concertation, d'assistance et d'information mutuelles, les actions préconisées dans ce domaine pourront et devront, selon nous, associer les organisations internationales, les organismes intergouvernementaux et les agences spécialisées de financement. Dans toute une série de domaines que sont l'agriculture, l'élevage, la forêt, ... il n'est pas irréaliste - du moins nous le pensons - d'imaginer et pour reprendre une expression chère aux organisations internationales, la mise en place par Etat, d'une sorte de "point focal" de l'aridité et de la semi-aridité, qui ne serait autre que la cellule de la planification déjà suggérée au début de mon exposé et qui entre autres missions rassemblerait des préoccupations techniques et de recherches des structures compétentes de son pays et les répercuterait sur des structures homologues d'autres Etats ou sur des organisations internationales ou organismes spécialisés dans l'espoir d'y trouver une réponse. Il assurerait également la diffusion de l'information autorisée par son pays sur le sujet auprès également des structures auxquelles cette information pourrait être utile.
- d) s'agissant de l'élaboration de stratégies possibles et de la valorisation de l'information, vous nous avez permis d'esquisser toute l'heure une proposition sur ce sujet.
- e) en ce qui concerne la formation des personnels d'encadrement, j'adhère personnellement et totalement aux termes dans lesquels ce problème a été posé par le C.I.E.H. et le C.E.F.I.G.R.E. dans le document élaboré en commun par ces deux organismes. Je me permets de vous inviter à examiner avec le maximum d'attention et de bienveillance critiques la proposition centrale qui découle de ce document et portant sur une action de grande envergure et soutenue financièrement par les Etats et organisations internationales intéressées et concernant la formation de formateurs. Je crois que le C.E.F.I.G.R.E., si vous l'y autorisiez et si vous l'aidiez, serait en mesure de mener à bien une telle oeuvre.
- f) en ce qui concerne les études et travaux d'intérêt commun, il est important d'en sélectionner les thèmes d'utilité prioritaires.

Il me paraît du devoir de notre séminaire d'assister le C.I.E.H. (lorsque dans moins d'une année il rendra compte à Messieurs les membres du Conseil des Ministres des Etats membres, des résultats de nos travaux) à accompagner ce compte-rendu d'un programme cohérent et utile d'études et de recherche à soumettre aux autorités du Conseil.

Je vous remercie, Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs, de l'attention que vous avez accordée à mon intervention.

I. CHERET.

INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS  
DEALING WITH WATER POLICY FOR AGRICULTURE AND STOCK BREEDING  
IN ARID AND SEMI-ARID AREAS

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEBRUARY, 1979

I.C.H.S.  
INTERAFRICAN COMMITTEE  
FOR HYDRAULIC STUDIES

I.T.C.W.R.M.  
INTERNATIONAL TRAINING CENTRE FOR  
WATER RESOURCES MANAGEMENT

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ INF. 4

January 23, 1979

ENGLISH

Original : French

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

THE ROLE OF WATER IN ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT  
IN RURAL AREAS

Michel RAIBAUD  
Departmental Direction of  
Agriculture  
MONTAUBAN

## THE ROLE OF WATER IN ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT IN RURAL AREAS

Our intention is to try to stress the importance of a correct water policy in rural areas, as a determining factor of the economic and social development in the less developed countries, in the light of our American experience.

The tragedy of SAHEL has drawn attention, for some time at least, to the economic and social situation, at best precarious, of rural areas in the less developed countries. In the Sahelian zone, at the end of the twentieth century, the economic threshold of survival has not yet been achieved. The exceptional climatic conditions can lead one to think that SAHEL is a particular case. In fact, rural areas in this country are confronted in general, with the same problems whose critical character is hardly less important for the inhabitants.

At the present time in the less developed countries, it is noticeable that there is an increasingly greater disparity between the rural world and the rest of society. This situation is particularly glaring in countries which have started to evolve economically and socially. It is no exaggeration to say that rural districts are often considered to be a hindrance to economic and social development. Thus, for fear of effectiveness and immediate profit, action in rural environments are restricted more and more to ill-considered intervention which are superimposed, rather than integrated, into rural structures. A rural proletariat is created to the detriment of rural man. All this has little effect on the rural world. Because of this, the rural man feels that he is being kept apart from the economic and social evolution. This results, for generations to come, in an increasing hostility to the rural world.

One not only finds in the interior of these countries the same economic and social split which characterises the world as it is, but there is a veritable economic and social "desertification" of the rural world.

However, this maladjustment is inappropriate to a true economic and social policy. All responsible people in the under developed countries know this perfectly well. The rural world because of its economic and social weight must necessarily join in the under developed countries. The potential of the rural world as a producer and equally as a consumer of goods cannot be ignored any longer. At the present time, the industrial equipment of the under developed countries cannot be fully used due to lack of internal markets which determine profitability. Due to this fact, the countries concerned lose all the economic advantages due to local valuation of products from raw materials which they produce. This blockage results in important economic and social restraints. This leads to a dependence incompatible with the justifiable hopes of the under developed countries.

All the same, technological development cannot be carried out however fundamentally the technologies are adapted. The economic and social emancipation of the rural world allow this difficulty to be overcome.

The under developed countries equally have need of the rural world to satisfy requirements which are becoming more and more important ; increase and variety of foodstuff, increase in the number of non-productive materials due to the development of other economic zones, improvement in the standard of living.

Also it is the cause of multiple economic restraints. These two essential functions of the rural world, closely dependent on each other, create many co-related problems endemic to economic and social development.

But the rural world equally has an important role to play in maintaining the social equilibrium of young societies. It is perhaps the counterweight indispensable to the urbanisation whose rate of growth is often imposed by outside influences. The possibility of controlling the transfer of manpower must also be mentioned. That is to say, the development of the rural world can allow the indispensable attuning of society in the under developed countries.

We have quickly underlined the economic and social importance of the rural world. This must be integrated in the best possible conditions into the activity undertaken by the under developed countries : their economic and social growth. It being understood that this is prescribed by the growth of our world.

Water perhaps makes available to man the determining factor in opening the rural world to economic and social development. True growth cannot be achieved except by the intervention of man. Whatever the degree of technical knowledge attained in a society, it is man who puts the techniques to work. We are in a position to record that in under developed countries, it is man who definitely controls economic and social development. This is equally true for the under developed countries and particularly for the rural world. It is the hostility even of the rural environment which demands the presence of man who by his overall control is alone able to transform this environment in a lasting way. Now, water is indispensable for man, not only to survive but equally to stabilise his work and his condition by improving his lot and standard of living.

It is by this stabilising of rural man's way of life, that he will effectively be able to join into the economic and social development. Water made available to man is thus the basic water policy in rural districts. That is to say, that water must be considered not only as an indispensable factor for production but equally as an important element in the improvement of living conditions in rural districts.

It has been said that in rural districts, in under developed countries, is to be found a vast cemetery of good intentions. It is a fact that numerous activities have been very expensive and the results are too often deceptive for promoters and users alike.

There is no question of legal action in respect of this work. Only they provide a fund of experience from which to draw. Perhaps the possibility of indoctrinating the rural man to modern techniques has too often been

neglected. This man has always been submitted to the restraints of a tradition all the bigger the more hostile the environment. This past history, associated with present day economic and social stagnation, gives to the rural man the possibility to develop to which he is entitled. Technology put into execution could then be adapted to these conditions. There could be also the initiation and technical development of the rural man. It is for this reason that we are insisting on this idea for water control.

This is particularly true for hydro-agricultural arrangements which even before work begins are shown to be generally unsuitable.

The economy of the rural world is self-contained. It is limited to family level, at best to the village. For this reason, the hydro-agricultural arrangement with its intensive production does not meet the immediate requirements of the rural man. Often it is in competition with a traditional production. On the other hand, the economic and social structures of rural districts do not allow at present a spot valuation of the plus-value, by the improvement of the standard of living. There is therefore no real motive for the rural man to use hydro-agricultural methods which increase his problems. For fear of reducing his initial investment to satisfy the profitability, by a deliberate choice of a technique having a rural character, by a lack of continuity in his activities, he ends up with a hydro-agricultural arrangement which is practically unusable.

One forgets too often that it is necessary to have a lot of practical experience to control a water supply, manage an enterprise, evaluate the yield of a canal, distribute water over a plot of land. The initial choices only make the intervention of the peasant still more difficult. The peasant, uninitiated, badly or not at all instructed, is quickly confused by this technique. He becomes disinterested. That only makes him more wary of irrigation techniques. This results in his investment being far from profitable.

On the other hand, the risk presented by a conglomeration of hydro-agricultural complexes cannot be ignored, especially when of an industrial nature, devoted to the export market. These large complexes are necessary to initiate commercial exchanges. They allow, in effect, short-term criteria of efficiency and of profit which are indispensable in our modern world, to be satisfied. But for many years they are going to monopolise an important part of the available finances, of technical resources, means of control and that on very limited geographical sectors. The local effects are equally limited and only concern a small part of the rural world. Because of this, they reduce or even make impossible all interference in the remainder of the rural world intent on, for several years more, economic and social stagnation. Now, the capacity of economic absorption of these big enterprises is limited by the available funds.

On the long term, they can therefore provide a brake on economic and social development.

We have stressed certain negative aspects of hydro-agricultural developments. It is an established fact whose partially is due to our deep conviction that it is a fundamental error not to give the rural man the possibility to participate. The technical level that we have achieved in the handling of water and in agronomics allows us to overcome physical restraints which are more and more difficult. We have effective means, but we allow ourselves to be conditioned by them. We think in technical and economic terms, we organise, we plan but we ignore the rural man. Have we truly realised what the rural man feels about the way he lives. He needs much human dignity to put up with such restraints.

We are too often stopped by the hostility of the environment from considering the rural districts. In reality, what characterises the rural world in under developed countries is the lack of consideration.

The rural world must at all costs open up to welcome all those of whom it has a vital need ; the school teacher, the doctor, the craftsman, the technician, the engineer, the tradesman ... It is common to hear said generally by those who do not know the rural world, that there is a withdrawal from the rural world by African administrators. This is true, but before judging these men, it is necessary to know whether the self-denial which some have shown can be demanded from all. This is admirable but it does not correspond to normal conditions of work. The young employee taken on in a rural environment must be decently housed and his wife and children looked after.

What good purpose would be served by the formation of agricultural technical teams if in other respects they are not introduced to this world in which they will have to live and work. How can one hope to attract the young and dynamic and keep them in a rural environment, if they cannot hope in the short term, to see their lot improved.

It is this improvement in future prospects which will allow the integration of the rural world into large scale economic and social development to take place.

Now, the availability of water is an essential factor in the improvement of welcoming prospects in the rural world. Due to this fact, water supply and facilities for hygiene would have to be priorities in the management of a rural area. Let us remember that lack of water supply and sanitation are one of the determining reasons for bad health and living conditions. These conditions result in a strong prevalence of chronic illness and general debility and a high infant mortality. The reason for the precarious conditions of life for a man in rural districts. Such action would notably increase available manpower in rural areas, at the same time welcoming those that are needed.

There would be, at the same time, an improvement in the quality of life in rural areas. It would supply a motivation for rural man and his faculties for reception and evolution would be strengthened.

On the other hand, this opening up of the rural world would be the beginning of economic circuits which would allow the work of the rural man to be better evaluated. It is on this basis that the equipping of the rural world must be carried out. Rural man will then have his true place in society in becoming the motivating force in the economic and social evolution of his environment.

But in effect, can we put water at the disposal of man, such as we know him. It is scarce and costly. That is true but it is wasted enormously. It is why rural management must be incorporated in the framework of a real water policy which, while defining the actual possibilities, priorities and the techniques for implementing it, will tend to optimise the use of water resources available to us.

In rural management irrigation is considered to be of basic interest, a technical evolution which is essential. Now, irrigation is expensive ; it uses a lot of water, of which often an important quantity is useless even harmful to the plants and dangerous for the soil. In reality, irrigation is only justified when it is economically viable. This is seldom the case. So, is it really necessary to promote the use of irrigation.

In modern agronomy, the development of genetics allows us to obtain a plant able to support particularly tough climatic conditions. The reduction in the time required to raise crops, increase of resistance to drought, helps to adapt them to rainfall and other risks. The eventual decrease in yield being largely compensated by the possibility of a large spread which would minimise the financial charges. Agronomic research, if well directed, can have an important effect on the rational exploitation of our water resources.

Conservation, care and treatment of soil, improvement in soil retention, permit us equally to make the best of the rainfall. These activities have, in addition, the advantage of preserving the soil in spite of inefficient irrigation.

As for the irrigation, its technique has greatly improved. A notable reduction in losses and a better use of the water at plant level resulting in considerable improvement in consumption. Flexibility and reduced organisation provides a tool better adapted to a man lacking in experience. Localised irrigation has a definite future. We have been able to confirm this with the farmers. On the other hand, suitable equipment can be produced locally. For the farmer the recurring charges are considerably reduced.

By adapting the technique and application of irrigation one can reckon on a tangible economy of water made available for other purposes. On the other hand, the reduction in water consumption per hectare permits the use of new water resources.

For the implementation of a water policy, we are now in possession of a trump card. These are the new sources of energy, such as solar energy and even aeolian energy. These sources of energy available on the spot present great possibilities for exploiting water resources in rural areas.

It is thus that up to now the use of underground water has been restricted by the prohibitive cost of energy and lack of equipment. For free and available, these sources of energy, when properly exploited, must provide rural man with new water resources which are economically viable. The possibility of supplying water under pressure changes the schema of water policy in rural districts. In association with modern irrigation techniques, these new sources of energy provide particularly flexible methods of production. One can envisage small networks adapted to supply rural areas. These new sources of energy offer the means of carrying out water supply and sanitation for the benefit of the rural population.

They can, because of this, completely change the life style in rural districts.

Water policy must, therefore, take every opportunity to exploit these new sources of energy.

A water policy in the framework of rural management must take into consideration the needs of man to improve his life style. Water is an essential element of social equilibrium indispensable to a true economic development. A water policy must promote a sensible management of water resources while combining all means at its disposal at the time to better exploit this capital. Water must no longer be considered as only a cog in the wheel of production.



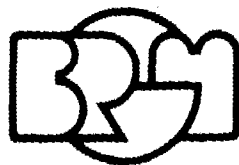
**MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE**

**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

## **ARIDITE ET RESSOURCES EN EAU**

(Conférence au Séminaire international sur la politique de l'eau  
pour l'agriculture en zones arides et semi-arides  
C.I.E.H./CEFIGRE - Niamey, Février 1979)



**Département hydrogéologie**

**79 SGN 255 HYD**

**MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE**

**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

# **ARIDITE ET RESSOURCES EN EAU**

par

**J. MARGAT**

(Conférence au Séminaire international sur la politique de l'eau  
pour l'agriculture en zones arides et semi-arides  
C.I.E.H./CEFIGRE - Niamey, Février 1979)



**Département hydrogéologie**

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

**79 SGN 255 HYD**

**Mars 1979**

## RESUME ANALYTIQUE

1. Répercussions de l'aridité sur l'économie de l'eau : effets de l'aridité (fait climatique) sur les besoins en eau et les demandes, et effets de sa traduction hydrologique (arésisme) sur les ressources en eau (offre).
2. Contraintes et caractères spécifiques du cycle de l'eau naturel en zone aride et semi-aride :
  - faiblesse et irrégularité des apports en quantité ;
  - rareté et désorganisation dans l'espace, discontinuité dans le temps des écoulements de surface ; écart apport/écoulement ;
  - relations particulières eaux de surface/eaux souterraines ; indépendance relative des issues naturelles ;
  - caractéristiques physiques et chimiques des eaux.
3. Conséquences sur l'évaluation des ressources en eau : inadéquation des schémas et des procédures adaptées aux zones humides ; additivité relative des ressources en eau de surface et en eau souterraine ; difficulté d'évaluation des ressources en eau de surface : attention majeure à porter à l'évaluation des flux et des réserves d'eau souterraine (exemple : zone soudano-sahélienne d'Afrique de l'Ouest).
4. Conséquences sur la mobilisation des ressources en eau (hors cas des ressources importées) : mobilisation du ruissellement, priorité à la petite hydraulique ; conjugaison de la mobilisation des eaux superficielles et souterraines, captage des eaux souterraines ; exploitation des ressources renouvelables et des ressources non renouvelables (exemples : Australie, Sahara, Texas).
5. Conséquences sur la politique de l'eau : nécessité accrue de conjuguer les actions sur les demandes d'eau (choix des utilisations prioritaires, enchaînement des usages, réduction des consommations inutiles) et les actions de mobilisation des ressources ; interdépendance de la connaissance et de l'exploitation des ressources, donc des actions d'étude et de gestion ; intérêt de ne pas confronter les demandes aux seules ressources renouvelables et de planifier et gérer aussi l'exploitation des ressources non renouvelables disponibles : avantages, nécessités de contrôle et de relais à terme.

ABSTRACT

1. Repercussions of the aridity on the water economy ; effects of the aridity (climatic fact) on water needs and demands, and effects of its hydrological expression (areism) on the water resources (supply).
2. Restraints and specific characteristics of the natural water cycle in arid or semi-arid zones :
  - slightness and irregularity of yields in quantity ;
  - scarcity and disorganization in space, discontinuity in time of surface runoff water yield/runoff divergence ;
  - particular relationships of surface waters/groundwaters, relative independence of the natural outlets ;
  - physical and chemical characteristics of the waters.
3. Consequences on the estimation of the water resources : inadequacy of the concepts and procedures carried out in wet zones ; relative additivity of the surface water and groundwater resources ; difficulty of estimating the surface water resources ; greatest care to be given to the estimating of the ground water flows and reserves (e.g. Sudano-sahelian area of West Africa).
4. Consequences on the mobilization of the water resources ( a part from the case of imported resources) : mobilization of the surface runoff, priority to small hydraulics ; conjugation of the mobilization of the surface and groundwaters ; development of the groundwater : exploitation of the renewable and non-renewable resources (i.g. : Australia, Sahara, Texas).
5. Consequences on the water policy : increasing need to conjugate the actions on the water demands (choice of priority utilizations, linking-up of uses, reduction of unnecessary consumption) and the actions of mobilization of resources ; interdependence of the knowledge and exploitation of the resources, therefore the work of study and management ; desirability of not comparing the demands to the renewable resources alone, and of planning and managing also the exploitation of the available non-renewable resources : advantages, needs for future checking and relay.

PREAMBULE

Ce texte dérive d'une conférence, exposée au Séminaire international "sur la politique de l'eau pour l'agriculture et l'élevage en zones arides et semi-arides", organisé à Niamey (Niger) par le C.I.E.H.\* et le C.E.F.I.G.R.E.\*\* en février 1979. Il constitue un aide-mémoire sur les *contraintes* imposées par l'aridité et ses répercussions hydrologiques sur les ressources en eau et sur leur utilisation ; conséquences sur la conception même des ressources et sur la méthodologie de leur évaluation, conséquences sur les conditions de leur mobilisation et sur les choix de "politique de l'eau".

L'accent est mis naturellement sur l'importance particulière des eaux souterraines et sur l'intérêt de ne pas négliger de mobiliser les ressources non renouvelables procurées par l'exploitation des grands réservoirs aquifères captifs -comme on en citera plusieurs exemples-.

\* C.I.E.H. Comité interafricain d'études hydrauliques  
Ouagadougou - Haute-Volta

\*\* C.E.F.I.G.R.E. Centre de formation internationale à la gestion des  
ressources en eau  
Sophia-Antipolis - France



SOMMAIRE

	PAGES
1. <u>INTRODUCTION - REPERCUSSIONS DE L'ARIDITE SUR L'ECONOMIE DE L'EAU</u> .....	1
2. <u>CONTRAINTES ET CARACTERES SPECIFIQUES DU CYCLE DE L'EAU NATUREL EN ZONE ARIDE ET SEMI-ARIDE</u> .....	5
2.1. Faiblesse et irrégularité des apports .....	5
2.2. Dégradation, rareté et irrégularité des écoulements .....	6
2.3. Relations eaux superficielles/eaux souterraines .....	7
2.4. Qualité des eaux .....	7
3. <u>CONSEQUENCES SUR L'EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU</u> .....	9
4. <u>CONSEQUENCES SUR LA MOBILISATION ET L'EXPLOITATION DES RESSOURCES EN EAU</u> .....	15
4.1. Eaux superficielles .....	15
4.2. Eaux superficielles et eaux souterraines combinées .....	16
4.3. Eaux souterraines .....	16
5. <u>CONSEQUENCES SUR LA POLITIQUE DE L'EAU</u> .....	21
5.1. Interaction évaluation/exploitation des ressources .....	21
5.2. Choix d'aménagement et d'exploitation des ressources.....	22
5.3. Utilisation des ressources non renouvelables .....	24
ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE .....	25



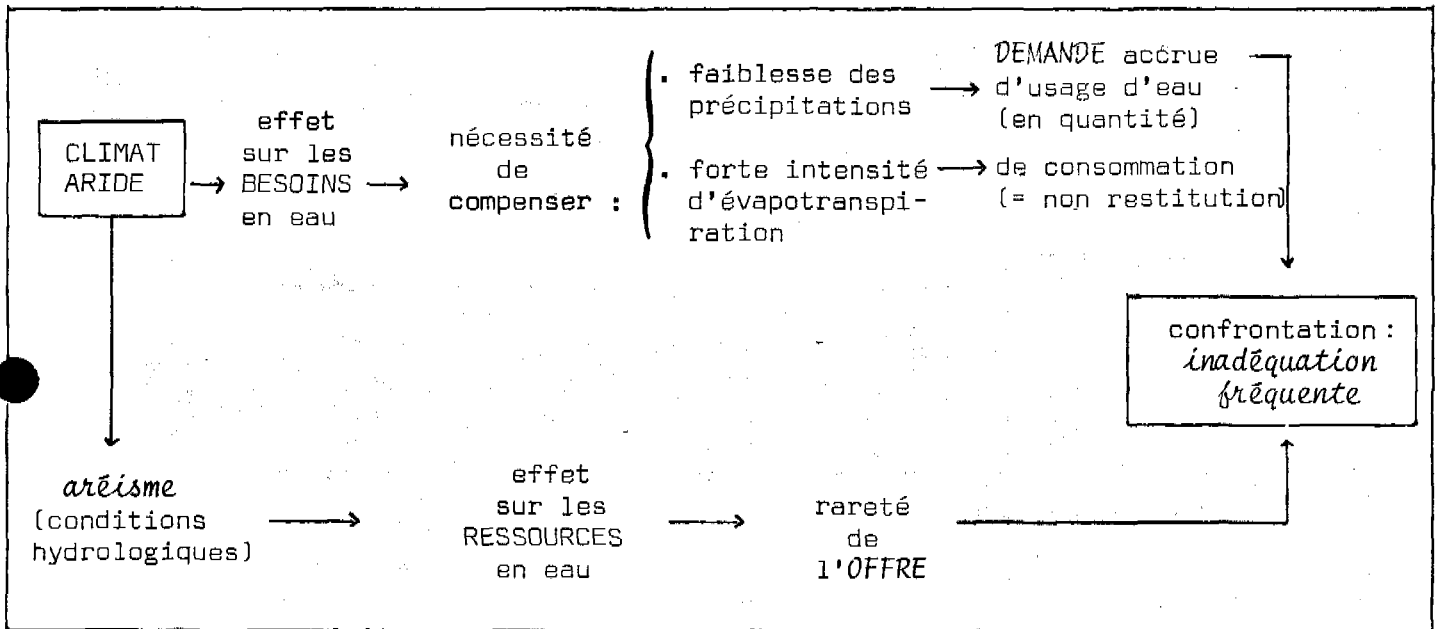


# 1. INTRODUCTION : Répercussions de l'aridité sur l'économie de l'eau

01 • L'aridité est d'abord un fait climatique qui a un double effet sur l'économie de l'eau, sur la demande et sur l'offre :

(1) effet sur les *besoins* en eau (en quantité) et sur les taux de *consommation* (= proportion non restituée au milieu naturel) des quantités d'eau prélevées et utilisées, donc sur les *demandes* d'eau. C'est tout particulièrement le cas de l'*agriculture*, impraticable sans irrigation : l'aridité accroît les demandes unitaires (à l'hectare) -pour l'irrigation *et* pour le lessivage des sols- mais elle peut, à l'inverse, réduire les demandes globales en limitant les superficies de terres cultivables.

(2) effet sur l'occurrence des eaux dans le milieu naturel, traduite par l'*aréisme* (fait hydrologique) : rareté des *ressources* en eau naturelles (renouvelables) (offre potentielle) dans l'espace et dans le temps, accrue par la difficulté de les maîtriser -due à leur irrégularité- et de les stocker sans déperdition, ce qui réduit encore les ressources en eau exploitables.



Demande et offre sont pris ici dans leur sens classique en économie. Au sujet de la terminologie employée, cf. "L'eau, matière première. Ressources, besoins et demandes, coût et prix, prélèvements et consommations. Aide-mémoire", par A. ERHARD-CASSEGRAIN et J. MARGAT, rapport 78 SGN 674 HYD.

- 02 . Une situation de *pénurie*, c'est-à-dire d'*inadéquation* entre les demandes (de prélèvement et/ou de consommation, en quantité) et les ressources en eau, en un champ de confrontation logiquement défini dans l'espace et dans le temps, peut survenir dans n'importe quel domaine climatique ou niveau de développement économique.

Ce qui est spécifique du domaine aride, c'est que cette inadéquation est due à la déficience ou rareté de l'offre à laquelle se confronte une demande non "excessive" par rapport à celle satisfaite en d'autres zones climatiques ; de plus, la pénurie est chronique, c'est-à-dire qu'elle correspond à une situation "normale" et non pas seulement à des situations conjoncturelles plus ou moins exceptionnelles (cf. "sécheresse" en domaine humide).

- 03 . La rareté et la faiblesse des ressources en eau sont donc considérées comme un *facteur limitant* essentiel vis-à-vis du développement économique des régions arides. Aussi motivent-elles les efforts appliqués à l'évaluation de ces ressources, et justifient-elles la volonté de choisir et de régler au mieux leur utilisation vis-à-vis des objectifs de développement jugés prioritaires.
- 04 . Pour exprimer les contraintes de l'aridité sur les ressources en eau, on peut comparer les valeurs d'indicateurs globaux relatives à des pays de la zone aride, à celles relatives à d'autres régions. cf. tableau 1.

Tableau 1 - Ressources en eau naturelles renouvelables par unité de surface et par habitant

		Ressources en eau moyennes par km <sup>2</sup> 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /an.km <sup>2</sup> ≡ mm/an		Ressources en eau moyennes per capita m <sup>3</sup> /an.habitant		
Moyennes mondiales		290		= 11 000 (1975)		
Moyennes de grands pays (non homogènes en climat)	USA	265		11 520 (1977)		
	URSS	200		10 200 (1977)		
	Europe/CEE	583		3 455 (1976)		
	Inde	580		3 040 (1977)		
	Chine	270		3 060 (1977)		
Moyennes de pays situés principalement en zone aride		sans ressources importées	avec ressources importées	sans ressources importées	avec ressources importées	
Afrique	Algérie	10	-	1 445	- (1976)	
	Egypte	0,5	56	15	1 470 (1976)	
	Libye	0,3	-	205	- (1976)	
Asie	Iraq	68	195	2 570	7 340 (1976)	
	Iran	45	65	2 260	3 223 (1976)	
	Syrie	42	190	1 010	4 600 (1976)	
	URSS	Duzbekistan	27	260	820	7 840 (1976)
		Turkmenistan	2	140	400	27 260 (1976)
Amérique	USA	Rio Grande region	16	-	2 685	- (1970)
		Upper Colorado region	63	-	45 900	- (1970)
	Brésil Nordeste, "Polygone de la sécheresse"	55	-	3 800	- (1972)	
Australie	ensemble Bassin fermé central (Lac Eyre)	45	-	26 380	- (1976)	

Remarques :

- . Les ressources en eau importées par des cours d'eau allogènes constituent dans certains pays de la zone aride, la majeure partie, parfois la quasi-totalité des ressources totales.
- . Les ressources en eau per capita, dans certains pays de la zone aride peu peuplés, peuvent être supérieures à celles de pays de régions humides (même sans compter les ressources importées).



## 2. CONTRAINTES ET CARACTERES SPECIFIQUES DU CYCLE DE L'EAU NATUREL EN ZONE ARIDE ET SEMI-ARIDE

- 05 • Ces conditions hydrologiques particulières sont bien connues, aussi n'est-il pas nécessaire de les rappeler ici en détail. On sait qu'elles sont relatives :
- aux apports d'eau naturels : grandeur, répartition dans l'espace, variation dans le temps ;
  - aux écoulements superficiels : structure et répartition dans l'espace, variation dans le temps ;
  - aux relations entre les écoulements superficiels et souterrains et aux issues des systèmes d'écoulement ;
  - aux caractéristiques physiques et chimiques de l'eau.

### 2.1. Faiblesse et irrégularité des apports

- 06 • L'aridité se définit d'abord par la faiblesse des précipitations :
- inférieures, en valeur absolue à un seuil conventionnel souvent choisi précisément pour définir le "climat aride" (150 à 200 mm/an en moyenne)
  - et surtout très inférieures à l'évapotranspiration potentielle (ETP), c'est-à-dire à la capacité d'évapotranspiration de l'atmosphère, non seulement en comparant les valeurs annuelles, mais à l'échelle de durées plus courtes (mois).

Le rapport précipitation/évapotranspiration potentielle (ETP) définit, on le sait, les divers *indices d'aridité* proposés, qui ne diffèrent que par les durées de référence considérées et les modes d'évaluation d'ETP.

- 07 • Les précipitations "efficaces" (= non reprises rapidement par évaporation), donc apportées aux systèmes d'écoulement (superficiels et souterrains), sont en moyenne de l'ordre de quelques mm à quelques dizaines de mm par an ; de plus leur distribution varie beaucoup dans le temps et de manière erratique, surtout en zone "hyper-aride" (les apports annuels de fréquence garantie neuf années sur dix sont quasi nuls).

L'évaluation de ces apports par la mesure des écoulements qu'ils déterminent est très relative à l'échelle (cf. § 11).

- 08 • L'alimentation des nappes souterraines, par infiltration directe d'une part de ces précipitations efficaces, est particulièrement irrégulière : en zone aride et surtout hyper-aride, c'est un phénomène exceptionnel qui n'a pas lieu tous les ans mais plutôt 5, 10 ou 15 fois par siècle.

## 2.2. Dégradation, rareté et irrégularité des écoulements

- 09 • La structure des réseaux d'écoulement de surface -souvent héritée de temps géologiques plus ou moins anciens à climat plus humide, et en quelque sorte "fossiles" - est dégradée. Elle comporte de nombreux bassins fermés ou reliés seulement dans des cas exceptionnels. La notion même de *bassin versant* perd ainsi souvent toute signification.
- 10 • Les écoulements par unité de surface (= lames d'eau écoulées) sont très faibles, (moins de 20 mm/an en moyenne, quelques mm/an en zone hyper-aride), et très irréguliers -dans l'année comme inter-annuellement-, au point que l'expression de moyennes annuelles n'a plus grand sens.

Ces écoulements se caractérisent en zone aride et semi-aride par :

- (a) un affaiblissement des lames d'eau écoulées et des coefficients d'écoulement, en fonction de l'étendue des bassins, ainsi que des dépérissements de débit d'amont en aval (cf. 2.2.1.) ;
- (b) la rareté des écoulements permanents (cf. 2.2.2.).

### 2.2.1. Déperdition des écoulements

- 11 • Dans un bassin de zone humide, l'apport d'eau reçu par les précipitations non évaporées localement équivaut à l'écoulement sortant à l'exutoire indépendamment de son étendue. En zone aride au contraire, l'écoulement issu des apports d'eau locaux dans un petit bassin sera appauvri dans un bassin plus grand emboîtant le précédent, car il subira des "pertes", croissantes avec la distance, par infiltrations et évaporation.

La notion de lame d'eau écoulée moyenne, calculée à partir d'observations de débit ou extrapolée, est donc très sensible à l'étendue des bassins considérés. A classe de précipitations moyennes égale, elle est d'autant plus faible que le bassin est plus grand.

Dans les régions semi-arides du Sahel d'Afrique de l'Ouest, par exemple, J.A. RODIER (1977) indique que les lames d'eau écoulées médianes des bassins de plus de 10 000 km<sup>2</sup> sont 2 à 3 fois plus faibles que pour des bassins de 100 à 500 km<sup>2</sup>.

A petite échelle -c'est-à-dire en la rapportant à des aires d'écoulement très étendues- la valeur de l'écoulement moyen, est en général très faible et souvent tenue pour nulle.

Exemple : évaluations des écoulements moyens présentées dans l'ouvrage "The World Water balance" (BAUMGARTNER, REICHEL, 1975), dont les cartes indiquent un vaste domaine à "discharge" nul.

Mais transposer ces valeurs à des bassins plus petits -dans les mêmes conditions de climat, de relief et de sol- risque généralement de conduire à une sous-estimation de l'écoulement local.

12 . Il en est de même des "coefficients d'écoulements" moyens annuels ou rapportés à des épisodes pluvieux de fréquence définie (crue décennale par exemple) : ils sont d'autant plus faibles que les bassins sont plus étendus. Ces coefficients (moyens annuels) peuvent être inférieurs à 1 % dans des bassins de plus de 1 000 km<sup>2</sup> à faible pente, en zone aride.

13 . Non seulement l'écoulement par unité de surface s'appauvrit d'amont en aval, mais une décroissance absolue des débits superficiels dans les cours inférieurs des principaux collecteurs, jusqu'à l'annihilation, s'observe couramment.

### 2.2.1. Rareté des cours d'eau permanents

14 . Leur absence est quasi générale en zone aride et leur répartition est très clairsemée en zone semi-aride, où il ne s'agit que :

- de collecteurs locaux d'émergence pérennes d'eau souterraine, discontinus et rapidement captés en général ;
- de cours d'eau allogènes, à bassin amont compris en partie dans une zone climatique différente (exemples : Nil, Niger, Euphrate,...).

### 2.3. Relations eaux superficielles/eaux souterraines (cf. fig. 1)

15 . A la différence des processus courants en zone humide, le ruissellement précède le plus souvent l'infiltration et celle-ci s'effectue surtout à partir des chenaux collecteurs d'écoulement superficiel ("oueds").

Les nappes souterraines sont alimentées surtout par des pertes d'écoulements superficiels locaux épisodiques, et elles contribuent peu en retour à entretenir le débit de cours d'eau de surface par leurs émergences, qui sont le plus souvent évaporées ou captées localement. De plus une part notable du débit des nappes souterraines de subsurface est ponctionnée par évaporation directe, sans donner lieu à émergence.

Une fraction faible, sinon nulle, des écoulements de surface observés à l'aval d'un bassin versant est composée par l'"écoulement souterrain" et celui-ci ne correspond en général qu'à une faible part du débit global des nappes souterraines du bassin. Autrement dit en zone aride et semi-aride les issues des systèmes d'écoulement de surface (réseaux hydrographiques) et souterrain (systèmes aquifères) sont dans une large mesure distinctes et indépendantes, ce qui implique des conséquences quant à l'évaluation et à la mobilisation des ressources correspondantes (cf. § 22 ).

### 2.4. Qualité des eaux

16 . Enfin les conditions d'aridité ont des effets bien connus sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau : élévation fréquente de la salinité et proportion plus grande des eaux salées dans les flux et les réserves, en particulier dans les bassins fermés (cet aspect n'est évoqué ici que pour mémoire).

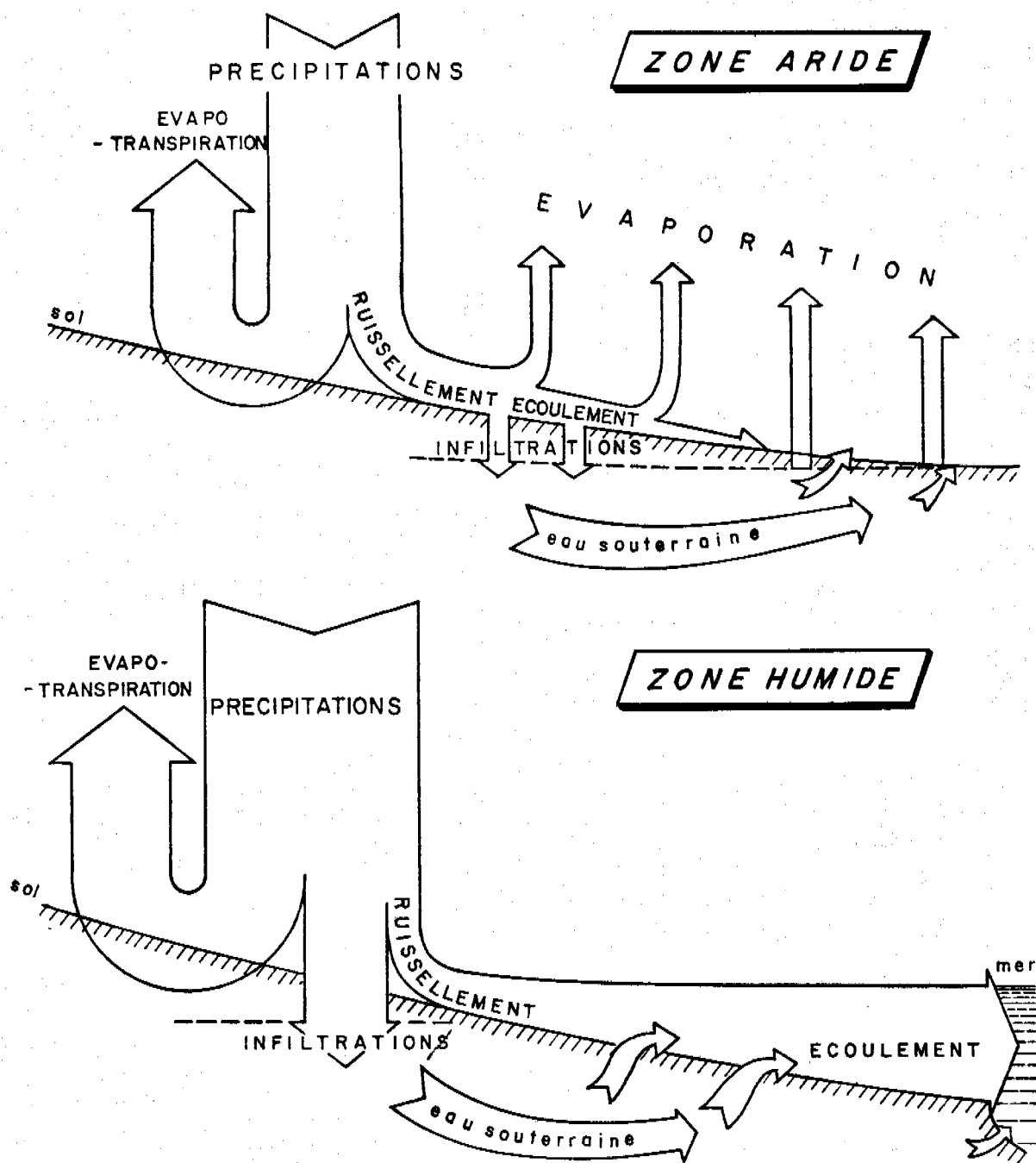


Fig. 1 - Schémas d'écoulement en zone aride et en zone humide



### 3. CONSEQUENCES SUR L'EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU

- 17 • Les conditions hydrologiques particulières au domaine aride et semi-aride nécessitent une adaptation de la *définition* et de la méthodologie d'*évaluation* des ressources en eau, car les concepts et les méthodes appropriés aux conditions des zones humides sont en partie inadéquats.
- 18 • En premier lieu les ressources en eau renouvelables naturelles doivent être définies par les apports et non par les écoulements considérés à l'issue des bassins -surtout lorsqu'ils sont très étendus-, qui peuvent leur être significativement inférieurs (cf. § 11 et fig. 2). Cela s'applique a fortiori à l'échelle d'un territoire, régional ou national.
- 19 • Exemple : En Iran, (D. HARIRI, 1978), les ressources en eau renouvelables potentielles ont été estimées globalement à  $108.10^9$  m<sup>3</sup>/an en moyenne (dont 23 correspondent aux ressources en eau souterraine mobilisables, définies par les apports), alors que les écoulements sortant du territoire sont évalués à  $85.10^9$  m<sup>3</sup>/an. (Encore peut-on remarquer que les ressources en eau de surface sont sans doute sous-estimées par leur assimilation aux seuls écoulements sortants).
- 20 • L'approche de l'évaluation de ces ressources par les techniques de l'hydrologie doit donc être adaptée : les stations de jaugeage situées à l'aval de grands bassins versants (théoriques) sont peu appropriées ; priorité est à donner :
- aux stations de mesure d'écoulement de petits bassins, et aux parties amont des bassins étendus, notamment à celles qui dominent les zones d'utilisation ;
  - aux observations d'indicateurs d'apport (hydrométéorologie, morphologie, végétation) et aux recherches historiques d'index de variabilité.
- 21 • En pratique la détermination des ressources en eau de surface se réfère souvent non à l'ensemble d'un bassin ou d'un territoire, mais à sa fraction la plus génératrice d'écoulement (ensemble de domaines amont) distinguée de domaines aval où se situent la majorité des demandes, notamment des périmètres d'irrigation et des agglomérations.
- Exemple : En Iraq les ressources potentielles (environ  $85.10^9$  m<sup>3</sup>/an en moyenne) sont définies par l'écoulement (en partie importé) des bassins supérieurs qui dominent la région centrale -Mésopotamie- ; tandis que dans celle-ci les apports locaux sont négligeables, mais se concentre la majorité des activités utilisatrices, qui prélèvent près de  $50.10^9$  m<sup>3</sup>/an. (D'après K. UBELL, 1971).
- 22 • Les ressources en eau de surface et en eau souterraine sont beaucoup plus additives qu'en domaine humide (cf. § 15). En règle générale, les flux globaux des nappes souterraines peuvent être considérés comme des ressources exploitables sans incidence sur des écoulements de surface à l'aval, sauf dans le cas particulier où elles aboutissent à des émergences captées.

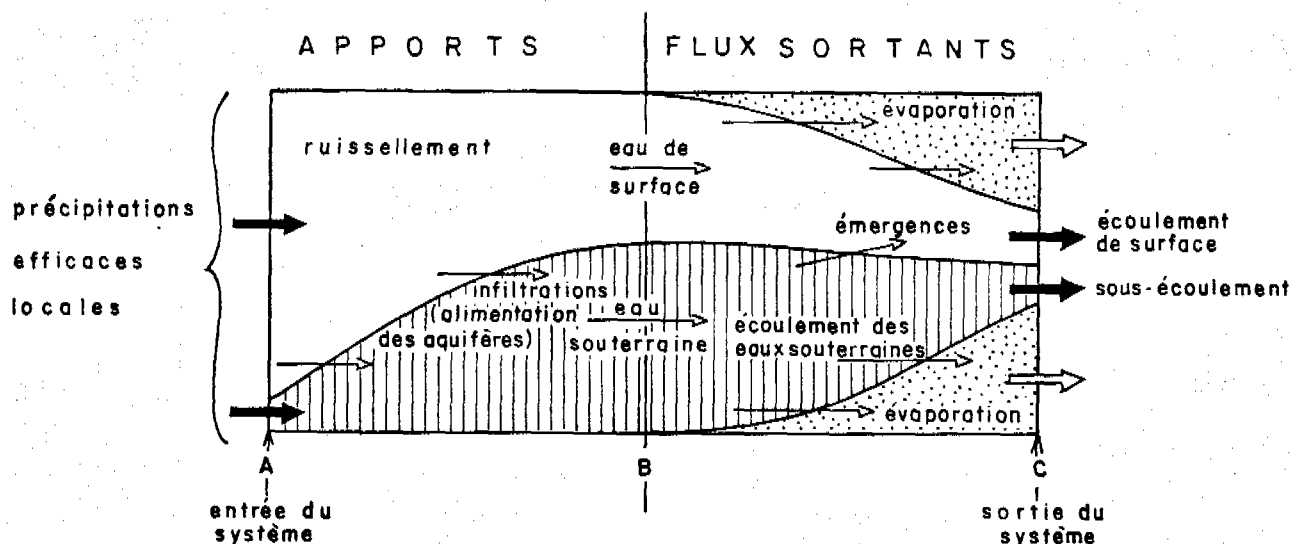


Fig. 2 - Bilan d'eau et définition des ressources naturelles dans un système d'écoulement en zone aride.

Les ressources en eau de surface et les ressources en eau souterraine diffèrent selon qu'on les évalue au niveau des entrées (A) -ou apports- au niveau des sorties du territoire (C), ou à des niveaux internes intermédiaires (B). Elles sont de plus inégalement additives si les unes et les autres ne se réfèrent pas au même niveau du système : par exemple si les ressources en eau de surface sont évaluées en A et les ressources en eau souterraine en B.

- 23 . Toutefois, à l'inverse de ce qui se passe en zone humide, les nappes souterraines étant alimentées principalement par des infiltrations des crues, l'évaluation des ressources mobilisables en eau de surface risque de les compter -pour une part- en double avec les ressources mobilisables en eau souterraine (fig. 2).

D'où l'opportunité d'estimer la part des écoulements superficiels régularisée naturellement par infiltration dans les aquifères (nappes de dépôts de piémont et d'alluvion principalement), dans toute évaluation de ressource en eau de surface. D'où encore des choix d'aménagement possibles, (cf. § 41).

- 24 . La connaissance assez fiable des écoulements de surface nécessite, en raison de leur grande irrégularité, des observations durant de longues périodes (plusieurs dizaines d'années), y compris pour procéder à des "extensions de données" : "valorisation" de chroniques d'observation sur les débits par corrélation avec des données météorologiques (précipitations) dont les chroniques disponibles sont plus longues, en particulier.

Exemple : Le nombre d'années d'observations qu'il faudrait en un point donné, pour connaître un débit moyen annuel avec une précision donnée  $\frac{\bar{X} - m}{m}$  et une probabilité donnée de recouvrement de la moyenne vraie, a été estimé dans la zone intertropicale d'Afrique, d'après l'analyse de 83 stations, par M. AKMANOGLU (1970). Cette étude montre que pour avoir une précision de 10 % sur le débit moyen annuel et un intervalle de confiance de 90 %, il suffit de 10 à 15 ans sur le Niger, de 15 à 30 ans sur le Sénégal mais qu'il faut de 150 à 200 ans sur les cours d'eau les plus réguliers de la zone sahélienne.

- 25 . La reconnaissance et l'évaluation des ressources en eau souterraine, seules ressources permanentes revêtent une importance primordiale, surtout dans les régions qui ne disposent pas de ressources importées.
- 26 . Contrairement à ce que l'on croit encore souvent, les techniques actuelles de prospection et d'identification des caractéristiques des réservoirs aquifères, et les méthodes modernes d'analyse et de simulation de ces systèmes, permettent d'élaborer des projets d'exploitation et d'établir des prévisions de l'évolution à long terme de leurs effets -donc d'évaluer des ressources exploitables- avec beaucoup moins d'indétermination que l'évaluation des ressources en eau de surface très irrégulières, en l'absence de longues chroniques d'observations.

En règle générale, la définition des possibilités d'exploitation des réservoirs aquifères des bassins sédimentaires nécessite un effort d'investigation appréciable et coûteux (prospection géophysique, forages), d'autant plus lorsqu'il s'agit d'aquifères profonds et étendus. Mais elle ne nécessite par contre que des délais relativement courts (quelques années), par rapport aux durées indispensables pour recueillir un minimum de données qui peuvent servir à évaluer des ressources en eau de surface -lorsque ces données font défaut- et à projeter des ouvrages dont le coût final sera très supérieur à celui des captages d'eau souterraine par forage.

En résumé, l'évaluation des ressources en eau souterraine requiert des durées d'observation moins longues que pour celle des eaux de surface (et singulièrement en zone aride, mais elle nécessite des investigations plus intensives dans l'espace et momentanément plus coûteuses en général.

- 27 . Par ailleurs l'évaluation des ressources en eau souterraine exploitables (renouvelables ou non, cf. § 25) est beaucoup plus *interactive* avec les premières phases de leur mise en exploitation, que lorsqu'il s'agit de ressources en eau de surface, dont la connaissance doit nécessairement précéder les projets, puis les opérations d'aménagement (cf. § 57).
- 28 . Enfin un intérêt égal doit être attaché à l'évaluation des *ressources en eau souterraine non renouvelables*, dont la procédure ne se différencie pas ici de celle à appliquer en domaine humide, mais qui prend une importance relative particulière du fait de la faiblesse des ressources renouvelables.

Il s'agit essentiellement de l'évaluation des *réserves exploitables* assez durablement en régime de non-équilibre, c'est-à-dire d'"exploitation minière" de l'eau ("mining"), (cf. 4.3., § 49).

- 29 . Cette évaluation est basée sur :

- la connaissance des structures, de l'extension et des paramètres hydrauliques des réservoirs aquifères (objet des études et investigations hydrogéologiques, dont les résultats sont à synthétiser par des modèles de simulation : instruments de contrôle de cohérence et de prévision des effets d'exploitation) ;
- le choix de profondeurs maximales admises de niveau de pompage de l'eau lié à des considérations techniques et/ou économiques (coût du m<sup>3</sup> d'eau produit).

- 30 • En pratique l'évaluation de ces ressources non renouvelables se confond avec le choix d'un plan et d'un programme d'exploitation -impliquant le choix d'un horizon de projection. Elle n'est donc pas indépendante des objectifs de développement (cf. 4, § 49 et 5, § 64).
- 31 • Cette évaluation a été approchée en divers pays, et a pu faire l'objet de descriptions de leur répartition régionale (cartographie).

Exemple : Région soudano-sahélienne d'Afrique de l'Ouest (cf. tableau 2 suivant). Dans cette région, les réserves exploitables d'eau souterraine équivalent globalement de 13 à 27 années de flux moyen d'alimentation des aquifères ; mais pour certains grands réservoirs aquifères le rapport flux/stock est beaucoup plus faible : pour le "continental intercalaire" du Niger, par exemple, il est de  $0,6 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/an pour 140 à  $280 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> (≈ 230 à 470 années). (cf. aussi les exemples cités en 4, § 50 et 51).

- 32 • Région soudano-sahélienne d'Afrique de l'Ouest.

Tableau 2 - Ressources renouvelables et réserves exploitables en eau souterraine (évaluations globales par pays)

Pays	Ressources naturelles (alimentation moyenne probable des aquifères) $10^9$ m <sup>3</sup> /an + potentiel partiellement exploitable	Réserves exploitables avec abaissement maximal des niveaux à une profondeur de 100 m du sol et ne dépassant pas 1/3 de l'épaisseur des aquifères libres $10^9$ m <sup>3</sup>	Ressource non renouvelable : flux moyen théorique produit par l'extraction de la réserve exploitable en 50 ans $10^9$ m <sup>3</sup> /an
Cameroun (1)	5,4	11 à 23	0,2 à 0,5
Gambie	1,0	9 à 19	0,2 à 0,4
Haute Volta	6,2	1 à 3	0,02 à 0,06
Mali (2)	13,1	80 à 185	1,5 à 3,7
Mauritanie (3)	0,3	55 à 115	1,1 à 2,3
Niger (4)	4,6	260 à 550	5,2 à 11
Sénégal	9,3	90 à 190	1,6 à 3,8
Tchad (5)	20,6	260 à 550	5,2 à 11
Ensemble (6)	60	770 à 1 625	15 à 32

Référence : Etude CIEH/BRGM, 1976

- (1) Nord-Cameroun (98 000 km<sup>2</sup>)  
 (2) Zone sahélienne (807 000 km<sup>2</sup>)  
 (3) Zone sahélienne (471 000 km<sup>2</sup>)  
 (4) Zone sahélienne (989 000 km<sup>2</sup>)  
 (5) Zone sahélienne (1 050 000 km<sup>2</sup>)  
 (6) Total : 3 890 000 km<sup>2</sup>.

- 33 • En conclusion, en zone aride et semi-aride, la rareté des ressources accentue particulièrement la nécessité de les évaluer de manière aussi complète et précise que possible.

Mais elle accroît en même temps la nécessité d'évaluer ces ressources avec réalisme, c'est-à-dire de ne pas les réduire à la seule expression de données physiques (hydrologiques), c'est-à-dire de flux assortis de différentes probabilités d'occurrence, mais de définir des *ressources exploitables* ce qui implique un minimum d'hypothèses et de prévisions sur les demandes à satisfaire pour en déduire des plans d'exploitation. Moins encore qu'ailleurs les ressources ne peuvent -donc ne doivent- être évaluées de manière indépendante des demandes exprimées ou projetées.



#### 4. CONSEQUENCES SUR LA MOBILISATION ET L'EXPLOITATION DES RESSOURCES EN EAU

- 34 • Hormis le cas des régions qui disposent de ressources importées par des cours d'eau allogènes (exemples : vallées du Niger, du Nil, de l'Euphrate...), les demandes en eau permanentes ou saisonnières avec régularité ne peuvent être satisfaites que par la production de flux à partir d'accumulations :

- soit naturelles : eau souterraine
- soit artificielles : eau de ruissellement stockée à diverses échelles (de la mare au barrage réservoir), y compris par stockage souterrain.

##### 4.1. Eaux superficielles

- 35 • La maîtrise des eaux superficielles se heurte à la discontinuité et à l'extrême irrégularité des apports.

Leur variabilité, jointe aux effets de l'évaporation sur les plans d'eau des retenues, affaiblit beaucoup le "rendement" des réservoirs d'accumulation (rapport du volume d'eau mobilisé, par les prises en aval des ouvrages, au volume des apports pendant la même période de référence ; la différence correspondant essentiellement aux "pertes" par évaporation et aux déversements de crues non maîtrisées).

Exemples : pour les petits et moyens réservoirs des pays du Sahel (de moins de 1 à quelques millions de m<sup>3</sup>), ces rendements (ou coefficients de mobilisation\*\*) varient selon les cas entre 4 et 25 % pour des volumes d'apport annuels de 95 % de fréquence de dépassement (DOAZAN, 1978).

- 36 • Cela rend très difficile d'ajuster le dimensionnement des ouvrages :
- à la nécessité d'assurer à la fois un minimum de sécurité d'approvisionnement et de sécurité des aménagements (protection contre les crues extrêmes) ;
  - et au souci de ne pas accroître exagérément le coût de l'unité de débit régularisé.

Le rendement mais aussi le coût des aménagements croissent en fonction de la capacité des réservoirs.

- 37 • Le rendement d'un réservoir dépendant de sa capacité initiale, il tend à décroître à plus ou moins long terme en fonction de son comblement par les sédiments, difficilement prévisible.
- 38 • Ces incertitudes conduisent à donner d'abord préférence aux aménagements qui ne nécessitent que des investissements modestes, même si leur "rendement" hydraulique est plus faible. Une attention particulière est de ce point de vue, à porter à la maîtrise et à l'utilisation des eaux de *ruissellement* local, le plus souvent négligées en domaine humide.

---

\*\* dénommés improprement par certains auteurs "coefficients d'utilisation"

- 39 . Les contraintes spécifiques de l'aridité rendent particulièrement nécessaires les techniques de *conservation* des eaux stockées et de réduction des "pertes" par évaporation, tant aux stades du stockage, que du transport et des divers usages. Ces techniques peuvent concourir tout autant que les actions classiques de mobilisation à accroître les ressources en eau effectivement utilisées.

#### 4.2. Eaux superficielles et eaux souterraines combinées

- 40 . Les aménagements de dérivation et de régularisation des flux irréguliers d'eau superficielle peuvent avoir pour effet de réduire les apports aux nappes souterraines alimentées naturellement par les infiltrations des crues. Cette répercussion ne doit pas être négligée, ni sous-estimée lorsqu'on évalue le gain net -en débit régularisé- apporté par un réservoir d'eau de surface projeté. (cf. § 23).

Dans certains cas, compte-tenu des pertes par évaporation de la retenue, un barrage-réservoir qui supprime l'alimentation d'une nappe souterraine en aval peut ne présenter qu'un intérêt illusoire, voire même être désavantageux par rapport à l'exploitation plus intensive de ces eaux souterraines.

- 41 . Les réservoirs aquifères peuvent en effet concourir à retenir et conserver les eaux superficielles par infiltration dirigée et stockage souterrain, ce qui revient souvent à amplifier des phénomènes naturels (cf. § 15) et à réaliser des aménagements mixtes, combinant des ouvrages de surface (qui ne sont pas nécessairement importants) et l'exploitation des nappes souterraines ainsi suralimentées.
- 42 . Dans certains cas, l'exploitation plus intensive des eaux souterraines peut suffire à déterminer l'amplification de ces apports, mais le réglage des exploitations en vue de parvenir à un régime en équilibre moyen est difficile ; il peut nécessiter une "gestion" attentive du réservoir, avec des prélèvements annuels variables, si la capacité de l'aquifère est faible.

Déterminer a priori ces possibilités pratiques de régularisation au moins partielle des écoulements de surface, par infiltration artificielle et stockage dans les réservoirs aquifères de sub-surface, nécessite donc des études et des expérimentations prolongées, pour évaluer sans trop d'incertitude la part réelle que peut prendre cette technique dans la maîtrise des ressources en eau.

#### 4.3. Eaux souterraines

- 43 . Grâce à la *capacité* des réservoirs aquifères (fonction de stockage qui régularise naturellement des apports très épisodiques), les nappes d'eau souterraine offrent les seules ressources permanentes. En outre, elles sont souvent accessibles sur de vastes étendues.



- 44 . La mobilisation des ressources renouvelables en eau souterraine -celles des nappes libres essentiellement- est limitée surtout dans la mesure où les nappes sollicitées ont pour issue naturelle l'évaporation. Il n'est possible de capter une part appréciable de leur débit que si les prélèvements sont à la longue compensés par une réduction des effluences par évaporation ; cette réduction peut elle-même résulter des baisses de niveau des nappes exploitées.

Là encore un réglage précis à l'avance du dispositif et des débits des captages permettant ce rééquilibre est très problématique, et seule une approche pragmatique par ajustement progressif est réaliste.

- 45 . Pendant une période initiale parfois longue (une à plusieurs dizaines d'années) une évolution transitoire en régime de non équilibre est de toute façon normale et nécessaire : les abaissements de niveau constatés ne doivent pas être perçus comme des signes d'exploitation excessive ("surexploitation"), mais au contraire comme la manifestation des facteurs de rééquilibre à terme.
- 46 . Toutefois ces abaissements seront souvent limités en pratique soit par les conditions physiques (aquifère de faible épaisseur), soit par les productivités unitaires des ouvrages de captage : lorsqu'ils sont trop peu productifs il faudrait les multiplier -et élever d'autant les coûts de production- pour obtenir des baisses de niveau significatives à l'échelle régionale.
- 47 . Un autre facteur limitant est le risque que les baisses de niveau, en modifiant les conditions régionales d'écoulement des eaux souterraines, déterminent le déplacement d'eaux salées limitrophes et l'invasion à terme des zones d'exploitation. C'est aussi tout particulièrement le cas dans les zones littorales (risque d'invasion d'eau de mer), mais ce n'est pas spécifique du domaine aride.
- 48 . Ces difficultés de détourner effectivement au profit des captages une grande part des flux soustraits aux nappes par évaporation -surtout quand les caractéristiques des aquifères limitent la productivité de ces captages- apparaissent donc, en zone aride et semi-aride, comme le principal facteur qui limite l'exploitabilité des ressources renouvelables, plus encore que la faiblesse des apports elle-même.
- 49 . La mobilisation des ressources non renouvelables (c'est-à-dire l'exploitation des réserves) revêt une importance particulière en zone aride, dans la mesure où elle peut procurer des volumes d'eau complémentaires et parfois très supérieurs à ceux produits par le captage des seules ressources renouvelables (cf. 3, § 31, 32). Mais elle n'est pas soumise en zone aride à des règles spécifiques ; comme ailleurs, elle doit être subordonnée à trois conditions. Il faut :
- a) construire et mettre en oeuvre un instrument de prévision assez fiable (ce qui implique le recueil d'un minimum de données hydro-géologiques) pour projeter initialement les effets de différents scénarios d'exploitation à moyen et long termes;

- b) *contrôler* avec précision les actions d'exploitation et leurs effets (débits, niveaux, qualité de l'eau) durant les premières phases, et assurer la conservation de ces informations dont le traitement permettra de corriger éventuellement le plan de développement initial, bien mieux -et à un coût bien moindre- que par une intensification des études préliminaires (interaction connaissance/mise en exploitation) ;
- c) projeter et préparer des solutions de *relais* à long terme (cf. 5 § 65).

50 • Exemples d'exploitation de ressources en eau non renouvelables en domaine aride ou semi-aride :

Tableau 3 - Grand bassin artésien d'Australie

- Superficie = 1 750 000 km<sup>2</sup>
- Apport naturel (≡ ressources renouvelables) =  $150 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an
- Premier forage jaillissant réalisé en 1878
- Débit total moyen exploité (1890 - 1970) =  $600 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an ( ≈ 19 m<sup>3</sup>/s)  
(dont  $50 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an ≡ captage d'une part du flux naturel)
- Volume d'eau extrait cumulé (1890-1970) =  $48 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> dont  
 $44 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> prélevés sur la réserve ;  
soit un taux d'"exploitation minière" \* (mining) de 92 % en moyenne sur 80 années
- Lame d'eau équivalente extraite de la réserve = 36 mm

Réf. Dr. N.O. JONES (1972), Bur. Miner. Res. Geol. Geophysics

Tableau 4 - Aquifères des hautes plaines du Texas et du New Mexico (U.S.A.)

- Apport naturel ( ≡ ressources renouvelables) ≈  $60 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an
- Réserve totale estimée ≈  $350 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/an
- Réserve exploitable évaluée à : 200 à  $250 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/an
- Débit exploité (1968) :  $5\,500 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an  
soit un taux d'"exploitation minière de 99 %" ( ≈ 175 m<sup>3</sup>/s)
- Durée théorique d'exploitation possible selon ce débit constant : 36 à 45 années

Réf. "Texas Water Plan", Austin, 1968 - Cité par "Ground Water Management" A.S.C.E., 1972

\* Proportion de la quantité d'eau prélevée soustraite à la réserve

- 51 . Exemples de projets de développement d'exploitation de ressources non renouvelables en domaine aride :

**Tableau 5** : Aquifère des grès de Nubie, en Egypte (désert occidental)  
Développement des oasis ("New Valley" ou "Wadi El-Jedid Area")

- Extension du réservoir :	- totale = 1 800 000 km <sup>2</sup>
	- en Egypte 520 000 km <sup>2</sup>
- Ressources renouvelables (alimentation actuelle) :	≈ 1.10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /an
- Réserve totale :	6.10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup>
- Contrainte d'exploitation fixée : rabattement final maximal des niveaux =	100 m
- Réserve exploitable (≡ tranche de 100 mètres supérieure) :	600.10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> **
. Exploitation actuelle (1977) :	11,5 m <sup>3</sup> /s ≈ 370.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an
(sources artésiennes et forages)	
. Possibilité admise d'exploiter environ	4.10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /an (≡ 127 m <sup>3</sup> /s)
pendant 200 ans, dont 3.10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /an extraits de la réserve	
(3 x 200 = 600) ; soit un taux de "mining" de 75 %, dans cette	
hypothèse.	

Réf. M. A. EZZAT, 1977 - Minist. Irrig. Egypte, le Caire.

**Tableau 6** : Aquifères du Sahara septentrional, ALGERIE, TUNISIE  
(projet ERESS, UNESCO, 1968-1972)

(voir page suivante)

- 52 . L'importance économique de la mobilisation des eaux souterraines en zone aride et semi-aride s'exprime bien par les proportions des demandes en eau totales qu'elle contribue à couvrir. Le tableau 7 suivant en fournit quelques exemples.

**Tableau 7** : Contribution des eaux souterraines à l'approvisionnement en eau en différents pays de la zone aride

Pays	Date de valeur	Prélèvements d'eau totaux(1) (en 10 m <sup>3</sup> /an)	Proportion d'eau souterraine (%)	Référence
ALGERIE	1970	≈ 2 000	66	N.U. 1971
IRAN	1976	45 490	41	D. HARIRI, 1978 (CEFIGRE) et Conf. Mar del Plata
ISRAEL	1975	1 720	67	S. ARLOSOROFF "KIDMA" 1977
KOWEIT	1970	≈ 30	100	
LIBYE	1974	≈ 1 200	100	G.W.A. 1974
TUNISIE	1976	1 070	65	M. ALOUINI 1978 CEFIGRE
U.S.A.	1970			U.S.G.S. 1972 Circ. 676
. Arizona		9 384	62	
. Californie		53 820	46	
. New Mexico		4 416	50	
. Texas		26 220	48	

(1) à l'exception des prélèvements des centrales thermo-électriques.

\*\* Remarque : Evaluation basée sur un coefficient d'emmagasinement régional plausible (3.10<sup>-3</sup>), mais sur l'hypothèse non réaliste d'un rabattement uniforme sur l'ensemble du réservoir... d'où une forte surestimation probable.

<p>. Aire du champ d'évaluation : 780 000 km<sup>2</sup></p> <p>. Horizon de projection : 2 000</p> <p>. Contraintes d'exploitation fixées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- localisations : oasis</li> <li>- maintien du jaillissement des forages tant que les débits de production sont compétitifs vis-à-vis de débits pompés, ou profondeur maximale de niveau de pompage à - 60 m du sol en 2 000</li> </ul> <p>. Ressources renouvelables naturelles (alimentation actuelle des aquifères) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- continental intercalaire = 8,5 m<sup>3</sup>/s</li> <li>- continental terminal = 18,5 m<sup>3</sup>/s</li> </ul> <p style="text-align: right;">} total 27 m<sup>3</sup>/s = 850.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/an</p> <p>. Calcul des débits de production satisfaisant les contraintes, selon diverses variantes, par modèles de simulation numérique</p>										
<p>RESULTATS / ensemble des deux aquifères :</p> <p style="text-align: right;">Q : débit total exploité (en m<sup>3</sup>/s) N : nombre de forages (cumulés en 2 000) A : surface irriguée</p>										
Demande d'irrigation 0,8 l/s.ha	Algérie			Tunisie			TOTAL			
	Q m <sup>3</sup> /s	N	A 10 <sup>3</sup> ha	Q m <sup>3</sup> /s	N	A 10 <sup>3</sup> ha	Q m <sup>3</sup> /s	N	A 10 <sup>3</sup> ha	Taux global d'exploitation minière"
situation initiale (1970)  *émergences évaporation	15,1 (+ 9)**	2 091	30	8,8	229	15	24 (+ 9)**	2 320	45	18 %
PROJETS en 2000 hypothèse haute	+ 43,1 = 58,2	+ 1 500	75	+ 13,6 = 22,4	+ 400	27,5	+ 56,7 = 80,6	+ 1 900	102,5	68 %
hypothèse basse	+ 28,6 = 43,7	+ 1 000	57	+ 10 = 18,8	+ 250	20,5	+ 38,6 = 62,5	+ 1 250	77,5	57 %
Coûts d'exploitations (en dinars 1970 constants)	1970 : < 5 centimes (dinar) /m <sup>3</sup> pour 85 %  2000 : 3 à 8 c/m <sup>3</sup> pour 80 %			1970 : < 2 millimes (dinar) /m <sup>3</sup> pour 85 %  2000 : (hypot. forte) 2 à 6 m/m <sup>3</sup> pour 60 % < 2 m/m <sup>3</sup> pour 20 %			Volume cumulé extrait des réserves des deux aquifères entre 1970 et 2000, dans l'hypothèse d'une progression linéaire des débits prélevés : 28 à 37.10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> .			

## 5. CONSEQUENCES SUR LA POLITIQUE DE L'EAU

- 53 • Des situations de *pénurie*, qui imposent une restriction des demandes par déficience de l'offre (inadéquation ressources/demandes), peuvent survenir dans des contextes climatiques et économiques variés.

Mais la conséquence spécifique de l'aridité est de créer une situation de pénurie quasi permanente même vis-à-vis d'un niveau de demande très bas. Aussi accroît-elle d'abord la nécessité -propre à tout état de pénurie- de développer autant et de conjuguer les actions de mobilisation des ressources et les actions sur les demandes : choix des utilisations prioritaires (donc politique d'affectation des ressources), incitation à l'enchaînement des usages ("réutilisation"), réduction des consommations inutiles ("économies" d'eau), etc..

A mesure que progresse le développement socio-économique, l'aménagement de l'utilisation de l'eau importe plus en définitive que l'aménagement et la gestion des ressources.

- 54 • Trois aspects de la politique d'aménagement et de gestion des ressources en eau prennent un relief particulier en zone aride et semi-aride (sans lui être spécifiques) :
- l'interaction évaluation/exploitation des ressources,
  - les choix d'aménagement et d'exploitation,
  - l'utilisation des ressources non renouvelables.

### 5.1. Interaction évaluation/exploitation des ressources

- 55 • L'attitude classique et courante de l'aménageur consiste à demander d'abord au "physicien" des ressources, de les lui définir et de les évaluer comme des *données* absolues, puis d'appliquer ces données pour projeter (et choisir) les aménagements, compte tenu des demandes prioritaires (choix d'objectifs), sans "itération" entre les phases de connaissance des ressources et de conception de leur mobilisation. Cette attitude et cette division du travail sont trop simples et mal adaptées aux conditions de la zone aride.
- 56 • En raison des incertitudes -évoquées plus haut (3)- inhérentes à la connaissance des apports (irrégularité des eaux de surface) ou à celle des capacités et du comportement à long terme des réservoirs aquifères, le schéma classique de déroulement des phases d'aménagement "études → projets → équipement et exploitation" est souvent inapproprié aux conditions d'aridité et au souci de concilier les deux volontés :
- d'engager rapidement des opérations de développement, notamment de croissance de production agricole ;
  - de ne pas commettre d'erreur d'appréciation conduisant à des équipements mal adaptés et à des investissements improductifs.

- 57 . Aussi les actions de connaissance et d'exploitation des ressources doivent-elles être considérées comme interdépendantes et parallèles plutôt que successives, leurs progrès s'aidant mutuellement.

Tout en étant déjà productives, les premières phases d'aménagement doivent fournir en outre -et à un coût marginal- des informations sur les ressources permettant de mieux ajuster (en corrigeant s'il y a lieu les programmes initiaux) les phases ultérieures.

Autrement dit, il importe autant de contrôler les effets des premières actions d'exploitation et de les analyser, que de parfaire les études initiales pour en tirer des projets en apparence "complets" et détaillés, mais de précision et de fiabilité illusoire.

- 58 . Cela implique une planification et une programmation flexibles des aménagements qui conduit à donner la préférence à la "petite hydraulique" : mobilisations du ruissellement local (cf. § 35) et des eaux souterraines mieux adaptées à la progression par étapes, -donc à la division des investissements- et aux "corrections de trajectoires".
- 59 . Cela implique encore le fonctionnement de structures de contrôle dotées des instruments nécessaires -techniques, réglementaires- capables de fournir aux autorités de gestion les informations adéquates (constats de situation, prévisions actualisées).

## 5.2. Choix d'aménagement et d'exploitation des ressources

- 60 . En beaucoup de pays de la zone aride et semi-aride, la politique de l'eau qui découle de la volonté de ne pas limiter le développement, notamment la croissance de la production agricole, par l'insuffisance des approvisionnements en eau, peut se traduire par les choix techniques suivants :

- (1) Mobiliser au maximum les eaux superficielles et les débits des nappes souterraines de sub-surface (alluviales surtout) qui leur sont généralement associées.

Mais l'irrégularité de ces ressources renouvelables, même si elles ne sont pas négligeables en moyenne, rend leur maîtrise et leur mobilisation quasi-complètes rarement possibles sur les plans techniques et économiques (cf. § 35,...) ; il faut une conjonction suffisante entre les conditions topographiques -sites de barrage- et hydrographiques, et les contraintes d'une demande plus ou moins flexible (en localisation, en quantité et en qualité).

De plus, le défaut fréquent de données d'observation hydrologique (cf. § 24) handicape beaucoup tout établissement de projet d'aménagement, dont le dimensionnement risque donc d'être mal adapté, ce qui peut rendre illusoire tout calcul de rentabilité des investissements.

- (2) Intensifier l'exploitation de réservoirs aquifères là où il en existe et où l'eau souterraine est de qualité acceptable.

Mais il s'agit de ressources non renouvelables pour l'essentiel : aussi hésite-t-on encore souvent à se lancer dans ce que l'on qualifie une "surexploitation" et à courir les risques "d'épuisement des ressources", ou de dégradation de la qualité de l'eau, à un terme jugé difficile à prévoir et qui dépend de la croissance des prélèvements. On y reviendra ci-dessous (5.3.).

En outre, la prospection et la mise en exploitation des nappes souterraines profondes exigent des investissements assez lourds (cf. § 26) sans certitude absolue sur les résultats (qui sont cependant moins aléatoires que ceux de la prospection minière et pétrolière).

- (3) Enfin recourir -du moins dans les régions littorales- à la déminéralisation de l'eau de mer, qui seule peut fournir des ressources en eau sans limitation physique (de matière, sinon d'énergie...).

Mais outre la localisation relative de la production d'eau offerte, son coût -très sensible à celui de l'énergie- peut être prohibitif vis-à-vis de certaines demandes, et son coût global (même dans l'hypothèse où la puissance publique voudrait subventionner certains utilisateurs) peut être une charge trop lourde pour des économies cherchant à "décoller".

- 61 • Le choix entre ces alternatives ne s'offre naturellement pas partout ni aussi simplement. Mais les régions où une compétition entre elles -favorisée parfois par des concurrences entre des corps administratifs ou des groupes d'intérêts différents- peut se produire, ne sont pas rares, notamment entre les deux premières. Aussi n'est-il pas inutile d'attirer l'attention des responsables de la planification des aménagements et de la gestion des ressources en eau sur la complémentarité souvent possible et toujours souhaitable de ces solutions, en les échelonnant suffisamment dans le temps.
- 62 • La compétition entre eaux de surface et eaux souterraines pose les problèmes de choix les plus courants.

Soulignons à nouveau, à ce sujet, un avantage indiscutable de l'exploitation intensive de réservoirs aquifères : elle peut se développer par étapes successives sans nécessiter un plan d'ensemble définitif dès le début. La première phase d'exploitation (quelques années), tout en produisant déjà des quantités d'eau utilisables, fournira mieux que des études initiales très approfondies, des informations permettant d'évaluer les possibilités d'extension des exploitations à plus long terme, pourvu que ses effets soient dûment contrôlés (cf. § 49).

Ajoutons que la construction de ces ouvrages de surface -notamment des barrages- ne peut être autant étalée dans le temps et que leur dimensionnement ne peut être aussi souplement ajustable en fonction du progrès des connaissances que l'exploitation apporte, que des forages.

### 5.3. Utilisation des ressources non renouvelables

- 63 • Dans un plan d'aménagement à assez long terme des ressources en eau, envisager de ne mobiliser que les ressources renouvelables, en s'abstenant d'utiliser les réserves exploitables, équivaudrait à sous-exploiter une partie du potentiel naturel. Une exploitation volontaire et contrôlée des réserves des nappes souterraines -de volume suffisant et de qualité requise- ne doit pas être écartée (cf. 4.3., § 49...).

En beaucoup de régions arides et semi-arides, le sous-sol recèle des réserves d'eau dont l'exploitation peut procurer pendant des dizaines d'années, des quantités comparables et parfois supérieures à celles obtenues par mobilisation des seules ressources renouvelables en eau souterraine -et souvent des ressources en eau renouvelables totales-.

- 64 • L'exploitation de ces réserves peut être plus ou moins intensive, en fonction du terme choisi pour sa durée : au choix de ce terme -qui conditionne le débit mobilisé en moyenne- s'ajoute celui du rythme de progression des investissements en premières phases et de la croissance des coûts de production acceptée. (La durée fixée ne peut être inférieure à celle admise pour l'amortissement des dépenses d'équipement).

- 65 • Une exploitation assez intensive des réserves d'eau souterraine, convenablement programmée, pourrait dans beaucoup de cas, permettre de ne pas retarder le développement de diverses activités économiques, tout en laissant le temps nécessaire pour étudier et projeter le mieux possible les aménagements hydrauliques de surface réalisables, et aussi en permettant de différer et de mieux ajuster des investissements lourds (barrages, usines de déminéralisation) qu'une économie plus développée supportera plus facilement.

L'exploitation "minière" des eaux souterraines peut donc constituer un facteur de "décollage économique" à ne pas négliger là où il s'offre s'en priver sous prétexte qu'il s'agit de ressources non renouvelables serait malthusien et équivaudrait à s'abstenir d'exploiter les ressources minières ou pétrolières... Mais le temps gagné pourra -et devra- être mis à profit pour éduquer les utilisateurs et préparer une économie de l'eau éliminant les gaspillages, en maximisant les recyclages et/ou les réutilisations, ce qui sera bien évidemment nécessaire lorsque les ressources en eau renouvelables seront les seules disponibles : l'exploitation de ressources non renouvelables doit être relayée autant par la mobilisation de ressources (renouvelables) de remplacement que par la transformation des demandes et des modes d'utilisation de l'eau.



ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE SUCCINCTE

(N.B. Les nombreuses publications de l'UNESCO consacrées à l'hydrologie de la zone aride, bien connues, ne sont pas mentionnées ici).

AKMANOGLU N.O. (1970)

Données d'observations minimales pour la détermination des modules interannuels, pluviométriques et hydrométriques, en Afrique occidentale et équatoriale.

(Cahier ORSTOM, Sér. Hydrol. Vol. VII, n° 2, p 3-84 - Paris)

AMBROGGI R. (1966)

Water under the Sahara.

(Scientific american, V. 214, 5 - p. 21-29 - New York)

BAUMER M. (1978)

L'eau dans les zones arides. Technologie appropriée de conservation et d'utilisation.

(Total information, n° 73)

DOAZAN D. (1978)

La méthode des gestions prévisionnelles des retenues d'eau de surface. Premières applications simplifiées à l'évaluation des potentialités réelles des régions sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest à l'égard de l'irrigation.

(C.I.E.H.-CEFIGRE, Sémin. intern. Politique de l'eau agric. élev. zones arides et semi-arides, 12-17 Fév. 1978, Niamey)

EVENARI M., SHANAN L., TADMOR N.H., et alt. (1968-1971)

Runoff farming in the desert.

(Agronomy journal, 60, 62, 63)

EZZAT M.A. (Dr) (1977)

The development of the Egyptian Western Desert.

(Minist. of Irrig., Desert Irrig. May 1977 - Cairo)

FORKASIEWICZ J., MARGAT J. (1978)

Les ressources en eau souterraine des pays riverains de la Méditerranée. Essai de synthèse provisoire.

(Doc. CEFIGRE/Réunion Com. Nat. P.H.I., UNESCO, Rome Oct. 1978 et B.R.G.M., 78 SGN 543 HYD, 36 p. - Orléans)

GERARDI I.A. (1968)

The significance of agroclimatic conditions in planning the utilization of water and land resources - (URSS),

(ECAFE, Proc. 8th Sess. Reg. Conf. Wat. Resources development in Asia and the Far East, Bangkok, Nov. 1968 - p. 262-278 - Wat. Res. Series. 38 - U.N. New-York)

HARIRI D. (1978)

Water resources development in Iran and some recommendations.

(CEFIGRE, Sémin. gest. rég. eaux, Sophia-Antipolis, France)

KEITH S.J. (1977)

The impact of groundwater development in arid lands : a literature review and annotated bibliography.  
(Univ. Arizona, Office of Arid Lands Studies, Ar. Lands Res. Inf. paper n° 10, 139 p., TUCSON)

MARGAT J. (1976)

L'exploitation des réserves d'eau souterraine : facteur de développement dans la zone aride et semi-aride.  
(Cahiers du CENECA, Colloque international Paris, 2213, 1976, - Paris)

MAYER J. (1973)

Une possibilité immédiate : la culture irriguée par pompage.  
(Techniques et développement, n° 10, p. 16-23, Paris)

MORTIER F. (1972)

Hydrogéologie et irrigation.  
(Options méditerranéennes, 16 - Déc., p. 34-38, Paris)

PALLAS Ph. (1972)

Les ressources en eau du Sahara septentrional.  
(*"Nature et Ressources"* - VII - 3 p. 10-18 - UNESCO, Paris)

REBOUCAS A. (1973)

Le problème de l'eau dans la zone semi-aride du Brésil.  
(Mém. Doct. Univ., Strasbourg)

ROCHE M. (1973)

Incidences climatiques et hydrologiques de la sécheresse.  
(Techniques et développement, n° 10, p. 4-15, Paris)

RODIER J.A. (1975)

Evaluation de l'écoulement annuel dans le Sahel tropical africain (zone à hauteur de pluie moyenne inférieure à 750 mm)  
(O.R.S.T.O.M., Serv. hydrolog., Trav. doc. O.R.S.T.O.M. n° 46, 121 p., Paris)

RODIER J.A. (1976)

Evaluation de l'écoulement annuel dans les régions tropicales sèches d'Afrique occidentale.  
(Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Hydrolog. XIII, n° 4, p. 269-306, Paris)

RODIER J.A. (1977)

Exemple d'estimation systématique des ressources en eau superficielle au Sud du Sahara.  
(U.N.I.T.A.R., Conf. différentes stratégies de mise en valeur et de la gestion des déserts, Sacramento, Californie, U.S.A.)

RODIER J.A. (1978)

Evaluation des ressources en eau de surface dans les régions tropicales arides.  
(C.I.E.H. -CEFIGRE, Sémin. intern. Politique de l'eau, agric. élev. zones arides et semi-arides, 12-17 Fév. 1979, Niamey)

RODIER J.A. (s.d.)

Hydrologie des régions arides, semi-arides et tropicales.  
(Ec. nat. Génie rural, eaux et forêts, 36 p., Paris)

TIXERONT J. (1956)

Les ressources en eau dans les régions arides.  
(Ann. Ponts et Chauss., p. 365-395, Paris)

TIXERONT J. (1979)

Considérations sur la lutte anti-sécheresse.  
(C.I.E.H.-CEFIGRE, Sémin. intern. Politique de l'eau agric. élev. zones arides et semi-arides, 12-17 Fév. 1979, Niamey)

UBELL K. (1971)

Les ressources en eau de l'Irak.  
(Nature et ressources - VII, 2, p. 3-9, UNESCO, Paris)

WIENER A. (1972)

The role of water in development.  
(Mc Graw-Hill Book Co, New-York)

YAYA IDRISSE (1979)

Les contraintes physiques et techniques - Note d'introduction.  
(C.I.E.H. - CEFIGRE, Sémin. intern. Politique de l'eau agric. élev. zones arides et semi-arides, 12-17 Fév. 1979, Niamey)

Collectif (1977)

Actes de la conférence des Nations-Unies sur l'eau.  
(Mars 1977, Mar-del-Plata, Argentine)  
N.B. De nombreux documents présentés à cette conférence se rapportent au présent thème.

Collectif (1977)

Actes de la conférence sur les différentes stratégies de mise en valeur et de la gestion des déserts.  
(Mai-Juin 1977, Sacramento, Californie, U.S.A.)

Anonyme (1972)

Etude des ressources en eau du Sahara septentrional.  
(UNESCO - Rapport final REG 100, Paris)

Anonyme (1975)

Obstacles au développement des zones arides et semi-arides.  
(Nations-Unies, Cons. éc. soc., Programme mondial de recherche-développement et d'application de la science et de la technique pour la solution des problèmes particuliers des zones arides - Rapport du Groupe ad hoc inter-institution, Mars 1975, New-York)

Anonyme (1976)

Carte de planification des ressources en eau souterraine des états membres du C.I.E.H. de l'Afrique soudano-sahélienne. Notice explicative.  
(Com. interafr. études hydraul. Sér. Hydrogéologie, B.R.G.M., cartes à 1/1 500 000 et notice, Ouagadougou)

Anonyme (1977)

Expansion des ressources en eau dans les zones arides.  
(Nation, Acad. of Sciences, U.S.A., Washington)

SÉMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSACRÉ À LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ÉLEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES

NIAMEY, NIGER, 12-17 FÉVRIER 1979

C.I.E.H

CENTRE INTERAFRICAIN  
D'ÉTUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.

CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE À  
LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

---

CIEH/CEF/Sem. 7/ INF.8

6 Février 1979

FRANCAIS

Original : FRANCAIS

LIBRARY

International Reference Centre  
for Community Water Supply

CONSIDERATIONS SUR LA LUTTE ANTI-SECHERESSE

Jean TIXERONT  
Ingénieur Conseil  
SCET International  
Agence Financière de Bassin  
Seine-Normandie  
FRANCE.

SEMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSACRE A LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ELEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES

NIAMEY - NIGER

C.I.E.H.

COMITE INTERFRICAIN  
D'ETUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.

CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE  
A LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

C.I.E.H./C.E.F./SEM.7/INF.8

ORIGINAL FRANCAIS

CONSIDERATIONS SUR LA LUTTE ANTISECHERESSE

PAR J. TIXERONT

## CONSIDERATION SUR LA LUTTE ANTISECHERESSE

---

Les sécheresses exceptionnelles sont un fléau des régions arides et semi-arides. On s'est préoccupé de s'en prémunir depuis longtemps à l'échelon national ou international.

C'est ainsi qu'ont été élaborés les plans de développement hydraulique destinés à combattre la cause essentielle qu'est le manque d'eau. Ces plans, élaborés par les ingénieurs hydrauliciens et les hydrologues visent à mieux utiliser les réserves d'eau naturelles, ou des réservoirs artificiels pour régulariser les ressources. Mais la variabilité des apports d'eau des précipitations est telle qu'il est souvent impossible de les régulariser à l'échelle interannuelle par ces seuls moyens.

Les économistes de leur côté ont cherché à combattre les effets catastrophiques des sécheresses par des moyens d'ordre économique ou par des systèmes d'assistance et de secours. Ces moyens rencontrent des difficultés de financement et de mises en oeuvre prohibitives.

Si on veut résoudre ces problèmes de façon complète, dans les conditions optimum du point de vue de l'économie et de la fiabilité on est amené à des solutions utilisant simultanément tous les moyens ci-dessus d'une façon coordonnée, ce qui appelle une réflexion en commun des ingénieurs, des économistes, à laquelle ne s'aurait être absents les responsables politiques.

La présente note a pour but d'analyser succinctement les possibilités des différents moyens, de préciser les conditions dans lesquelles ils se coordonnent en vue de dégager les solutions optimum.

Dans un premier chapitre on s'appuiera sur des exemples vécus qui permettront de mieux saisir les objectifs de la lutte antisécheresse.

Le caractère catastrophique résulte surtout du déficit alimentaire qui se traduit parfois par d'importantes pertes de vies humaines, on commencera donc par évoquer les besoins alimentaires des pays concernés qui doivent être impérieusement satisfaisants. Tel est l'objet du chapitre II.

Dans un troisième chapitre, on traitera des questions d'évaluation des ressources disponibles : ressources d'eau, ressources fournies par l'agriculture et l'élevage qui sont étroitement liées entre elles.

Ces ressources, très variables, d'une année à l'autre ne permettent de satisfaire les besoins en période déficitaire que si elles peuvent être mises en réserve par un moyen quelconque.

Le chapitre IV est consacré aux réserves d'eau, le chapitre V aux réserves de produits alimentaires, le chapitre VI aux échanges qui permettent d'augmenter l'efficacité du système des réserves.

Les problèmes financiers sont évoqués dans le chapitre VII.

Le chapitre VIII donne une analyse schématique des rapports entre les moyens de lutte évoqués précédemment en attirant d'abord l'attention sur le caractère complexe des solutions optimums sur la coordination des moyens hydrauliques et du stockage des denrées sur la coordination du système des réserves avec les échanges à l'échelle provinciale, nationale ou internationale.

Enfin le chapitre IX soulève les problèmes de répartition des denrées à l'intérieur des pays victimes de la sécheresse dont l'importance est capitale pour assurer l'efficacité des plans.

Comme la lutte contre la sécheresse intéresse d'une façon toute particulière les régions du monde il a paru nécessaire d'exposer en annexe quelques caractères de l'élevage et de l'agriculture en régions arides que sont parfois perdus de vue même dans d'excellentes études techniques.

I - REMARQUES PRELIMINAIRES D'ORDRE HISTORIQUE  
LES OBJECTIFS DE LA LUTTE CONTRE LA SECHERESSE

---

La France et les pays d'Europe tempérée sont favorisés du fait de l'abondance de leurs ressources d'eau, et de leur grande régularité. Néanmoins, jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, la France a connu des famines. Elles sévissaient, surtout en temps d'expansion démographique, à la suite des pluies, des froids ou des sécheresses exceptionnelles, soit à des troubles et des guerres qui enravaient la production agricole : par exemple en France, la guerre de 100 ans, l'oppression fiscale entraînée sous Louis XIV par le financement de guerres désastreuses, en Russie, la guerre civile des premières années de la Révolution d'octobre. Dans l'Ancienne France, les famines étaient aggravées par l'insuffisance des moyens de communication entre des provinces qui vivaient en autarcie.

Les famines y ont disparu avec l'aménagement de voies de communication assurant la compensation des déficits d'une province par les excédents du reste de la nation, dans un état supra-provincial, avec les progrès de l'agriculture qui augmentent la production des denrées, avec les progrès de l'industrie qui dégageaient des biens échangeables contre des denrées importées, avec la constitution d'un système de réserve de denrées (Office du blé par exemple) et d'un système moderne d'organisation financière.

Dans la majeure partie des autres pays du monde la situation est beaucoup plus critique.

La production des denrées alimentaires est limitée en moyenne par la disponibilité des ressources d'eau qui sont faibles. La balance est tout juste établie en moyenne, et elle risque d'être compromise par une croissance démographique rapide et incontrôlée.

Mais surtout les fluctuations climatiques ont relativement une plus forte amplitude qu'en zone européenne tempérée. Il en résulte une forte amplitude relative des variations des ressources d'eau, et de la production vivrière qui en dépend essentiellement. Il peut en résulter pendant une année et même pendant plusieurs



années consécutives, des déficits alimentaires par rapport à des besoins relativement constants. J'avais eu l'occasion d'esquisser la description de ces problèmes dans une conférence faite à Albuquerque en 1955, année pendant laquelle la sécheresse sévissait dans le centre des Etats-Unis.

L'accession récente à l'indépendance de nombreuses nations a créé des difficultés supplémentaires de compensation entre les ressources des anciens territoires contrôlés par la France, dans une période d'adaptation des nouveaux états à de nouvelles conditions économiques et politiques. Ces phénomènes peuvent d'ailleurs intéresser de très grandes nations, puisque certaines, comme l'URSS doivent importer des quantités de vivres substantielles, et comme la Chine ou l'Inde qui peuvent enregistrer des déficits globaux substantiels denrées alimentaires.

On peut appuyer ces considérations de beaucoup d'exemples récents parmi lesquels je citerai ceux que je connais le mieux.

La Tunisie eut à faire face au cours des années 1936-1937 et 1943 à 1947 à des sécheresses exceptionnelles. Au cours des années 1935 à 1937, la production céréalière fut la suivante, en milliers de tonnes :

	1935	1936	1937
Région Nord	424	287	496
Centre et Sud	346	8	154
Total	<u>770</u>	<u>295</u>	<u>650</u>

Les années 1936 et 1937 furent extrêmement critiques dans le Centre et dans le Sud. Néanmoins les dégâts purent être limités, grâce à un bon système de communication interne, et à un bon système de liaison avec les pays à l'époque sous contrôle français,

- par des importations massives de céréales, et notamment de brisures de riz d'Indochine ;
- par des transports de paille et de fourrages du Nord au Sud ;
- par l'organisation de chantiers d'assistance généralisés avec main d'oeuvre rémunérée, surtout en céréales.

Les années 1942 à 1947 auraient pu être encore plus critiques. Toutefois, les dégâts furent également limités. Les bonnes années précédentes et la guerre, qui avait freiné les exportations de céréales, remplirent tous les silos du pays. Non seulement ils étaient pleins au début de 1943, mais on avait rempli de blé une grande partie des réservoirs d'eau de la région de Bizerte. Les dernières années de la sécheresse furent passées en se servant des mêmes

moyens qu'en 1936, et à l'aide d'importation de blé américain. De plus, la Tunisie disposait pour l'exportation de stocks d'huile accumulés pendant les années antérieures à 1943, et de certaines matières exportables non soumises aux vicissitudes climatiques : minerais de fer et de phosphate, agrumes et dattes produits sur des terres irriguées au moyen d'eaux souterraines. La production de dattes fut maintenue grâce à la constance du débit des sources des oasis alimentées par d'immenses nappes souterraines. La production d'agrumes fut maintenue en surexploitant les nappes en attendant leur reconstitution qui survient vers les années 1948 avec le retour des pluies.

Un exemple plus récent, et beaucoup plus spectaculaire, bien que la sécheresse ait été moins exceptionnelle que la sécheresse tunisienne de 1943-1947, fut la récente sécheresse qui désola les pays du Sahel de 1972 à 1973.(2) Celle-ci survint à une époque particulièrement critique, les mécanismes de lutte à l'oeuvre dans l'exemple tunisien ayant été déréglés par suite de la période transitoire d'adaptation, succédant à l'accession des pays à l'indépendance, avec retour à des conditions plus autarciques. Par exemple la Haute Volta, qui avait fourni un contingent d'émigrants à la mise en valeur des irrigations du delta central algérien, vit ces émigrants refoulés par l'état voisin, après l'indépendance, avec les charges exceptionnelles résultant de leur recasement. Les secours qui vinrent de divers pays du monde eurent de grandes peines à parvenir aux intéressés, ce qui fit ressortir l'insuffisance des moyens de communications. En l'espèce seul des pays du Sahel, le Sénégal disposait d'un port de mer. Les autres pays ne peuvent être desservis que par longues routes terrestres et par voie aérienne. Cet événement montra la nécessité d'une organisation débordant les cadres nationaux, nécessité actuellement bien réalisée par les institutions internationales.

Ces exemples permettent de définir les objectifs de la lutte contre la sécheresse. Il s'agit d'assurer en priorité l'alimentation en tous temps des populations concernées.

Dans tous les cas, la production locale moyenne des denrées étant juste suffisante, doit être portée au maximum possible par l'agriculture et l'élevage, ce qui implique l'utilisation la plus complète des ressources d'eau.

Pour les insuffisances, qu'elles soient permanentes ou momentanées, il faut faire appel au débégagement des ressources exportables et échangeables, que ce soit des produits agricoles, des matières premières, des produits industriels ou des services variés.

De plus, il faut mettre en place des systèmes de réserves directes ou indirectes permettant de reporter les excédents des bonnes années sur les mauvaises années :

- réserves d'eau reportables ;
- stocks de produits vivriers ;
- stocks de produits échangeables ;
- réserves financières, conçues dans la même optique que les assurances.

Les réserves et les stocks ne sont bien entendu utilisables que s'ils sont mobilisables, ce qui oblige à se préoccuper des communications et des divers moyens d'échange de province à province, de nation à nation.

On voit de cette façon que l'aspect hydraulique des problèmes ne peut être bien traité qu'en se plaçant dans le cadre d'ensemble des moyens variés de lutte contre les sécheresses. Il n'est généralement pas possible d'arriver à une solution uniquement par l'aménagement des réserves d'eau. A supposer que cela soit possible, on peut envisager soit d'aménager une réserve d'eau reportable, soit d'aménager des stocks de produits vivriers reportables d'une année à l'autre. C'est un choix qui pourrait être fait d'après des calculs économiques. Mais cette question de choix ne s'applique presque jamais. Presque toujours, la solution optimum ne peut résulter que d'une mise en oeuvre coordonnée de tous les moyens.

La première chose à faire est d'établir le bilan alimentaire des populations concernées. Les besoins à cet égard ne sont pas tout à fait dépourvus d'élasticité, mais sont très peu élastiques.

Il convient ensuite d'étudier la variabilité des ressources vivrières locales, qui est sous l'étroite dépendance de la variabilité des ressources d'eau?

Enfin il y a lieu d'étudier les autres systèmes de réserve et les moyens de les mettre en oeuvre, d'une façon coordonnée avec la mise en oeuvre des réserves d'eau.

## II - LES BESOINS ALIMENTAIRES

Les besoins alimentaires sont d'ordre énergétique et chimique. Il faut assurer à l'organisme l'énergie nécessaire à son métabolisme et à son activité, et l'alimenter en produits nécessaires pour l'entretien, le renouvellement des tissus de façon à assurer la constance du milieu interne des organismes, et à assurer leur croissance.

Les besoins alimentaires dépendent de l'effectif de la population, compte tenu de son taux d'accroissement, des conditions à mouvements variables du climat sous lequel elle vit, des conditions d'existence : vêtement, logement, de l'âge, de la taille et du poids des individus, de ses activités physiques, des habitudes alimentaires auxquelles elle est adaptée.

On conçoit que devant une situation aussi complexe, il soit impossible de déterminer les besoins alimentaires par des analyses factorielles. La seule façon de les établir est une étude pour chaque pays de son propre bilan alimentaire. On le connaît assez bien pour les sociétés industrielles de la zone tempérée. Des normes ont même été établies pour des populations bien nourries. Par exemple, le Comité FAO-OMS pour l'alimentation a défini les besoins pour un homme et une femme de référence, âgés de 20 à 40 ans, pesant respectivement des poids de 65 et de 55 kg. Les besoins énergétiques ont ainsi été déterminés d'après la consommation d'individus bien alimentés :

- activité légère : hommes : 2700 cal. - femmes : 2000 cal. ;
- activité modérée : hommes : 3000 cal. - femmes : 2200 cal. ;
- activité très active : hommes : 3500 cal. - femmes : 2600 cal. ;
- activité exceptionnelle : hommes : 4000 cal. - femmes : 3000 cal.

Pour la Tunisie on dispose des enquêtes alimentaires réalisées par l'Institut Pasteur de Tunis de 1937 à 1939 (3)

Cette enquête fait ressortir la grande variabilité du bilan alimentaire entre le nord et le sud de la Tunisie, la faiblesse du niveau d'alimentation de la population normale par rapport à la population sédentaire. On peut ainsi se référer à un essai d'évaluation de bilan global fait à l'occasion d'une étude de mise en valeur régionale d'une région Tunisienne (4).

On remarquera dans cette étude la difficulté qu'il y a eu à évaluer la consommation d'articles très importants

dans le Centre et dans le Sud, qui sont le lait et les figues de barbarie, dont il est possible que l'auteur ait eu tendance à surévaluer la consommation. Quoiqu'il en soit, on arrive à une consommation de l'ordre de 2400 calories par consommateur type pour une population qui paraissait assez convenablement nourrie en 1956.

La faiblesse de la consommation en milieu nomade saharien ou sahalien est confirmée par une étude plus récente de G. Lambert (5).

La valeur énergétique des rations alimentaires serait de l'ordre de 1700 calories, chez les nomades sahariens, contre 1760 à 2300 chez les sédentaires des oasis algériennes (Laghouet), avec un déficit généralisé en protides, calcium et vitamines par rapport aux normes FAO-OMS. Or d'après les observations de Lambert, ces faibles teneurs en protides, et la faible valeur de la ration alimentaire ne se traduisent de façon objective par aucune des manifestations pathologiques de malnutrition qui devraient en être la conséquence : Kwarshiorkoz pratiquement inconnu dans les régions sahariennes centrales, absence d'oedèmes de carence chez les enfants. Il y a donc une adaptation aux conditions de vie. Les nomades les mieux adaptés sont ceux du Tibesti "Avec le produit de maigres troupeaux et quelques dattes, ce sont des marcheurs infatigables". "Les Reguibat, les Touaregs, et même les méharistes d'origine européenne ayant passé de nombreuses années dans ces pays et assimilé son mode de vie, ont également un degré d'adaptation remarquable".

Ces rations présentent une certaine élasticité, assez mal connue d'ailleurs malgré quelques études faites en différents pays, par exemple dans le Nord-est brésilien.

Naturellement, lorsque les sahariens passent à un mode de vie occidental, avec une activité physique plus grande, par exemple sur les champs pétroliers, leur consommation tend à se rapprocher des normes FAO, mais alors il n'est pas question de rations de survie telles que celles du milieu traditionnel, et ce sont des rations de survie qu'il faut surtout considérer en périodes de sécheresses graves, qui peuvent durer plusieurs années, et où l'activité est forcément réduite.

Il en résulte que pour passer le cap critique il faut disposer de rations du même ordre que les rations traditionnelles des pays en cause. D'où l'intérêt d'établir leur bilan par enquêtes alimentaires. Il faut faire, semble-t-il, une différence entre population sédentaire et population nomade, en fonction d'une activité physique plus ou moins fatigante et, si on admet par exemple une ration de 2000 cal. pour les sédentaires du Sahel, on puisse réduire à 1700 cal. celle des nomades en position plus saharienne. Il est probable que la ration alimentaire au cours de la dernière sécheresse est tombée en de

nombreux endroits au-dessous de ces chiffres.

Ce sont précisément les nomades et les éleveurs qui souffrent le plus lors des sécheresses exceptionnelles. Les ressources d'alimentation du bétail s'épuisent en effet comme les ressources pour l'alimentation humaine. Les besoins du bétail sont chiffrables avec une approximation du même ordre que les besoins humains. A ce point de vue, le problème présente deux aspects :

1°) On peut se proposer pour objectif d'assurer aux animaux des doses de survie quelles que soient les conditions climatiques. C'est ainsi qu'on a envisagé en Tunisie un système de centres de sauvegarde avec constitution de réserves alimentaires. Mais on est forcément limité. Il n'est généralement pas possible de couvrir la totalité des besoins pendant toute la durée d'une sécheresse exceptionnelle.

2°) Dans ce cas, il faut admettre une réduction de l'effectif du cheptel et sa reconstitution après la crise. Cette reconstitution est relativement rapide pour le petit bétail. Il y a donc à un moment donné nécessité de liquider du cheptel. Or il y a une tendance chez les éleveurs à le conserver le plus longtemps possible. On arrive à des situations où le bétail est dans un tel état de malnutrition qu'il devient impossible à liquider avant même de mourir de faim. Le problème consiste à organiser sa liquidation avant d'en arriver là, et de disposer des vivres de réserve uniquement pour permettre de passer la période de liquidation.

Il a été question principalement ci-dessus des besoins énergétiques de l'alimentation ; il est clair que les besoins en protéines sels minéraux et vitamines doivent être déterminés de la même façon. Là aussi il existe des normes FAO-OMS adaptées surtout à la société industrielle de la zone tempérée. Là aussi ces normes sont insuffisantes, et des normes sont à établir pour chaque pays intéressé, en tenant compte de ses habitudes et de son niveau alimentaire.

Voici des ordres de grandeur des pourcentages de calories apportées par les protéines, les glucides et les lipides, chez des populations vivant sur une ration énergétique totale de 1 700 à 2 200 calories/jour/hab

(J. Adrian) (6) ;

Protéines : 12% dont 3 à 3,5% de protéines animales  
glucides : 72% dont 67% apportés par céréales et tubercules  
lipides : 16%

### III - LES RESSOURCES ALIMENTAIRES

#### 1 - Généralités -

Les denrées alimentaires peuvent être produites directement dans le pays par l'agriculture et l'élevage. Elles peuvent également être obtenues par voie d'échanges, soit par l'exportation de produits industriels ou de services, soit même par l'exportation d'autres denrées alimentaires excédentaires pouvant être produites avantageusement dans le pays et pouvant être échangées contre des denrées obtenues à meilleur compte et d'une valeur alimentaire supérieure.

Il convient ici de relever l'absurdité de certaines théories qui ont eu cours à l'occasion de l'intérêt suscité par la dernière sécheresse du Sahel. Certains n'ont pas manqué de rejeter sur l'ancienne administration coloniale la responsabilité de la catastrophe. Cette administration aurait affamé le Sahel en imposant des productions intéressant l'économie européenne : arachides et coton, au détriment de la production locale à consommer sur place. Pourquoi alors ne pas incriminer la production de la canne à sucre à Cuba et à l'Ile Maurice, le palmier à huile au Nigéria, dont les récoltes ne sont pas consommées sur place mais intéressent par exemple pour la canne à sucre de Cuba, jadis les USA, aujourd'hui l'URSS. Il est bien évident que ces cultures d'exportation sont bien adaptées aux sols et aux climats des pays intéressés et par conséquent, ils peuvent tirer des échanges un avantage au point de vue de la masse alimentaire.

On peut citer de nombreux exemples de l'utilité de ces échanges. Un petit nombre suffira :

- En Algérie et en Tunisie, on exportait vers les pays européens des pommes de terre de primeurs ; par contre on importait saisonnièrement des pommes de terre européennes de valeur alimentaire supérieure mais moins chères.

- Du point de vue strictement alimentaire, Cuba a intérêt à exporter des excédents de sucre et le Sahel des arachides pour obtenir en échange des denrées alimentaires en plus grande quantité.

- Dans le Sahel, les nomades savent très bien exporter leurs excédents de bétail et de poissons vers les pays tropicaux voisins et en obtenir en échange d'autres produits alimentaires.

- En Afrique du Nord, où la situation alimentaire est plutôt marginale, on a cependant intérêt chaque fois que c'est possible à produire des

denrées riches exportables, oranges, dattes, raisins.

Si on appliquait les solutions autarciques impliquées par les critiques rapportées plus haut, on aboutirait à une aggravation des disettes. On reviendrait par exemple dans les montagnes d'Auvergne à la culture des céréales, ou on reviendrait aux autarcies provinciales du Moyen-Age génératrices de famines.

Bien entendu, le remplacement d'une culture vivrière consommable sur place par une culture d'exportation doit toujours être mûrement réfléchi? Disons qu'en principe les cultures de denrées à produire sur place doivent avoir la priorité, et que les cultures de denrées à exporter doivent être explicitement justifiées dans chaque cas pour avoir la certitude que le pays concerné y trouve un avantage.

Quoiqu'il en soit, les ressources alimentaires, directes ou indirectes, produites dans un pays dépendant essentiellement des ressources d'eau, et l'inventaire des ressources disponibles doit commencer par l'inventaire des ressources d'eau dont dépendent essentiellement la production de l'agriculture et de l'élevage.

## 2 - Les ressources d'eau -

Les ressources d'eau sont utilisables dans la mesure où elles peuvent être mises en réserve. Elles proviennent essentiellement des précipitations. Celles-ci sont utilisables directement par l'agriculture et l'élevage en sec qui font appel aux réserves d'eau des sols. De plus elles sont à l'origine des ressources d'eau superficielles et souterraines.

La variabilité des précipitations doit s'étudier sur une période assez longue pour avoir l'occasion d'enregistrer des sécheresses catastrophiques. Celle des années 40 en Tunisie avait une période de récurrence de l'ordre du siècle ; la sécheresse des années 70 dans le Sahel au sud du Sahara avait une période de récurrence de 25 à 50 ans. Il est par suite désirable d'établir l'évolution des précipitations pendant les 100 dernières années. Une simple statistique ne suffit pas. Il faut établir une série historique. Cela est possible dans un pays comme la Tunisie où on dispose de données pluviométriques sur une période de l'ordre du siècle. Dans les régions où les observations régulières sont moins longues, un travail statistique est nécessaire pour extrapoler les observations de façon à obtenir une série historique d'une centaine d'années ayant une probabilité raisonnable. Les méthodes employées doivent tenir compte des effets de persistance, méthodes Monte Carlo basées sur les travaux de Hunt,



Mendel Brot, et des hydrologues de quelques centres d'hydrologie en France.

Pour les ressources d'eau superficielles, on se basera sur les mesures hydrométriques existantes, en les extrapolant à la centaine d'années par référence aux précipitations. Bien qu'il n'y ait pas de relations univoques entre les précipitations annuelles et les écoulements annuels, on peut au moyen des observations disponibles obtenir une distribution statistique dont les paramètres serviront à établir une liste d'écoulement de probabilité 1, 2 ... 99 %. On classera ensuite ces écoulements dans le même ordre que la série historique des précipitations pour obtenir une série historique d'écoulements annuels fictive, mais d'une probabilité raisonnable.

Les ressources d'eau souterraines transitent par les réservoirs constitués par les nappes souterraines. Ils sont alimentés par la percolation des eaux pluviales, et par l'infiltration des eaux des cours d'eau et de leurs nappes d'inondation. Ils se vidangent par évaporation sur les terrains où la surface de la nappe est voisine de la surface du sol, et par leur trop plein qui alimente les sources, les cours d'eau en régularisant leur débit. La caractéristique des phénomènes d'alimentation en zones arides et semi arides est leur discontinuité dans le temps et dans l'espace. Pour qu'il y ait percolation, il faut que le volume des précipitations dépasse le seuil nécessaire à la saturation du sol. Dans certaines nappes cela peut ne se produire qu'à des intervalles de plusieurs années, voire de plusieurs siècles. Dans l'espace, les zones d'alimentation privilégiées sont les lits des cours d'eau ou leurs champs d'inondation. On arrive à saisir le régime de fonctionnement des nappes par l'observation des fluctuations de leurs niveaux qui donne une idée des variations des réserves, par l'observation et l'enregistrement du débit des sources, et indirectement par la régularisation opérée sur le débit des cours d'eau. Les équipements d'observation des nappes souterraines sont souvent très déficients en zones arides et semi arides, même en ce qui concerne les fluctuations de débit des sources qui sont les plus faciles à observer. Cependant, certaines nappes souterraines offrent des réserves tellement considérables que le débit des sources est peu variable. C'est le cas de certaines oasis sahariennes, dont le débit est peu variable. Une des tâches principales des services hydrologiques est de préciser le fonctionnement des nappes.

Il faut noter ici l'intérêt qu'il y a à réutiliser les eaux usées des agglomérations, en raison de la constance de leur débit et de la proximité des centres de consommation.

### 3 - Les ressources de l'agriculture et de l'élevage -

La production des cultures est directement liée à l'évapotranspiration réelle des plantes. Les progrès récents de la science agronomique permettent d'établir des corrélations entre le rendement d'une culture et les conditions météorologiques. On trouvera des renseignements utiles dans l'ouvrage du Professeur G. Azzi (7) (Ecologie agricole, Baillière, 1954). En Tunisie, on a déterminé des relations approximatives entre les précipitations annuelles et la production des oliviers. Bien qu'à pluviométrie annuelle égale, celle-ci pourra varier autour d'une moyenne en fonction de la répartition mensuelle de la pluie, les réserves du sol atténuent ces variations. La documentation existante soit aux services agronomiques d'Afrique du Nord, soit aux services hydrologiques et agronomiques de l'ORSTOM, permet d'avoir des renseignements du même ordre pour les principales cultures vivrières des régions semi arides.

L'établissement de séries de productions annuelles pour un pays déterminé présente néanmoins de grandes difficultés :

Une bonne part des productions vivrières provient de champs situés dans des thalwegs et des zones inondables qui sont suralimentées en eau par rapport aux précipitations.

Les renseignements qu'on possède sur le rendement des pâturages sont d'ordre qualitatif plutôt que quantitatif.

Les renseignements fournis par les statistiques agricoles sont imprécis. Ils portent sur des périodes limitées. On manque de moyens d'estimation des productions consommées localement par les producteurs : autoconsommation, en particulier pour le lait dans le Centre et dans le Sud.

Certaines denrées de consommation courante ne font l'objet d'aucune statistique, par exemple la figue de barbarie en Tunisie. Il en est de même de toutes sortes de légumes sauvages consommés en temps de sécheresse : par exemple en Tunisie le Tale Rhouda.

Pour avoir une idée des variations des productions il faut donc utiliser concurremment trois méthodes d'investigation :

- les enquêtes alimentaires ;
- les statistiques d'élevage et de production agricole ;
- les liaisons qu'on peut faire entre les précipitations et les rendements correspondants (méthode des rendements simulés).

En matière de cultures irriguées, il est plus facile d'établir des corrélations, les organisations en place pour la gestion des irrigations connaissant généralement l'évolution des volumes d'eau consommée et les productions

correspondantes, ce qui permet de se baser sur les statistiques hydrométriques.

En ce qui concerne le bétail, on a des statistiques qui permettent de connaître les effectifs présents au cours d'une année déterminée, en nombre, sinon en poids. Les variations d'effectif sont directement conditionnées par la variation des pluies auxquelles elles tendent à s'adapter ; on connaît par exemple en Tunisie la diminution du cheptel qui a accompagné la sécheresse de 1942 à 1947. On sait que dans le Centre et le Sud, la quasi totalité du petit bétail a péri, en pure perte.

Naturellement, les études de variabilité doivent porter non seulement sur les produits à consommer sur place, mais aussi sur les produits exportables.

La seule façon de compenser les déficits des années de sécheresse est de recourir à des réserves reportables d'une bonne à une mauvaise année, ou à des échanges.

#### IV - LES RESERVES D'EAU

---

Toute la production agricole d'un pays étant conditionnée par l'alimentation en eau des végétaux, c'est évidemment la constitution et l'utilisation des réserves d'eau qui doit être envisagée en premier lieu. Notons incidemment que dans certains pays comme le Bangladesh, les famines peuvent être causées par des excès d'eau, dans d'autres pays elles peuvent être causées par des froids exceptionnels ou des inondations catastrophiques, mais ici nous ne nous occuperons que des sécheresses.

Les réservoirs d'eau peuvent être les sols eux-mêmes, ou les barrages réservoirs, ou les nappes souterraines.

Les réserves des sols sont mises à contribution par les méthodes d'agriculture dite sèche. Considérons les cultures de base de la région méditerranéenne : céréales et oliviers. Une récolte normale de blé ou d'orge consomme sous le climat de l'Afrique du Nord environ 400 m/m d'eau, un olivier pour son maintien en végétation demande annuellement environ 1500 mm d'eau par m<sup>2</sup> de frondaison. Il est cependant possible de pratiquer ces cultures dans des régions qui ne reçoivent que 200 m/m par an à condition que les sols permettent d'emmagasiner une réserve d'eau suffisante dans la zone prospectée par les racines, c'est-à-dire si les sols sont assez profonds, s'ils ont une texture assez grossière et une structure convenable, si les plantes ont un système racinaire capable de prospecter des profondeurs suffisantes. Cette dernière condition est réalisée pour les céréales, l'olivier, la luzerne. Les précipitations étant insuffisantes, il faut affecter aux végétaux des impluviums pour compléter leur alimentation en eau. Cela peut se faire en cultivant les thalwegs (système pratiqué dans les Letmetes en Tunisie) et en répandant les eaux de ruissellement (cultures en épandage de crues) ou culture en meskats). On peut aussi pratiquer des cultures discontinues. Pour les oliviers on les espacera suffisamment pour que chaque arbre ait individuellement un impluvium suffisant ; pour un olivier couvrant 50 m<sup>2</sup> on le plantera au centre d'un carré de 500 m<sup>2</sup> sur lequel on détruira la végétation inutile par des façons culturales, ce qui obligera à un espacement de 20 à 25 m entre les arbres. Pour les céréales, on les cultivera en bandes séparées par des bandes nues servant d'impluvium. La période de végétation de la céréale coïncidant à peu près avec la période pluvieuse, on sèmera le blé en bandes de 2 ou 3 m de large séparées par des bandes nues d'égale largeur.

Ce système permet d'étendre les cultures en condition de précipitation supérieures ou égales aux moyennes. Il permet même, dans une mesure assez limitée, de reporter des réserves d'eau d'une année bien favorisée à la suivante, mais pas au delà. Le système est en défaut lors des sécheresses catastrophiques. Une sécheresse catastrophique est en effet presque toujours caractérisée par plusieurs années déficitaires consécutives. Ce fut le cas en France en 1949-1952, en Tunisie en 1943-1947, dans le Centre des Etats-Unis au cours des années précédant 1955.

Les eaux superficielles peuvent être mises en réserve dans des barrages réservoirs ou dans des citernes. Les citernes peuvent être construites de façon à limiter l'évaporation, mais sont si coûteuses qu'elles ne peuvent servir que les besoins d'eau potable. Leur capacité de régularisation peut dépasser une année. Les barrages réservoirs peuvent accumuler des volumes d'eau considérables, et peuvent théoriquement assurer une régularisation inter-annuelle, mais celle-ci ne s'exerce que sur un nombre d'années limité en raison de l'évaporation. Le lac Hekla en Tunisie par exemple qui a une capacité de 400 millions de m<sup>3</sup> et qui était plein en 1932, était à peu près vide en 1936, sans avoir même été utilisé. Les cas où on peut les conserver pour assurer en zones arides une régularisation interannuelle sont excessivement rares. Le cas le plus spectaculaire est celui du grand barrage d'Assouan. Sa capacité de régularisation interannuelle porte sur une période de 50 à 100 ans ; elle est obtenue en <sup>compensant</sup> une perte d'eau par évaporation de 10 à 20 % du débit moyen du Nil. Il n'empêche que la principale fonction de ce barrage demeure la régularisation annuelle. Celle-ci permet de gagner des volumes d'eau qui se seraient perdus annuellement à la mer, ce qui compense les pertes par évaporation.

Les réserves d'eau souterraines ont l'énorme avantage d'être très peu déprimées par l'évaporation, si leur plan d'eau se situe à plus de 5 m environ sous la surface du sol. Elles permettent donc une régularisation interannuelle portant sur de longues périodes. On peut citer de nombreux exemples où la régularisation a pu être assurée pendant de nombreuses années :

- en Tunisie, la nappe de Grombalia-Menzel Bou Zelfa, la nappe de la plaine de Kairouan ;
- en Tripolitaine la nappe de Tripoli ;
- en France les nappes des formations tertiaires et secondaires du bassin parisien.

On sait que les oasis sahariennes sont alimentées par des sources régularisées à l'échelle du siècle, ou du millénaire par de vastes réservoirs d'eau souterraine.

Généralement ces réserves sont alimentées d'une façon très discontinue. Par exemple, la nappe de Grombélia pendant la période de 1944 à 1952 fut alimentée seulement en 1949.

Les nappes de Kairouan sont alimentées principalement par les inondations des oueds Zeroud, Nebanne et Merguellil, dont la période de récurrence est de l'ordre de la dizaine d'années et encore plus élevée pour les inondations généralisées telles que celles de 1931 ou de 1968.

La nappe de Tripoli est surexploitée depuis qu'on y a généralisé les irrigations par pompage, en ce sens qu'on a assisté à des baisses continues du plan d'eau atteignant des ordres de grandeur de 50 cm ou plus par an. L'exploitation est donc interannuellement régularisée et les réserves de la nappe permettent certainement de faire face à des sécheresses de période de récurrence cinquanténales sans diminution de production, à condition bien entendu que la nappe ne soit pas épuisée avant une période de réalimentation, ou qu'elle ne soit pas déprimée au point de se saliniser par intrusion d'eau de mer. Si ces conditions ne sont pas remplies, il y a surexploitation, mais le fait de surexploitation ne peut être établi, étant donnée la variabilité extrême du climat, que par des bilans portant sur une période de l'ordre du siècle. (Cette période devrait être de l'ordre du millénaire pour les grandes nappes sahariennes des oasis).

D'où la nécessité de faire des prévisions par longues séries d'années consécutives, par les méthodes évoquées plus haut à propos des ressources d'eau. Ces méthodes doivent englober toutes les sources d'alimentation, c'est-à-dire non seulement les précipitations avec leur variabilité, mais encore les écoulements des cours d'eau qui peuvent alimenter les nappes par infiltration dans leurs lits ou dans leurs champs d'inondation.

Autrefois on n'avait pas d'observations assez suivies sur les variations de niveau des nappes pour pouvoir faire des prévisions à longue échéance. Depuis les années 1940 les réseaux d'observation se sont considérablement développés, en particulier en Tunisie et en Tripolitaine, de sorte qu'on peut tenter d'établir des bilans satisfaisants. On peut se référer aux études qui ont pu être faites, et les compléter si nécessaire sur des zones particulières intéressantes telles que la nappe de Tripoli, les nappes de Kairouan et du cap Bon, sur lesquelles on doit avoir maintenant des périodes d'observation de plus de 30 ans; englobant des années d'alimentation exceptionnelles.

Pour étendre le champ de régularisation des nappes on peut renforcer leur alimentation en utilisant les écoulements d'eau superficiels qui seraient perdus soit vers la mer, soit vers des zones où les eaux excédentaires sont évacuées sans profit par évaporation : zones marécageuses, chotts, alimentation de végétations ripariennes de valeur nulle. Il y a lieu toutefois de faire quelques réserves : l'eau évacuée en mer n'est pas absolument dénuée de

valeur. Les années où beaucoup d'eau parvient à la mer engendrent le long des côtes des zones d'eaux fertilisantes pour les poissons. Au cours de ces années, on observe le long des côtes orientales de la Tunisie des zones d'eaux troubles où la pêche devient très abondante. Il en était sans doute de même en Egypte avant la régularisation du débit du Nil par le barrage Nasser. La végétation riparienne peut alimenter du bétail si elle est constituée d'espèces propres à son alimentation. Il existe même des espèces halophiles de cette nature dans les zones marécageuses salines (atriplex). Ceci est à considérer mais n'est généralement pas un obstacle rédhibitoire.

La réalimentation des nappes par les eaux superficielles soulève des problèmes émergeant principalement des forts débits solides que charrient les cours d'eau dans les zones semi arides. Le colmatage des zones d'alimentation doit être évité, cela peut être fait en épurant les eaux par décantation comme on l'a fait avec les eaux de la Seine à l'aval de Paris, mais il y a d'autres méthodes moins coûteuses. L'une est de cultiver les zones d'épandage avec des eaux répandues en excès de la dose nécessaire à la culture. Cette méthode est traditionnellement utilisée en Iran, ou dans le Haouz de Marrakech. Le travail des racines des plantes entretient les capacités d'infiltration des sols.

Il y a parfois concurrence entre réserves d'eau superficielles et réserves d'eaux souterraines : prenons l'exemple du principal cours d'eau de la Tripolitaine, l'oued Mejenine, sur lequel un barrage a été établi avec une capacité de régularisation interannuelle. Lors de son établissement on n'a pas prêté assez d'attention à ce problème de concurrence ; l'oued Mejenine alimentait la nappe de Tripoli par ses infiltrations comme les oueds sahariens qui perdent leur débit de l'amont à l'aval.

Sur le plan du bilan hydraulique global, en faisant le barrage, on a gagné tous les excédents que s'écoulaient en mer, mais on a perdu toute l'eau qui s'évapore sur le plan d'eau du barrage. Il n'est pas sûr que le bilan soit positif. A l'époque où on a construit le barrage on n'avait pas, à ma connaissance, mis en balance une autre solution consistant à créer un barrage de moindre capacité, complété par un système d'utilisation des eaux évacuées pour améliorer l'alimentation de la nappe de Tripoli, tout en récupérant les excédents évacués en mer.

Toutes les solutions sont des cas d'espèce. Il faut retenir que, dans l'optique de la lutte contre les sécheresses exceptionnelles, les réserves d'eau souterraines sont généralement les seules qui permettent d'aménager des réserves reportables sur d'assez longues périodes. Si les conditions économiques le permettent, ces réserves peuvent être exploitées à régime variable, avec

un maximum de prélèvements en temps de sécheresse. Une solution de ce genre avait été envisagée en Tunisie pour l'exploitation coordonnée des réserves superficielles et des réserves souterraines.

On est limité dans cette voie par des impératifs économiques. Il n'est généralement pas économiquement viable de créer des installations très coûteuses à mettre en fonctionnement seulement en période de sécheresses exceptionnelles.

C'est la raison pour laquelle la lutte contre la sécheresse au moyen des réserves hydrauliques ne peut être envisagée que dans un cadre englobant tous les autres systèmes de réserves.



## V - LES RESERVES DE PRODUITS ALIMENTAIRES

La production des denrées alimentaires dépendant étroitement de la ressource d'eau, on a de tous temps créé des réserves de vivres.

Dans l'ancienne Egypte une bonne administration se devait de constituer des stocks de céréales. Sur quelle durée jouait ce moyen de régularisation ? La Bible parle de 7 années. Les systèmes de stockage demandent des installations et une organisation appropriées.

Pour les céréales en Afrique du Nord, l'habitude de conserver des stocks de céréales, d'huile et d'autres denrées était courante en milieu traditionnel. Les céréales se conservaient en silos au niveau des petits groupes de populations (villages ou fractions tribales), ou dans des jarres de grandes dimensions chez les habitants des villes. Le système a été perfectionné peu à peu avec des silos collectifs importants créés à l'initiative de l'Etat : silos régionaux, puis grands silos modernes dans les ports et les grandes villes. Ceux-ci jouèrent, comme on l'a vu plus haut, un rôle majeur lors de la sécheresse de 1942-1947.

En France, une évolution analogue a conduit en dernière phase à la création de l'Office du blé. Il est d'ailleurs question maintenant de créer d'autres offices du même genre pour d'autres denrées essentielles telles que la viande.

Il est nécessaire de préciser ici la durée de conservation possible de chaque denrée avec les différentes techniques actuellement connues, la durée pendant laquelle les denrées doivent être réellement conservées, et le volume des stocks nécessaires.

Pour la viande et le poisson, les procédés traditionnels par séchage salage ou fumage permettent de les conserver en pays chauds pendant un mois à un an. On pourra consulter à ce sujet A. Clement (3), Larrat (9), L. Mann (10). La préparation des viandes dans les pays sous développés (FAO, 1962) (8 et 9).

Les procédés modernes de conservation par le froid et la stérilisation permettent d'aller bien au delà d'un an. Une documentation récente considérable est maintenant disponible. Mentionnons en particulier les études de la SCET Internationale et de la SEDS sur Madagascar et divers pays d'Afrique.

- Les céréales peuvent se conserver plusieurs années, les principales

difficultés en pays chauds venant de l'action des parasites.

Les stocks à constituer dépendant de la durée des périodes de sécheresse prévisibles. Celle des sécheresses catastrophiques a été de plusieurs années. C'est le cas des sécheresses citées plus haut. Ces sécheresses ont affecté des surfaces de territoires considérables. On pourrait se proposer l'objectif de faire face à une sécheresse de 4 ans. Etant donné le coût des stockages, les pertes de rendement, et les immobilisations qui en résultent, on ne peut envisager de longues périodes, et si elles doivent être dépassées, il vaut mieux recourir à d'autres types de réserves. Le stock doit être maintenu par des renouvellements d'une année à l'autre.

Remarquons d'ailleurs que la sécheresse de 1936 en Tunisie avait été précédée d'années exceptionnellement abondantes de 1931 à 1934. La récolte de céréales est généralement insuffisante dans le Centre et le Sud du pays et le port de Gabès, par exemple, était en moyenne importateur de céréales. Or en 1932, il exporta un tonnage de blé aussi fort que le port de Bizerte en année moyenne; cette seule année aurait permis de constituer le stock nécessaire de 1936 à 1938. De même, les années 1944-1947 furent précédées d'années abondantes. La sécheresse du Sahel fut précédée de l'année 1967 au cours de laquelle le Niger eut une crue exceptionnelle.

L'alimentation des troupeaux pose un problème tout différent de l'alimentation humaine. Si on doit envisager la survie de toute la population humaine, il est généralement impossible de le faire pour le cheptel. L'effectif de celui-ci s'ajuste automatiquement, avec un certain décalage à la ressource annuelle. Il a une période de renouvellement relativement courte et prolifère à la suite des années de pluies abondantes. Vienne la sécheresse, les éleveurs ont tendance, dans les pays chauds, à le conserver le plus longtemps possible. Le cheptel faute de nourriture périt, après avoir subi un état d'amaigrissement qui le rend incommercialisable avant même qu'il ne meurt. Les éleveurs sont généralement pris de court et c'est la catastrophe.

Les dégâts auraient pu être très limités, s'il avait été possible de liquider le bétail, sans attendre la dernière extrémité. On aurait alors constitué avec le prix de la vente les ressources nécessaires pour passer la mauvaise période.

La solution consiste à disposer de réserves alimentaires pour une période juste suffisante pour pouvoir tenir le bétail en état quelques mois, et avoir ainsi le temps de le liquider dans des conditions avantageuses. Cette liquidation pose des problèmes de débouchés qui ne peuvent être instanta-

nément résolu. Quel délai peut être envisagé ? Peut-être 3 ou 6 mois. Mais de telles opérations doivent être prévues et organisées à l'avance.

C'est dans cette optique qu'on a envisagé, en Tunisie, de consacrer un certain nombre de points d'eau à la création de centres de sauvegarde. Par exemple un puits pouvant donner 50 litres/seconde aurait été le centre d'une exploitation comportant :

- une cinquantaine d'ha de luzerne ;
- une centaine d'ha de cultures d'hiver : céréales et fourrages d'hiver à cultiver en rotation ;
- une ceinture réservée au cactus.

La réserve fourragère aurait été constituée par : des fourrages d'hiver, de la paille, de la luzerne et du cactus. Le cactus n'est pas capable d'assurer la survie des moutons seul pendant plus de 15 jours ou 3 semaines, mais la luzerne est un aliment riche qui peut compléter la ration de cactus pour tirer partie de sa valeur énergétique. Dans le même ordre d'idées, on a proposé, pour le Sahel de consacrer à la disposition des éleveurs une certaine proportion des territoires devant être irrigués pour y pratiquer l'embouche en année normale et pour exercer temporairement un rôle de sauvegarde analogue en années de sécheresse.

De toutes façons, le coût économique limite l'importance et la durée des stockages. Ceux-ci peuvent être seulement limités, et doivent être obligatoirement complétés par les autres systèmes.

## VI - LES ECHANGES

On a vu qu'en France et d'une façon générale en Europe tempérée, les famines ont pratiquement disparu à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle, en raison :

- de la facilité des échanges donnée par les voies de communication ;
- des moyens de stockage mis en place surtout à partir du XIX<sup>e</sup> siècle ;
- de l'épargne monétaire qui permettait de reporter facilement les ressources d'une année abondante sur une année déficitaire et d'une région à l'autre.

Pour que les échanges puissent se faire il faut :

- qu'il y ait des pays disposant d'excédents de denrées à prélever sur leurs propres stocks ;
- que les pays victimes de la sécheresse disposent de biens à échanger.

La stockage est une opération onéreuse. Or les échanges permettent de diminuer le volume global des stocks à constituer. Soient  $n$  pays devant pour régler les problèmes de sécheresse qui les concernent par leurs propres moyens disposer chacun d'un stock  $S$  de denrées. L'ensemble des stocks nécessaires à cet ensemble de pays est  $nS$ . Plus l'ensemble de pays concernés est vaste, plus il y a des chances qu'ils ne soient pas tous atteints à la fois avec la même intensité par la sécheresse. Les échanges permettent de faire face à la situation avec un ensemble des stocks constitués inférieurs à  $nS$ , dans une mesure en rapport avec la diminution de la variabilité des ressources d'eau et des ressources de denrées qui domine relativement dans un territoire plus vaste.

A la limite, on peut rêver d'une organisation dans laquelle tous les pays du monde mettraient en commun leurs excédents et leurs déficits alimentaires. Il est possible, comme on a cru pouvoir le déduire de certaines études, que l'ensemble des précipitations sur le monde entier soit assez constant. Cela ne veut pas dire que l'ensemble de la production alimentaire soit constant, car elle est soumise à d'autres aléas que ceux des précipitations. Il y a là un champ d'études qui ressort des institutions d'étude scientifique. A supposer néanmoins que la production mondiale de denrées alimentaires soit quasi constante, alors on peut imaginer que la constitution de stocks à long terme devienne inutile, et que tous les excédents et déficits puissent être compensés par voie d'échange. L'importance des stocks se réduit alors de 4 ans par exemple en cas d'autarcie complète, à un délai de quelques mois nécessaires pour procéder aux échanges. Le coût du stockage devient insignifiant. Par contre le coût des échanges devient lui-même très élevé.

Entre les deux hypothèses extrêmes envisagées, il faut considérer le coût d'ensemble du stockage et de l'échange. Il n'y a pas besoin de modèles et de calculs compliqués pour affirmer que la solution optimum est à coup sûr une solution intermédiaire. Celle-ci correspond non seulement au moindre coût, mais au désir légitime d'indépendance des états, indépendance vers laquelle il faut tendre, même si elle n'est en fait jamais totalement réalisable en pratique.

Quoi qu'il en soit, ceci souligne l'intérêt des études de variabilité des ressources d'eau et des productions agricoles, non seulement à l'échelle de chaque pays, mais à l'échelle internationale, dans des ensembles de pays plus ou moins éloignés, en complétant les statistiques nationales par les statistiques de la FAO pour les denrées dont les productions sont connues avec assez d'exactitude.

Pour être efficaces, les compensations par voie d'échanges doivent impliquer des associations de pays très éloignés.

La sécheresse de 1943-1947 a sévi sur l'ensemble des pays de l'ouest de la Méditerranée. Celle des années 1972-1973 a sévi sur l'ensemble des pays du Sahel du Sénégal au Tchad. Bien que la première ait eu une période de récurrence plus grande que la seconde, elle a été moins désastreuse, parce que le voisinage de la mer a facilité les importations.

Les biens qui peuvent être échangés contre des vivres, sont naturellement des produits non vivriers, tels que produits miniers ou industriels, mais même, nous l'avons vu au chapitre III.1, des produits vivriers.

Tout ceci souligne l'importance des moyens et voies de communication. Il est d'autre part indispensable que des plans d'échanges soient organisés à l'avance. Les dégâts des sécheresses sont en effet amplifiés par leur caractère exceptionnel. Les états qui en sont victimes sont généralement pris de court, et n'ont pas le temps de s'organiser à chaud.

## VII - LES MOYENS D'ORDRE FINANCIER

Les moyens financiers n'étaient pas inconnus des systèmes traditionnels, nonobstant les critiques qu'on peut leur faire.

En Tunisie, les femmes bédouines se paraient de bijoux en années d'abondance, pour les liquider en période de disette. Le recours à l'usurier était une autre solution au moins partielle.

La civilisation moderne a mis à la disposition de l'humanité, non seulement des puissants moyens de mettre en réserve les biens de consommation, mais aussi les outils monétaires et financiers permettant de faire face aisément aux transferts et aux échanges de ces biens en tenant compte des décalages entre production et consommation résultant de leur variabilité spatiale et temporelle.

Les situations catastrophiques se rencontrent dans la vie courante des particuliers, comme dans celle des nations. On connaît très bien la parade ; c'est de contracter des assurances. Celles-ci peuvent couvrir non seulement les risques de catastrophes telles qu'incendie ou grêle, mais les risques de mauvais rendement des récoltes. Les moyens monétaires ou financiers peuvent être dégagés surtout au cours des années de pluies abondantes. C'est au cours de ces années surtout que les pays exposés aux grands aléas climatiques sont en mesure de payer des "primes" en numéraire ou en nature. En situation d'instabilité monétaire, une indexation est à prévoir.

Pour qu'un système d'assurance puisse jouer, il faut que :

- 1°) que les "assurés" soient en assez grand nombre pour la répartition des risques ;
- 2°) qu'ils soient effectivement capables de payer les "primes" ;
- 3°) que des organisations soient créées pour la gestion des assurances.

La première condition implique une internationalisation des problèmes de lutte contre les sécheresses. Les risques doivent être passés pour chaque nation et pour les ensembles, en fonction des bilans, inventaires et statistiques préconisés dans les chapitres II et III. Même dans le cas où les données acquises sont insuffisantes pour évaluer les risques de façon précise, on ne peut se dispenser d'en faire des évaluations provisoires. L'internationalisation peut avoir lieu par voie bilatérale, ou multilatérale, ou par l'organisation des Nations Unies.

On peut attribuer les sécheresses de la région sahalienne au Sud du Sahara à un balancement de la circulation atmosphérique faisant progresser vers le sud la zone atmosphérique sèche des latitudes sahariennes. Inversement les sécheresses d'Afrique du Nord seraient dues à un balancement inverse vers le nord. En 1942, par exemple le déplacement des isohyètes vers le nord fut de l'ordre de 200 km. Dans cette hypothèse, il y aurait une certaine complémentarité entre déficits en zone sahalienne et excédents au nord du Sahara. Cette disposition latitudinale des zones climatiques suggère l'idée de rechercher des compensations entre nations situées d'une part au sud du Sahara, d'autre part au nord : Afrique du Nord et Europe. On peut alors rechercher des assurances par contrats passés bilatéralement entre les deux groupes de nations au nord et au sud.

D'autre part, il y a une disparité entre les genres de productions des pays froids tempérés et des pays chauds tropicaux, ce qui engendre même en périodes normales des courants d'échanges réguliers. Il y a une complémentarité naturelle qui peut suggérer l'établissement de relations d'assurance.

Ce ne sont pas les seules complémentarités qui peuvent être dégagées entre diverses régions du monde. On en a vu un exemple en 1936, par l'utilisation de brisures de riz d'Indochine pour combler les déficits de production des céréales en Tunisie. Il y a là un vaste champ d'études non seulement de climatologie comparée, mais de productivité agricole comparée dans l'optique de la variabilité. Beaucoup de raisons militent en faveur d'associations entre pays européens et pays africains. Les pays européens sont généralement riches en ressources d'eau par tête d'habitants, et en conséquence en productions agricoles. Les pays africains exposés à la sécheresse sont généralement riches en surfaces de territoires par habitant, donc en ressources minérales ; de toutes façons les associations ne peuvent être viables que s'il y a réciprocité d'avantages.

Sur le plan des Nations Unies, on peut imaginer un système de compensation mondiale capable d'assurer contre les événements qui dépassent les possibilités d'assurance nationale ou multinationale. Les Nations Unies disposent des institutions nécessaires qui sont la FAO et la banque internationale. Un tel système n'est pas exclusif des arrangements multinationaux. Suivant un principe qui a déjà été mis en lumière précédemment, on peut essayer de tout résoudre soit par accord bilatéral, soit par les Nations Unies, mais c'est certainement une solution intermédiaire qui est la solution optimum.

Les institutions internationales visées plus haut ne sont pleinement efficaces que si elles sont politisées au minimum. Sans méconnaître les liaisons

obligatoires qui existent entre la politique et l'économie, il faut bien se rendre compte en effet que la politique s'exerce surtout au jour le jour.

L'intervention des institutions internationales est d'autant plus justifiée qu'il s'agit de cataclysmes mondiaux qui peuvent affecter n'importe quelle nation.

Les sécheresses obéissent à des lois physiques, et économiques dont les principes sont universels. Il faut les connaître et les institutions internationales rassemblent le maximum des savants et techniciens les plus compétents du monde en la matière. Les lois économiques sont beaucoup plus mal connues. Les théories en faveur sont des constructions qui négligent par trop le rôle des réserves dans la vie des individus et des nations. La connaissance des lois ne suffit pas sans la connaissance du terrain sur lequel elles s'appliquent. Or ce terrain est souvent moins bien connu des experts de haut niveau que des populations même frustes qu'ils ont à conseiller. Cette situation engendre des erreurs pouvant aboutir à des conséquences économiques et politiques très fâcheuses dont je pourrais citer plusieurs exemples.

Ces erreurs peuvent finalement être désastreuses dans les régions arides, aussi a-t-il paru nécessaire de décrire dans une annexe à la présente note quelques caractères spécifiques de l'élevage et de l'agriculture dans ces régions.



## VIII - LES RAPPORTS ENTRE LES MOYENS DE LUTTE ANTISECHERESSE

### 1 - La nécessité des solutions complexes -

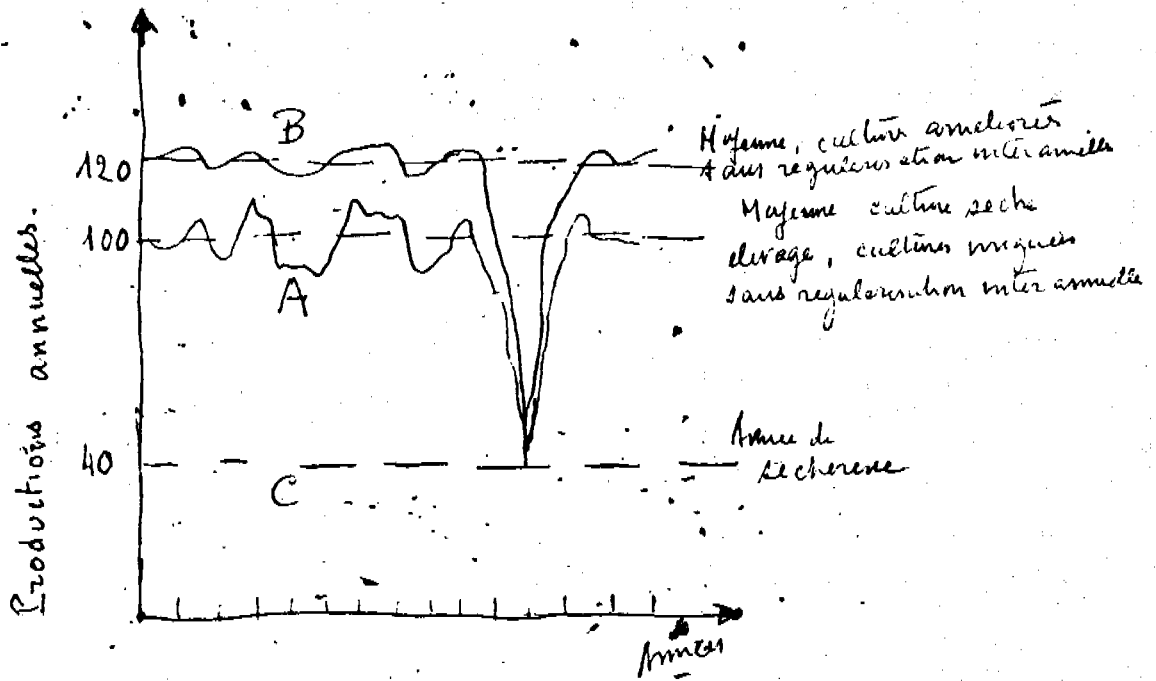
On a déjà insisté sur le fait que le système de lutte optimum est celui qui utilise simultanément tous les moyens évoqués plus haut. Il s'agit là d'une loi économique générale qui semble échapper à un certain nombre de théories économiques modernes. Et c'est pourquoi il faut y insister. Le problème des réserves et des transferts à longue échéance est capital.

Un système complexe est presque toujours le plus économique. Dans la plupart des cas on ne peut enrayer les catastrophes de la sécheresse avec un seul moyen. D'autre part la combinaison des moyens peut seule présenter une fiabilité indispensable, étant donné qu'il s'agit de questions vitales. Je me bornerai à l'examen de quelques aspects de la coordination nécessaire.

### 2 - Les ressources d'eau et le stockage des denrées -

Partout existent déjà des stockages nécessaires pour pallier aux fluctuations saisonnières de la production, à l'échelle annuelle : silos à grains, à huile, etc. Ils sont répartis au plus près des consommateurs et des producteurs. Le stockage dont il est ici question est le stockage interannuel.

Le graphique ci-joint représente une succession type de productions annuelles en cultures sèches, élevage, et culture irriguée sans ouvrages de régularisation interannuelle, établie pour l'ensemble des pays du Sahel au sud du Sahara (Sénégal, Mauritanie, Mali, Niger, Haute Volta). Il est extrait d'un rapport de la SCET International, de la SEDES et de l'ORSTOM de janvier 1976 intitulé : "Essai de réflexion sur les stratégies antisécheresses possibles dans les pays sahariens de l'Afrique de l'Ouest" (2). Le graphique montre la production au cours d'une série d'années consécutives, en pourcentage de la production moyenne d'une part en situation actuelle, d'autre part dans une situation où les productions sont augmentées



Productions annuelles sans régularisation inter-annuelle. % de la production annuelle au cours d'une série d'années consécutives.

A - situation actuelle

B - situation améliorée sans régularisation inter-annuelle

C. Année de sécheresse :  $R = 0,40 \times \bar{A}$

D'après SCET Int. SEDES et ORSTOM. 1976

en moyenne de 20 % par amélioration des cultures sèches, et créations d'irrigations sans régularisation interannuelle. Le graphique est schématique, mais est établi compte tenu d'une simulation des rendements plausibles.

Figure n° 1 - Graphique

Si on définit un coefficient de résistance à la sécheresse R, comme le rapport de la production en année sèche exceptionnelle (par exemple cinquanténaire), à la production moyenne, ce coefficient est de  $40/100 = 0,4$  dans la situation non améliorée, et de  $40/120 = 0,3$  dans la situation améliorée.

L'amélioration a donc augmenté la production moyenne, mais non celle de l'année sèche ; l'irrégularité a augmenté. L'amélioration est toutefois intéressante, mais à la condition expresse de pouvoir constituer au cours des années d'abondance des réserves de produits à utiliser en année sèche. Si on recourt à l'analogie des systèmes d'assurance, l'amélioration permettra d'augmenter les "primes", pour un même volume d'indemnité de sinistre. Si l'amélioration est absorbée par une augmentation des besoins par suite d'une augmentation de la population, les réserves à constituer au moyen des "primes" devront être augmentées de 20 %.

La question qui se pose est de savoir comment les excédents de production possibles en années abondantes pourront être réalisés et mobilisés. En culture irriguée par exemple, il sera nécessaire de concevoir des périmètres d'irrigation à production variable, à surface de terres irriguées variables. C'est le système des périmètres "accordéons" qui ont fait l'objet de maintes études, et de quelques réalisations.

Le coefficient de résistance à la sécheresse est amélioré, si on peut constituer des réserves interannuelles. Ce sont alors les réserves qui seront exploitées à régime variable pour irriguer à régime constant. S'il s'agit de réserves superficielles en position dominante, il n'y a pas de difficultés à les exploiter en régime variable, mais leur rendement est très rapidement limité, on l'a vu, par l'évaporation ; ce système sera rarement d'une efficacité assurée. S'il s'agit de réserves souterraines, l'utilisation interannuelle des réserves n'est pas sujette à ce handicap, mais l'exploitation en régime variable nécessite des pompages avec des installations surpuissantes, pour être mises en service la plupart du temps au dessous de leur capacité. Là aussi on rencontre des limitations.

On est inéluctablement amené à faire appel en sus des réserves d'eau aux systèmes de régularisation par stockage de denrées et par échanges.

Les stockages de denrées paraissent possibles pour couvrir des successions de 3 ou 4 années sèches. Elles demandent la création de silos de stockage moyennant des investissements qui ne seront utilisés que, mettons, 2 ans sur 100, la mobilisation des réserves ne nécessite pas comme dans le cas des eaux souterraines des dépenses de pompages, mais cependant demandent un minimum de frais d'entretien annuels. Naturellement il n'est pas question de laisser un stock de céréales par exemple inutilisé pendant 50 ans. S'il est calculé pour une sécheresse de 3 ans, il faudra une fois plein que le tiers de la réserve soit renouvelé chaque année. Il résulte néanmoins des pertes du stockage inévitables. L'efficacité du système est limitée par les investissements et par ces pertes de rendement.

Si les stocks annuels peuvent et doivent être dispersés auprès des centres de consommation et de production, les réserves interannuelles doivent être assez concentrées pour pouvoir être dirigées à la demande sur les points critiques. Les voies de communication doivent permettre la mobilisation de ces stocks.

### 3 - Les réserves d'eau, de denrées, et les échanges -

Les échanges ne sont pas un moyen de défense foncièrement différent du moyen des réserves, car ils font eux aussi appel à des réserves, mais en les étendant à des biens autres que des denrées alimentaires, et susceptibles d'échapper à la variabilité des précipitations, et en les étendant à des territoires nationaux et internationaux très vastes, sur lesquels la variabilité des productions est relativement moins grande, en raison des effets de compensation entre déficits et excédents.

On a vu que chaque pays d'un ensemble a besoin de stocks moins importants que s'il pouvait puiser à un stock d'ensemble. Cet avantage s'ajoute à celui qui résulte de l'extension des échanges entre divers produits.

Les communications et les transports des produits échangés prennent de plus en plus d'importance, et c'est pourquoi les échanges sont un moyen complémentaire par rapport aux deux autres. La possibilité de recevoir des denrées par mer est un grand avantage. Dans les pays du Sahel faisant l'objet de l'étude visée plus haut, seuls le Sénégal et la Mauritanie ont une façade maritime avec des ports. Comme les pays d'Afrique du Nord ils sont très avantagés par rapport aux autres pays du Sahel. Les pays maritimes peuvent favoriser le moyen de lutte par échanges dans sa balance avec la constitution des stocks à l'échelle nationale.

- La possibilité d'échanger d'autres produits contre des denrées alimentaires peut porter, on l'a vu, non seulement sur des produits industriels,

miniers ou des services, mais aussi sur des denrées alimentaires. L'essai sur les stratégies antisécheresse visé plus haut a ainsi distingué trois scénarios, dont le n° 1 développe les tendances actuelles, le n° 2 favorise la production de denrées exportables telles que les arachides et le coton et le n° 3 prévoit l'augmentation de production des céréales avec diminution relative des produits d'exportation. Ceci ouvre le champ d'études économiques comparatives pour préciser les avantages et les inconvénients des divers scénarios, dont la balance n'est pas évidente à priori.

Dans tous les cas l'aspect proprement financier et bancaire est de première importance, dès l'instant que l'échange peut ne pas porter sur les mêmes produits. Les décalages dans le temps entre les échanges, obligent à recourir à un système de crédit, avec soldes créditeurs et débiteurs en monnaie et en comptes financiers. L'instabilité des monnaies exigent des libellés en nature ou des indexations.

Cet aspect des problèmes est à ajouter à ceux qui ont été évoqués dans l'étude du Sahel citée en référence. Il implique la mise en place d'organisations communautaires et de contrats d'échange sur les plans bilatéraux, multilatéraux ou internationaux.

Dans le cas du Sahel, une aide internationale, non spécialement préparée à permis de limiter les dégâts, mais dans une faible mesure. D'après la SCET International la production annuelle de céréales était évaluée en année moyenne à 5 500 000 T, mais au cours de l'année la plus sèche de 1971-1974 à 1 500 000 T. L'aide communautaire aurait été de 700 000 T, ce qui était bien insuffisant, vu qu'on estime les pertes humaines de 50 000 à 100 000 âmes. Elle a été d'autant plus insuffisante que, bien certainement, opérée à chaud, il y a eu certainement beaucoup de déchets, et de grandes difficultés de répartition. Il convient d'insister sur ces difficultés.

## IX - LES PROBLEMES DE REPARTITION

Ces problèmes sont du ressort des gouvernements intéressés. Ils se sont posés d'une façon dramatique dans la conjoncture d'adaptation où se trouvaient les nouveaux états.

La population globale des six états en cause est de l'ordre de 20 millions d'habitants. Mais la répartition des denrées entre les habitants était forcément très inégale, une partie seulement de la population devait être assistée. Les parties qui en avaient le plus besoin étaient les populations les plus éloignées, celles des provinces où les conditions climatiques sont les plus marginales. En Tunisie aussi, les populations les plus atteintes étaient celles du Centre et du Sud.

Les plans de lutte doivent être établis en conséquence en faisant des distinctions entre les diverses régions en fonction de l'irrégularité des productions, c'est-à-dire en fonction de l'irrégularité des précipitations. Cette différenciation est un élément très important à considérer pour une évaluation rationnelle du montant global des stocks, dont la constitution est nécessaire, pour distribuer judicieusement leur répartition géographique, pour organiser leur distribution et les moyens de transports.

Les problèmes de répartition ne se posent pas que pour les disettes dues à la sécheresse. En France, ainsi, pendant les deux dernières guerres, on a été confronté à des déficits alimentaires qui devaient être répercutés sur tous les éléments de la population. Ceci a conduit au rationnement et aux cartes d'alimentation.

Il est d'ailleurs normal que l'assistance alimentaire ne soit pas dispensée de façon entièrement gratuite. C'est à ce souci que répondent les chantiers d'assistance où les populations assistées sont employées à des travaux publics dont elles tireront elles mêmes bénéfice : voies de communication, hydraulique, plantations, protection contre l'érosion, etc. Le rendement des travailleurs dépend naturellement de leurs rations alimentaires. En Tunisie au cours des sécheresses des années 30 et 40, le rendement qu'on avait obtenu n'était pas du tout négligeable. Dans d'autres pays, ce système a été pratiqué sur une beaucoup plus grande échelle.

## EN CONCLUSION

Les besoins d'alimentation des populations ont une élasticité limitée, et la production des ressources alimentaires, soumise aux aléas climatiques est très variable particulièrement en régions arides. L'élevage et l'agriculture sont les moyens mis à la disposition des hommes pour utiliser pleinement les réserves d'eau des sols. C'est la grande invention néolithique sur laquelle l'humanité a pu croître jusqu'à nos jours. Mais ces réserves sont insuffisantes au cours des sécheresses exceptionnelles, la densité de la population ayant tendance à croître jusqu'au niveau rendu possible en années moyennes. Dans le système néolithique, les populations sont décimées par les catastrophes exceptionnelles et reconstituent leur effectif assez rapidement grâce à la surabondance de la natalité.

La révolution technique et scientifique contemporaine est d'une importance comparable à la révolution néolithique. Elle a donné les moyens, non seulement d'augmenter les ressources en moyenne autorisant ainsi de plus fortes densités de population, mais elle a donné les moyens de lutter avec une efficacité jamais atteinte contre les fléaux et les catastrophes.

Il faut pouvoir reporter les excédents de ressources d'une année ou d'une série d'années abondantes sur des périodes déficitaires. Le moyen le plus évident est de constituer des réserves d'eau mobilisables par l'irrigation ; on s'attaque ainsi à la cause directe des sécheresses qui conditionne la pénurie des denrées alimentaires. Mais en zone aride il est généralement impossible de conserver l'eau assez longtemps pour échapper aux désastres.

La présente note s'est efforcée d'analyser comment peuvent s'associer les autres systèmes de réserves, de montrer la nécessité de les mettre en oeuvre de façon coordonnée avec la mise en oeuvre des plans d'aménagements hydrauliques. Pour la couverture des risques, non seulement l'utilisation coordonnée de tous les moyens est la solution la plus économique, mais, pour la satisfaction de besoins vitaux, la fiabilité nécessaire ne peut être obtenue que par une redondance des moyens.

Le meilleur projet d'aménagement hydraulique sera presque toujours insuffisant s'il ne s'insère pas dans l'ensemble des systèmes coordonnés de réserves, d'échanges et de répartition.

La diminution relative de la variabilité des précipitations, quand on passe d'un territoire donné à un territoire plus vaste, oblige à donner au problème une dimension internationale. Il doit être résolu par la voie d'associations entre états et au sein de la communauté internationale. Ces deux voies, loin de s'exclure doivent jouer simultanément pour une solution optimum. C'est à ce prix qu'on peut utiliser réellement toutes les possibilités techniques dont on dispose maintenant.

Les principes exposés dans cette note dépassent largement le cadre de la lutte contre la sécheresse, encore qu'elle en soit la principale application. Ils s'appliquent également à la lutte contre toutes les catastrophes génératrices de déficits alimentaires : inondations catastrophiques, comme au Bengla Desh, froids exceptionnels dans les régions du nord.

La présente note attire l'attention sur quelques lois économiques insuffisamment prises en considération par les théories modernes.

D'ailleurs, si la science et la technique moderne trouvent un champ d'application universel, l'application des moyens qu'elle procure ne peut être efficace que si elle est adaptée aux pays concernés, dans la situation précise, qui résulte non seulement de leur environnement climatique, mais de leur évolution historique et de l'expérience des générations passées. Ce point a été effleuré en annexe pour le cas des régions arides.

ANNEXE SUR LE  
CARACTERE DE L'ELEVAGE ET DE L'AGRICULTURE  
EN ZONES ARIDES

---

Les formes d'élevage et d'agriculture en zone aride résultent d'une longue histoire, beaucoup plus longue que celle des pays développés d'Occident.

Au cours de cette histoire se sont mis en place des systèmes d'exploitation remarquablement adaptés au climat et aux sols, à la suite d'expériences paysannes qui ont démontré la validité des systèmes à travers des conditions climatiques d'une extrême variabilité. Parmi des traits caractéristiques de ces systèmes, on peut noter :

- l'élevage du petit bétail : chiens et moutons, dont le cycle vital rapide permet la reconstitution rapide des effectifs après chaque catastrophe climatique, et qui permet la valorisation de vastes surfaces steppiques ou désertiques, porteuses d'une végétation inutilisable par l'agriculture.

- l'existence d'une population nomade qui conduit les hommes et les troupeaux aux endroits où il y a le plus d'eau à une époque donnée, avec une sorte de symbiose réalisée avec les populations sédentaires disposant de ressources d'eau plus régulières et permettant l'agriculture. Cette population avait un nom dans l'antique Proche Orient ; c'était les "Habirus", dont l'exemple le plus connu est la tribu d'Abraham. Elle passait le cap des sécheresses grâce à une association avec les pays des grandes zones-d'irrigation de l'Egypte et du Proche Orient, avec les pays jouissant des précipitations relativement régulières du Croissant fertile. Ces populations nomades en Afrique du Nord romaine s'appelaient "les circoncellions". Leur mode de vie s'est perpétué jusqu'à une époque récente.

- la nécessité d'exploitations couvrant de vastes espaces pour atténuer l'effet des variations climatiques. Le contraste était particulièrement net en Syrie entre les petites exploitations en terres irriguées d'Antioche, Alep, Hama ou Damas et les grandes propriétés de la zone des steppes.

- les procédés de dry farming qui utilisent au maximum les réserves d'eau des sols et l'agriculture en terrasse qui répond au même but tout en conservant le sol contre l'érosion qui manifeste une variabilité encore plus grande que l'écoulement des eaux superficielles.



- des systèmes d'exploitation comportant une étroite association entre élevage et agriculture pour l'exploitation optimale des réserves d'eau des sols. En zone aride en effet, il existe de vastes territoires recevant une trop faible hauteur de précipitations pour permettre l'agriculture. La production végétale ne peut guère y être utilisée que pour l'élevage. Mais l'élevage apporte un avantage complémentaire. En déprimant la végétation naturelle, il augmente l'écoulement superficiel ou l'alimentation des nappes. Les terrains pâturés constituent des impluviums dont le rendement est amélioré. Les cultures pratiquées sur les terrains où peuvent être concentrés les ruissellements sont par suite mieux alimentées en eau d'où augmentation de rendement. On peut trouver des exemples des bienfaits de cette association :

- en Tunisie dans les Metmatas et le Sahel de Tunisie ;
- en Iran, dans le Khorassan.

- des systèmes d'exploitation coordonnée des eaux superficielles et des eaux souterraines. Les eaux superficielles sont utilisées au maximum par épandage au fil de l'eau. Non seulement elles permettent la culture de céréales ou d'arbres sur les zones d'épandage, mais l'infiltration des eaux dans les zones d'épandage laisse un excédent qui améliore l'alimentation des nappes où l'eau est reprise après régularisation par captages appropriés. Des exemples de ces systèmes peuvent être trouvés dans le Haouz de Marrakech et dans le Khorassan. On peut même avoir un étage supplémentaire de culture en récupérant l'eau des nappes phréatiques alimentées par percolation des irrigations alimentées par les nappes souterraines, dans la mesure où la qualité de l'eau de colation le permet encore. Ce système d'utilisation étagée peut être notablement améliorée à l'heure actuelle avec les moyens de pompage dont on dispose.

- des systèmes d'irrigation adaptés à la variabilité des ressources, par exemple en épandage des eaux de crue, ou à la variabilité saisonnière des besoins, par exemple dans les oasis où le débit quasi constant des sources permet d'alimenter à plein un verger d'arbres fruitiers, et des champs de luzerne, et en complément pendant l'hiver des cultures de céréales ou fourrages d'hiver.

Il est évident qu'en milieux traditionnels ces systèmes présentent un état archaïque dû à un état insuffisamment avancé de la technique moderne. Ils peuvent donc être améliorés. Toutefois ce serait une lourde erreur de les modifier avant d'en avoir bien analysé et compris tous les avantages, et cette erreur a été souvent commise avec parfois de fâcheuses répercussions sur le plan politique.

Les modifications doivent non seulement se solder par des avantages assurés, mais ces avantages doivent être expliqués aux intéressés de façon à

être compris par eux. La confiance doit être créée par un encadrement et une formation appropriée et c'est là qu'intervient surtout la liaison entre technique et politique. Sans une bonne liaison, les meilleurs plans sont voués à l'échec.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- 1 - J. TIXERONT - Les ressources en eau dans les régions arides  
Annales des Ponts et Chaussées 1956 - pages 365 à 395.
- 2 - Voir à ce sujet : un essai de réflexion sur les stratégies antisécheresse  
possibles dans les pays sahéliens de l'Afrique de l'Ouest par un groupe  
d'experts de la SCET International , de la SEDES et de l'ORSTOM - 1976
- 3 - BURNET - Enquête sur l'alimentation en Tunisie. Ann. Institut Pasteur de  
Tunis T XXVIII, décembre 1939 pages 407 à 58f.
- 4 - J. TIXERONT - Mise en valeur de la zone d'El Haouaria, Ministère de  
l'Agriculture de Tunisie 1957, pages 84 à 95.
- 5 - G. LAMBERT - L'adaptation physiologique et psychologique de l'homme aux  
conditions de la vie désertique, Hermann, Paris, 1968, pages 239 à 257.
- 6 - J. ADRIAN - Clefs pour la diététique, Seghers 1978, page 137.
- 7 - G. AZZI - Ecologie agricole, Baillière, Paris 1954.
- 8 - A. CLEMENT - Conservation des produits d'origine animale en pays  
chauds, Paris PUF 1974
- 9 - LARRAT - Problèmes des viandes en AOF - 4 tomes, Diloutremer  
Paris, 1954 et 1955.
- 10 - L. MANN - La préparation des viandes en pays sous développés -  
F.A.O. 1962.

SEMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSACRE A LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ELEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEVRIER 1979

C.I.E.H.  
COMITE INTERAFRICAIN  
D'ETUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.  
CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE A  
LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

---

CIEH/FEF/Sem. 7/CR. 2  
16 Février 1979

INVENTAIRE PROVISOIRE DES THEMES SUSCEPTIBLES  
DE SERVIR DE BASE A DES RECOMMANDATIONS.

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

Président : M. DIALLO (Niger)  
Vices-Présidents : BENTAYEB A. (Maroc)  
VACCARI A. (FAO/Accra - Ghana)

INVENTAIRE PROVISOIRE DES THEMES SUSCEPTIBLES  
DE SERVIR DE BASE A DES RECOMMANDATIONS.

Ces thèmes sont exclusivement ceux qui se dégagent des contributions et débats des participants au séminaire. Ils ont été regroupés pour la commodité en trois chapitres :

1. Formation
2. Etudes d'intérêt commun
3. Organisation de l'information et de l'échange.

1. FORMATION

- 1.1. Formation de formateurs : le contenu de cette recommandation se réfère au document CIEH/CEF/SEM. 7/1 paragraphe 7 page 160 et suivantes.
- 1.2. Organisation d'un cours international consacré à l'approvisionnement en eau potable et à l'assainissement. Ce thème se réfère à l'intervention du délégué de l'OMS et la collaboration éventuelle CEFIGRE-CIEH à cette action serait à étudier avec l'OMS sur la base de la recommandation qui sera faite sur ce sujet.
- 1.3. Elaboration d'un programme d'enseignement sur les problèmes de planification en zone aride et semi-aride.
- 1.4. Elaboration d'un mémoire de recherche par un ou deux stagiaires consacré à la lutte contre la sécheresse par la régularisation combinée des flux d'eau, des flux alimentaires et financiers.
- 1.5. Séminaire consacré aux méthodes de formation pour la formulation, l'élaboration et le contrôle du projet y compris les aspects de santé liés aux aménagements hydrauliques.
- 1.6. Recommandation relative à l'intégration d'Ingénieurs nationaux dans les équipes chargées des études et de la supervision des travaux.

2. ETUDES D'INTERET COMMUN

- 2.1. Etude sur l'organisation de l'entretien des petits ouvrages des équipements et des aménagements hydrauliques, modalités de financement de l'entretien.
- 2.2. Evaluation de la qualité de réalisation des ouvrages hydrauliques (puits, forages, petits barrages).

3. ORGANISATION DE L'INFORMATION ET DE L'ECHANGE

- 3.1. Centralisation de l'information eau au CIEH.
- 3.2. Aspects juridiques et administratifs de la gestion de l'eau.
- 3.3. Technologies du refroidissement des eaux souterraines profondes.

...../.....

- 3.4. Activité du CIEH sur les problèmes spécifiques des îles du Cap-Vert.
- 3.5. Etat de la pratique en matière des technologies d'équipements hydrauliques : matériels d'exhaure, petites structures de transport et de distribution de l'eau des ouvrages.
- 3.6. Amélioration des méthodes de calculs hydrologiques des ouvrages hydrauliques.
- 3.7. Echanges d'expériences par visites sur place.

-----

# C.E.F.I.G.R.E. - C.I.E.H.

NIAMEY SEMINAR - 12TH TO 17TH FEBRUARY, 1979

AGRICULTURAL WATER POLICY IN ARID AND SEMI-ARID ZONES

PLANNING MAPS FOR THE EXPLOITATION OF GROUND WATER IN  
SAHELIAN AFRICA

## LIBRARY

International Reference Centre  
for Community Water Supply

### 1. - INTRODUCTION

#### 1.1. - Outline and object of the study

Following numerous hydro-geological studies carried out over a period of more than 30 years in West Africa, a large synthesis of data concerning ground water in Sahelian Africa has been undertaken by the C.I.E.H. "Comité Inter-africain d'Etudes Hydrauliques" at the request of the "Fonds d'Aide et de Coopération de la République Française" with the help of B.R.G.M. "Bureau de Recherches Géologiques et Minières".

This is presented by a cartography to a scale of 1/1.500.000, covering the 3.890.000 km<sup>2</sup> area included within the 100 and 1000 mm. (1) isohyets in eight states : MAURITANIA, SENEGAL, GAMBIA, MALI, UPPER VOLTA, NIGER, CHAD and the CAMEROONS (North part).

The aim of these maps is to present basic documents, immediately usable, with a view to planning the exploitation of ground water (a limiting factor to development) above all for the realisation of regional and national agricultural development schemes.

.../...

---

(1) Therefore in fact overlapping the "stricto sensu" Sahel to the South and the North.

Conceived as a planning tool, these synthesis maps, given the small scale chosen, the value and density of data and the necessary simplifying hypotheses, are not adapted for use at a local development level and for a specific water-pumping. They express regional tendencies. They cannot therefore give exact numerical information which is difficult if not impossible to obtain, but relative values all the more significant as the surface area of interest is greater. It will therefore be necessary at the time of elaboration of the draft schemes and execution plans to go back to the detailed studies quoted in the bibliography or to find complementary data in the field.

### 1.2. - Basic data used - Bibliography

The establishment of these maps is based on a selection of geological, hydrodynamic and hydrogeochemical data taken from an abundant bibliography, constituted mainly of reports either unpublished or with a limited circulation. This documentation has been completed by oral information which was obtained from hydrogeologists having worked in the mapped regions. Therefore it is an account of what was known about the underground water of the given region in 1975.

If we take into account the area of the studied zone and the diversity of the regions concerned, the data which have been used are of value and above all of very unequal density. In some cases, it has therefore been necessary to use broken lines for the less precise outlines or to use special representations for surface areas for which data were insufficient. Some sectors have even been left blank. The frequent use of "insert-maps" made it possible to solve the particular cartographical problems raised by the superposed aquifers.

The data file concerning cost has been produced with the help of an automatic processing programme computer (programme AFSECH), as has the data file concerning quality.

## 2. - HYDROGEOLOGICAL ZONES AND MAIN AQUIFERS

### 2.1. - Generalised aquifers and discontinuous aquifers

A fundamental distinction is made between the generalised aquifers and the discontinuous aquifers.

The generalised aquifers are characterised by sedimentary formations with porosity of interstices (sands, sandstones, etc...) or fissures (carbonated karstified rocks or very fissured compact rocks).



They present a certain continuity in their characteristics in space, although these can vary because of the heterogeneity of the water-bearing material (lateral and vertical variations of facies) and changes in thickness. The reserves are generally important in relation to the large size of these water-bearing systems. For practical reasons, any geological formation containing a continuous aquifer, which can be tapped at any point, has been mapped as a generalised aquifer.

The discontinuous aquifers are, as opposed to the former, characterised by geological formations of compact rocks, slightly or non-porous, but which present locally a secondary porosity acquired either by physico-chemical alteration or by fissuring or fracturing. In this classification we have formations belonging to the Basement as well as compact, sedimentary formations such as indurated sandstones, quartzites, limestones and solid dolomites.

## 2.2. - Hydrogeological zones

Two large hydrogeological zones can be distinguished by the tectonic structure : the crystalline and metamorphic Basement and the sedimentary basins.

### 2.2.1. - Hydrogeological zone of the crystalline and metamorphic Basement

The zones of the Basement consist of schists, mica-schists, granites, gneiss and quartzites. The ground water, located in the strata of alteration and the fissure zones, belongs to the discontinuous aquifers. The yield of bore-holes is weak and the usable underground water resources are of minor importance.

### 2.2.2. - Hydrogeological zone and main aquifers of the sedimentary basins

This region of West Africa is characterised by three large sedimentary basins, filled with loose deposits or carbonated rocks at the bottom. They are from West to East :

- the Mauritanian - Senegal basin,
- the Niger basin,
- the Chad basin.

The Taoudeni basin, in the North of MALI is only represented by its meridional border.

The main aquifers, of the generalised aquifer type, except the deepest discontinuous one, are from top to bottom :

- free aquifer of alluvium (sands, silts and clay) in the SENEGAL and NIGER rivers,
- free aquifer of dune sands along the coast to the North East of DAKAR and in the ergs,
- aquifer of clay-type sands from the Plio-Quaternary period of the Chad Basin (Chad, Niger and the North Cameroons). They are heterogeneous, fluviolacustrine and eolian deposits with confined aquifers in depth,
- captive aquifer of sands of the lower Paleocene period of the Chad Basin,
- generally free aquifer of sands and sandstones of the Continental terminal (Post-Paleocene) which has an important extension in all the basins. The heterogeneous reservoir consists of sandstones with clay-type cement, more or less coarse sands and clay. These deposits are affected by frequent lateral and vertical variations of facies,
- aquifer of limestones and karstic dolomites of the Eocene period of SENEGAL and sandstones and sands of MAURITANIA,
- aquifer of karstic limestones of the Paleocene period of the Cape-Verde Islands (SENEGAL),
- confined aquifer of sands and sandstones of the Maestrichtian period, the most important in SENEGAL, extending to MAURITANIA,
- sandstone aquifer of the lower Cretaceous period of Tegama, Teloua and Agades (NIGER),
- discontinuous aquifer of sandstones and dolomites of the Primary and Lower Cambrian period, on the edge of the sedimentary basins.

### 2.3. - General principles of aquifer cartography

The maps represent the aquifer which is nearest to the surface of the ground. If it is not economically exploitable for agricultural purposes, the given indications refer to the subjacent one which does fulfil the conditions. The lower aquifers, still of the generalised confined type, are represented either in "inserts" to a smaller scale or in isovalue curves in orange colour.

#### 2.4. - Maps and instruction pamphlets drawn up

Four planning maps for the exploitation of underground water, in colour, each including three format cuts 113 x 107 cm (sheets West, Centre and East) have been drawn up.

- Map 1 : productivity of the aquifers. Initial production yield from the boreholes.
- Map 2 : Average cost of drilling and pumping of underground water.
- Map 3 : Use of water for irrigation (quality of water).
- Map 4 : Underground water resources.

The maps are accompanied by pamphlets. The first three maps are grouped in a single brochure. The fourth one constituted a separate section. A rich bibliography indexes the documents made use of.

### 3. - PRODUCTIVITY MAP OF THE AQUIFERS - INITIAL YIELD OF BOREHOLES

#### 3.1. - Purpose of the map

This map gives the productivity of the aquifers, directly indicating the values of the initial exploitation yields of the boreholes in m<sup>3</sup>/day.

#### 3.2. - Definition and calculation of productivity

Productivity expresses the likely order of magnitude of yield in m<sup>3</sup>/day of a perfect bore-hole obtained at the beginning of the pumping, from a given aquifer. Therefore, it does not prejudge the evolution of the yield in time, under the influence of factors such as the renewal or the exhaustion of the reserve, the interference of works, the age of the boreholes, etc...

#### The factors of productivity are :

- in the generalised aquifers : porosity, the length of the screens, itself depending on the thickness of the aquifer. The initial yields vary from 50 to a few thousand m<sup>3</sup>/day,
- in the discontinuous aquifers : the intensity of fissuration, the nature and thickness of the superficial formations (weathered zone or alluvial deposits). The initial yields are generally low, from a few m<sup>3</sup>/day to 100 m<sup>3</sup>/day.

Productivity, P is obtained by the formula :

- P :  $q_s \times S$   
 P : productivity in m<sup>3</sup>/day  
 q<sub>s</sub> : specific yield of a perfect borehole calculated on 24 pumping hours in m<sup>3</sup>/day/m  
 S : drawdown theoretically applicable according to the thickness of the aquifer and the free or confined type of the nappe.

In practice, the application of this formula meets certain difficulties (incomplete knowledge of the aquifer or lack of data on the boreholes) or sometimes leads to unacceptable technical or economic solutions (for example : exaggerated height of head or dimensions of boreholes leading to either technical impossibilities or prohibitive costs). Therefore the authors were led to distinguish a certain number of type-cases corresponding to certain homogeneous aquifer bodies where the hypotheses and boundary conditions are uniform and indicated in the description of the sheets, sector by sector. Three type cases of aquifers have been defined. According to hydrogeological conditions of a homogeneous sector, conventions have been chosen in such a way as to obtain minimum productivity values.

- Type case 1 : generalised aquifer of known thickness H.  
 The productivity expressed in m<sup>3</sup>/day is calculated by the following formula where the admissible drawdown is estimated at a third of the aquifer thickness :

- P :  $q_s \times H/3$   
 q<sub>s</sub> : specific yield of the boreholes in m<sup>3</sup>/day  
 H : thickness of the aquifer in meters.

- Type case 2 : complex generalised aquifer, confined or free, of unknown thickness :

- P :  $q_s \times S$   
 S<sub>c</sub> : admissible drawdown, constant for a given sector in meters.

- Type case 3 : discontinuous aquifer :

Productivity is equal to the average of yields given by the boreholes.

### 3.3. - Methodology of cartography

The productivity data are extrapolated in the hydrogeological context taking into account the technico-economic constraints. Two colour ranges have been used in order to clearly differentiate the zones with generalised aquifers (green and blue) from the ones with discontinuous aquifers (yellow and orange). The intensity of colouration increases with the productivity.

In the zones with generalised aquifers, the production value brackets partially overlap, thus indicating the uncertainty of the limits. In the zones with discontinuous aquifers, they represent an average which is relevant for regions of a similar petrographic nature (schists, gneiss, etc...).

The deep aquifers are represented by isoproductivity curves in orange, and by a number in the same colour placed near that of the upper aquifer represented. Other information are shown in black colour : aquifer in the alluvial formations, sterile zone and "dry overlap", limit of artesianism zones. Hydrogeological sections accompany, in inserts, sheets 2 and 3.

## 4. - MAP OF THE AVERAGE COST OF DRILLING AND PUMPING OF UNDERGROUND WATER

### 4.1. - Aim of the map

This map gives immediately the values of the average cost of underground water (drilling and pumping) including the investment and operating costs expressed in CFA Francs (\*) per cubic metre.

### 4.2. - Definition and calculation of the average cost of ground water

The average cost of water in CFA francs, extracted from a generalised aquifer, is the cost of production of the cubic meter at 10 m above ground level, that is to say at a pressure of 1 kg. The normal exploitation yield supposedly being at a stabilised dynamic level according to the criteria of average drawdown defined by the productivity map.

.../...

---

(\*) 1 CFA = 0,02 French Franc.

The calculation of the average cost per cubic meter of ground water produced, is based on the knowledge of two groups of parameters, economic and physical, of the pumped aquifers.

The economic parameters are linked to two categories of expenses :

- the fixed investments relative to the amortizable cost of infrastructure and equipment : drilling and well equipment, pumping and motor installation,
- the variable expenses of operating, essentially including the energy expenses (fuel).

The physical parameters are the geometry of the generalised aquifers, the hydrodynamic characteristics, the piezometric levels, the depth of boreholes, the height of head and the productivity. They are materialised by the structural maps, the piezometric maps, the contoured maps of same manometric head height and the productivity maps.

The density and quality of very unequal available data, led to extrapolations, in particular on the borders of the main aquifers.

These basic data have been made discrete after defining different type of boreholes according to depths and yields and establishing a cartographic zoning (map of 1/1.500.000) based on a uniform grid with elementary 100 km<sup>2</sup> divisions. These discreted data constitute a computerised file, the computer processing of which allowed cost maps to be established. This has been carried out by the AFSECH programme.

Calculation tables and diagrams, given in the text of the pamphlet, can be used to calculate the different parameters of cost : yields and depths of boreholes according to different types of boreholes, costs of drilling and equipment, costs of pumping equipment, power, cost of motors, energy cost. Diagrams can also be used to find the optimal exploitation yield with application to the aquifer of Maestrichtian sands in SENEGAL.

The average cost C, of the cubic meter of ground water is calculated, integrating the economical and physical parameters, by the formula :

$$C : \frac{IF/n + DV}{V} = CuF = CuV$$

C : Cost of the cubic meter of ground water, in CFA Francs.

IF : Investment cost of infrastructures and equipment, in CFA Francs.

n : number of years of amortization.

DV : variable expenses, in CFA Francs.

V : yearly volume of ground water extracted, in m<sup>3</sup>.

CuF : fixed unitary costs, in CFA Francs.

CuV : variable unitary costs, in CFA Francs.

The average cost of water varies with the productivity of the aquifers from more than 50 CFA Francs (low productivity) to 10 CFA Francs (high productivity) per m<sup>3</sup> pumped.

#### 4.3. - Methodology of cartography

The costs are plotted on maps of 1/1.500.000 and on the reproductions of computer printouts. The representation in cost ranges, was chosen instead of that in equal value curves, in order to homogenize these variables resulting from those of the numerous economic and physical parameters taken into account. This global graphical expression also seemed better adapted to the more academic one, of a sampling specific to each sheet, or even to each aquifer, according to the distribution histogram of calculated values.

The map concerns the generalised aquifers only allowing the calculation of average values, representative of a hundred square km. per division. The scale of work clearly shows, if need be, that the values of the cost are rather orders of size than absolute figures. They allow comparative studies of the cost structure between regions, rather than local pin-point estimations.

A range of five colours from blue to yellow, allows us to distinguish five value brackets of the average cost of ground water in CFA Francs : less than 10, 11 to 20, 21 to 30, 31 to 50 and more than 50.

In the regions with discontinuous aquifers, the lithology is represented by conventional red signs.

The examination of the map shows that large sectors indicate competitive costs, sometimes lower than 10 CFA Francs and frequently between 10 and 20 CFA Francs (case of the Maestrichtian sands in SENEGAL).

## 5. - SUITABILITY MAP OF WATER FOR IRRIGATION

### 5.1. - Aim of the map

This map indicates the zones where ground water is usable for irrigation according to a criterium based on certain hydrogeochemical characteristics, summarized in degrees of quality. Essentially it gives a comparative picture of the chemical quality of underground water for agricultural use.

### 5.2. - Determination of grades of underground water considering their suitability for irrigation

The grades of underground water, with their irrigation suitability have been defined by the application of American norms (Riverside Laboratory) based on conductivity, expressing total mineralisation and the Sodium Adsorption Ratio (S.A.R.).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{1/2} (Ca + Mg)}$$

As this method leads to the identification of 16 different grades, a regrouping in five degrees of irrigation suitability has been carried out (Table 1). The qualificative attached to each degree, shows, obviously in a schematic form, the possible usage of water ; this classification is of practical use.

The basic data used are the chemical analyses of the major elements Ca, Mg, Na, K, Cl, SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, and NO<sub>3</sub>. Only the analyses whose ionic balance was less than or equal to 10 % have been retained (2350 in total). The density of data varies considerably from one country to another. These results make it possible to determine the SAR and by LOGAN's empirical formulae, the conductivity (measured values of which are rare).

The data file thus constituted has been exploited by automatic processing programmes by computer.



WATER CLASSIFICATION BY DEGREE OF IRRIGATION APTITUDE

DEGREE	QUALITY	GRADES	
1	"Excellent"	C1 - S1	Water usable without possible harm for the irrigation of most crops on most soils.
2	"Good"	C2 - S1	In general, water which can be used without particular control for the irrigation of plants with average tolerance to salt, on soils with good permeability. Main problems due to plants which are too sensitive to sodium and soils with a strong capacity for the exchange of ions (clay-type soils)
3	"Acceptable"	C3 - S1 C3 - S2 C2 - S3	In general, water suitable for the irrigation of crops tolerant to salt, on well drained soils. The evolution of the salinity must however be controlled. Main problems due to plants which are too sensitive to sodium and soils with poor permeability.
4	"Mediocre"	C4 - S1 C4 - S2 C3 - S3	In general, strongly mineralised water which can be suitable for the irrigation of certain species with good toleration to salt and on well drained and leached soils.
5	"Bad"	C3 - S4 C4 - S3 C4 - S4	Water generally not suitable for irrigation but which can be used under certain conditions : very permeable soils with good leaching, plants with very good tolerance to salt.

T A B L E 1

### 5.3. - Methodology of cartography

Only the regions with generalised aquifers have been mapped, the others being depicted by conventional red lithological representation. The heterogeneous spatial distribution of data led us to distinguish according to the regional density of information, three types of regions : mappable with important extrapolation and interpolation, without data, or devoid of resources.

A range of colours, five for the East sheet and six for the West and Centre sheets, going from blue (excellent) to orange (bad), shows the degrees of aptitude of the water for irrigation. Oblique representations indicate a supposed chemical quality.

A serrated representation is used for superimposed aquifers.

As a general rule, the underground water is of good quality for irrigation. Except for localised pollution, because of its low mineralisation, it is also usable as a supply for humans and live-stock.

## 6. - MAP OF GROUND WATER RESOURCES

### 6.1. - Aim of the map

This map indicates, by zones, the quantities of underground water available, distinguishing those which are annually renewable through rainfall. It thus reveals the potentially usable resources in underground water. In addition it gives the lithology of the aquiferous reservoirs, the depth under the ground of the piezometric surface and an indication of the water chemical quality.

### 6.2. - Definition and evaluation of the potentially usable resources in ground water

The potentially usable resources, the main aim of the map, expressed per square kilometre, give an order of magnitude to the quantities of underground water available for exploitation. It is advisable to distinguish the naturally (or potentially) renewable resources and the exploitable reserves.

### 6.2.1. - Naturally renewable resources

The naturally renewable resources, expressed in  $m^3/km^2$  per year, represent the fraction of water from precipitations which supply the aquifers.

The evaluation of naturally renewable resources, all calculations being made from average hydrological data, is based on the monthly calculation of the average efficient rainfall.

The recharge of the aquifers, which is equal to renewable resource, is evaluated as a percentage of the average efficient rainfall, in relation to the run-off factors of the catchment area : morphology, lithology, weathering and fissuration or rocks, depth of the piezometric surface and vegetation covering. We can thus obtain for example a fraction of 5 % for granites with a kaolinic weathering, 100 % for dune sands. This method of infiltration determination as a parametric index value for the average year and relatively large surfaces, is acceptable for resource cartography. In addition, the indices obtained have been calculated on data evaluated by other methods : water balance, analysis of fluctuations of water-table, etc...

This evaluation of resources which does not take into account various constraints (technical, economic and even ecological) can only supply a rational base from the hydrogeological point of view for future calculation of the renewable economically exploitable resources.

The volume of the exploitable resource is obtained by multiplying the average efficient infiltration by the recharge surface of the aquifer.

### 6.2.2. - Exploitable reserves

The exploitable reserves (or non-renewable resources) expressed in  $m^3/km^2$ , represent the volume of water stored up in the aquifer. The exploitation of this reserve (if there was no renewable resource to replace it), would result in a partial emptying of the aquifer.

The evaluation of exploitable reserves presupposes conventional hypotheses which define a usable reserve with certain technico-economic criteria (drawdown in boreholes, maximum drilling depth, etc.). The exploitable volume is equal to that which can be pumped, taking into account the storage coefficient, S :

- from a free aquifer by a lowering of the piezometric surface equal to a third of the saturated thickness, the maximum lowering being however of less than 100 m. below ground level (economic constraint),
- by a confined aquifer for a maximum lowering of the piezometric surface down to 100 m. below ground level (without dewatering the aquifer).

For both types of aquifers the lowering fixed is that which would affect on average each unitary surface area of 1 km<sup>2</sup>.

The volume of the exploitable resource is obtained by multiplying the value of the exploitable reserve by the volume of the aquifer section determined by the acceptable drawdown and the surface area of the aquifer (see table 3).

COUNTRY	Areas mapped (part of the country included in the mapped zone)	Naturally renewable resources (km <sup>3</sup> /year)	Exploitable reserves (km <sup>3</sup> )
SENEGAL .....	195.000	9,3	89 to 187
MAURITANIA .....	471.000	0,3	54 to 116
GAMBIA .....	10.000	1	9 to 19
MALI .....	807.000	13,1	82 to 186
NIGER .....	989.000	4,6	262 to 577
UPPER-VOLTA .....	272.000	6,2	1 to 3
CHAD .....	1.050.000	20,6	263 to 514
CAMEROONS .....	96.000	5,4	11 to 23
TOTAL .....	3.890.000	60	770 to 1625

TABLE 3 - RECAPITULATIVE TABLE OF USABLE RESOURCES PER COUNTRY

The naturally renewable resources are far from negligible. For an area of 3.890.000 km<sup>2</sup> they are estimated at 60 milliard m<sup>3</sup>/year (that is half those of FRANCE which is seven times smaller). To these resources can be added those which can be supplied by the exploitation of the reserves, that is 10 to 30 times more.

### 6.3. - Methodology of cartography

The values of the renewable resources, expressed in thousands of m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> per year are given by groups from 0 to 10, 10 to 25, 25 to 50, 50 to 100, 100 to 150 and more than 150, in relation to the lithology.

The values of exploitable reserves, expressed in millions of m<sup>3</sup> per year have been grouped in six grades and mapped in homogeneous zones with a range of six shades. Their intensity increasing from yellow to orange represents brackets : lower than 0,05, 0,04 to 0,10, 0,09 to 0,25, 0,20 to 0,50, 0,45 to 100.

Other data are shown on this map :

- The lithology of the aquifers is mapped by means of conventional symbols.
- The depth of water under the ground is indicated for the free aquifers by orange isobathic curves with a general interval of 10 m or by pin-point values in regions where data are imprecise or rare. For the confined aquifers, the isobathic curves are given in inserts which make it possible to compare free aquifer and deep aquifer. A special symbol distinguishes the artesian zones. A certain number of boreholes, materialised on the map, indicate pin-point values of the depths of the aquifer top, the piezometric surface and the dynamic level corresponding to the exploitation of the aquifer under normal conditions.
- The chemical quality of the water is expressed by the total mineralisation, which allows us to distinguish two categories of underground water, one lower and the other higher than 1 g/l.

## 7. - CONCLUSIONS

The needs of economists and planners to establish feasibility studies and projects in order to promote regional agricultural development, cover many technical and economic posts. The hydro-geologist as far as he is concerned, at this level of prospection has the role of presenting directly usable information in a clear and didactic form. The presented set of four maps and the pamphlets supply answers to the questions raised concerning ground water : productivity of the aquifers cost of water, quality of water, suitability of water for irrigation and water availability.

RECOMMENDATIONS

SEMINAIRE INTERNATIONAL D'EXPERTS  
CONSACRE A LA POLITIQUE DE L'EAU POUR  
L'AGRICULTURE ET L'ELEVAGE EN ZONES ARIDES ET SEMI-ARIDES

NIAMEY, NIGER, 12-17 FEVRIER 1979

C.I.E.H.  
COMITE INTERAFRICAIN  
D'ETUDES HYDRAULIQUES

C.E.F.I.G.R.E.,  
CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE A  
LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

---

CIEH/CEF/ SEM 7 / CR 2

PROJETS DE RECOMMANDATIONS FINALES

---



## INTRODUCTION

Les participants au séminaire consacré à la politique de l'eau pour l'agriculture et l'élevage dans les zones arides et semi arides qui s'est tenu à Niamey du 12 au 17 février 1979 :

- expriment leur profonde gratitude aux autorités et au peuple nigérien pour l'hospitalité et l'accueil chaleureux qu'ils ont bien voulu leur accorder.
- remercient le CIEH et le CEFIGRE d'avoir permis à des délégués et experts venus de divers horizons géographiques et techniques d'échanger leurs expériences et leurs préoccupations.
- dégagent, après des débats et échanges approfondis des recommandations regroupées pour la commodité en quatre rubriques :
  - 1 - Formation
  - 2 - Etudes d'intérêt commun
  - 3 - Organisation de l'information et de l'échange
  - 4 - Recommandations à caractère général

### 1 - FORMATION

- 1.1. Formation de formateurs : le contenu de cette recommandation se réfère au document CIEH/CEF/SEM. 7/1 paragraphe 7 page 160 et suivantes.
- 1.2. Organisation d'un cours international consacré à l'approvisionnement en eau potable et à l'assainissement. Ce thème se réfère à l'intervention du délégué de l'OMS et la collaboration éventuelle CEFIGRE-CIEH à cette action serait à étudier avec l'OMS sur la base de la recommandation qui sera faite sur ce sujet.
- 1.3. Elaboration d'un programme d'enseignement sur les problèmes de planification en zone aride et semi-aride.
- 1.4. Elaboration d'un mémoire de recherche par un ou deux stagiaires consacré à la lutte contre la sécheresse par la régularisation combinée des flux d'eau, des flux alimentaires et financiers.
- 1.5. Séminaire consacré aux méthodes de formation pour la formulation, l'élaboration et le contrôle du projet y compris les aspects de santé liés aux aménagements hydrauliques.
- 1.6. Recommandation relative à l'intégration d'ingénieurs nationaux dans les équipes chargées des études et de la supervision des travaux.

.../..

- 1.7. Etudier le programme d'enseignement et les conditions de création selon les formes adéquates d'une institution de formation dans le domaine du forage d'eau pour les pays de l'Afrique de l'Ouest. Cette étude serait menée conjointement par le CEFIGRE et le CIEH sous l'égide de la CEAO.
- 1.8. Organiser des programmes d'enseignement dans les Ecoles existantes et contribuer à la formation des maîtres dans les domaines relevant de l'eau et de l'hydraulique.
- 1.9. Apporter aux élèves issus des Ecoles interétats d'hydraulique ou d'hydrologie le complément de formation pratique qui leur est nécessaire.

## 2. ETUDES D'INTERET COMMUN

- 2.1. Etude sur l'organisation de l'entretien des petits ouvrages des équipements et des aménagements hydrauliques et des périmètres de conservation des eaux et des sols ainsi que des modalités de financement de l'entretien.
- 2.2. Evaluation de la qualité de réalisation des ouvrages hydrauliques (puits, forages, petits barrages).
- 2.3. Organiser un séminaire sur les apports solides dans les retenues et sur le dimensionnement des ouvrages de retenue et de fonctionnement dans les pays sujets à la désertification.
- 2.4. Réaliser un dossier d'information sur les principaux cas historiques d'exploitation des ressources en eau souterraines non renouvelables (ground-water mining) dans les zones arides et semi-arides.

## 3. ORGANISATION DE L'INFORMATION ET DE L'ECHANGE.

- 3.1. Recueil de l'information au CIEH.
- 3.2. Aspects juridiques et administratifs de la gestion de l'eau.
- 3.3. Technologies du refroidissement des eaux souterraines profondes.
- 3.4. Activité du CIEH sur les problèmes spécifiques des îles du Cap Vert.
- 3.5. Etat de la pratique en matière des technologies d'équipements hydrauliques : matériels d'exhaure, petites structures de transport et de distribution de l'eau des ouvrages.
- 3.6. Amélioration des méthodes de calculs hydrologiques des ouvrages hydrauliques.
- 3.7. Echanges d'expériences par visites sur place.
- 3.8. Diffuser des modèles d'encadrement des paysans adoptés dans les aménagements hydro-agricoles
- 3.9. Diffuser plus largement au niveau des Etats les objectifs et les modes d'intervention du CEFIGRE.

3.10. Organiser l'échange d'expériences et d'informations techniques et socio-économiques à contenu pluridisciplinaire sur les sujets suivants :

- problèmes de développement des cultures maraîchères irriguées, particulièrement dans les zones périurbaines.
- étapes successives et adaptation au milieu naturel et humain des aménagements d'irrigation de<sup>s</sup> fonds de vallées.

#### 4. RECOMMANDATIONS GENERALES

Les délégués des Etats ont en outre exprimé les recommandations suivantes :

- 4.1. que les organisations internationales et les pays donateurs intensifient leurs aides au CEFIGRE et mettent à sa disposition toute documentation utile pour lui permettre d'élargir ses actions de formation.
- 4.2. que le CEFIGRE se penche aussi sur les problèmes des zones non-arides et organise un séminaire ou un stage sur les problèmes de planification et de maîtrise des ressources en eau dans les pays non-arides.
- 4.3. qu'un effort financier particulier pour collecter des fonds sous différentes formes, soit fait afin de concrétiser par des investissements, la priorité donnée aux problèmes de ressources en eau.
- 4.4. qu'une assistance du CEFIGRE soit apportée aux Etats qui en feraient la demande en matière de planification et de gestion des ressources en eau.
- 4.5. que le CEFIGRE soutienne les projets des aménagement global par les pays riverains des fleuves internationaux.
- 4.6. que les trois pays du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) non encore membres du CIEH, soient invités à adhérer à cette organisation. Ils expriment le souhait que les trois délégués au séminaire et le Secrétaire Général du CIEH puissent prendre en considération cette recommandation et entreprendre les démarches nécessaires en vue de les faire aboutir.

Ils recommandent que soit créé dans les délais les meilleurs un bureau maghrébin du CEFIGRE dont les modalités d'organisation et de fonctionnement feraient l'objet de concertations ultérieures entre les structures compétentes en matière de planification et de gestion des ressources en eau d'Algérie, de Mauritanie, du Maroc, de Tunisie et le CEFIGRE. La mission principale de ce bureau serait de promouvoir et d'organiser des actions en collaboration avec le Siège du CEFIGRE dans le domaine de la formation et de l'information et d'échanges d'expériences pilotes au profit des quatre pays cités ci-dessus.

Il est suggéré que le siège de ce bureau soit fixé en Tunisie. Dans une étape préliminaire, il est proposé l'organisation à l'initiative des autorités tunisiennes, d'une rencontre qui pourrait se dérouler en avril 1979 à Tunis en vue de définir les conditions de mise en place de ce bureau.

4.7. A la lumière des différentes communications, il est apparu que d'importants déséquilibres alimentaires peuvent apparaître dans différentes régions. L'une des communications que nous avons entendue, souligne que la sécheresse dans une partie de l'Afrique, ne signifie pas sécheresse partout, et qu'à un moment donné, il peut y avoir pénuries de certains produits dans une région et excédent dans une autre. Pour limiter ces déséquilibres, il faudrait que les marchandises puissent circuler par des moyens rapides, sûrs et à prix de revient abordables.

C'est en particulier dans ce sens, que l'Algérie a entrepris d'éliminer la barrière que présente le Sahara par la construction de la route transaharienne qui est entièrement terminée jusqu'à Tamanrasset et dont les travaux continuent sur les bretelles devant arriver dans un à deux ans aux frontières nigériennes et maliennes.

L'objectif ne serait pas entièrement atteint, si les réseaux routiers nigériens et maliens n'étaient pas raccordés sur ces bretelles. Nous demandons donc aux instances financières internationales et aux services spécialisés des différents pays concernés par ces travaux de leur accorder une importance particulière et de contribuer à leur réalisation dans les délais les plus brefs possibles compte tenu des moyens pouvant être mis en oeuvre.

2.5. Au fur et à mesure de la réalisation des projets, les problèmes de la gestion des installations hydrauliques déjà très complexes, se trouvent aggravés par la diversité des équipements et leur inadéquation dans de nombreux cas.

Nous demandons au CIEH et au CEFILAB de mettre en place une méthodologie efficace en vue de la standardisation et de l'homologation des équipements.

Des normes les plus précises possibles devraient être établies pour simplifier l'acquisition, le contrôle, l'utilisation et la gestion de ces matériels.

- could see in Ryan de l'ip

- stems the death of netw of Joe family  
CIET + neutral

- suggest interview in HV + SG CH  
center. CIET / ~~CIET~~

- info has no bearing on  
who centered Decade but death as info in table place  
sup by

→

- to bring the info death - W Africa - line  
with int. death