

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT WASHINGTON, D. C. 20523 <b>BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET</b>	<b>FOR AID USE ONLY</b>
---	-------------------------

<b>1. SUBJECT CLASSIFICATION</b>	<b>A. PRIMARY</b> Food production and nutrition	AP10-0000-G100
	<b>B. SECONDARY</b> Water resources and management--Africa	

**2. TITLE AND SUBTITLE**  
 L'utilisation des ressources en eau et des terres des regions de savane; ressources des regions de savane. Vol. 4: Recommendations pour des etudes

**3. AUTHOR**  
 (101) Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton, Engineers and Architects, New York

<b>4. DOCUMENT DATE</b> 1978	<b>5. NUMBER OF PAGES</b> 106p.	<b>6. ARC NUMBER</b> ARC AFR333.91096.T595e
---------------------------------	------------------------------------	--

**7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS**  
 TAMS

**8. SUPPLEMENTARY NOTES (Sponsoring Organization, Publishers, Availability)**  
 (In cooperation with CIEH [Comite Interafricain d'Etudes Hydrauliques])  
 (In French and English. English, 94p.: PN-AAG-647)

**9. ABSTRACT**

<b>10. IDENTIFICATION NUMBER</b> <b>PN-AAG-648</b>	<b>11. PRICE OF DOCUMENT</b>
<b>12. SUBJECT TERMS</b> Agriculture Agricultural research Land use Central Africa West Africa Sahel	<b>13. PROJECT NUMBER</b> 625071200; 698041500
	<b>14. CONTRACT NUMBER</b> AID/afrc-C-1041
	<b>15. TYPE OF DOCUMENT</b>

AFR  
333.91096  
TS95e

PN-AAG-648

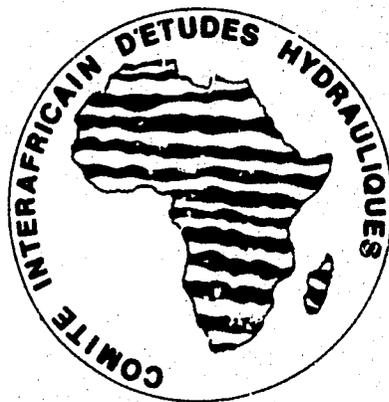
**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU  
HAUTE VOLTA**

**L'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU  
ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RESSOURCES DES REGIONS DE SAVANE**

**VOLUME 4  
RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**



**CIEH-USAID**  
Accords de Subvention  
625-11-120-712  
et 686-0415

**TAMS  
ADG**  
345 Park Ave.  
New York 10022

**La présente Etude sur les RESSOURCES DES REGIONS DE SAVANE  
comprend 4 Volumes:**

**VOLUME 1. RAPPORT**

**VOLUME 2. DOSSIER DES CARTES**

**VOLUME 3. ANNEXES**

**VOLUME 4. RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

## TABLE DES MATIERES

### VOLUME 4. RESSOURCES DES REGIONS DE SAVANE - RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES

#### INTRODUCTION

#### RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES: HYDROLOGIE

- HP 01 - Renseignements sur les débits des cours d'eau
- HP 02 - Renseignements sur la qualité de l'eau
- HP 03 - Examen de l'hydrologie de bassins versants de grande envergure
- HP 04 - Emmagasinement nécessaire en vue d'obtenir différents volumes de débits régularisés
- HP 05 - Effet de l'aménagement pour l'irrigation en amont, sur le régime du fleuve Niger
- HP 06 - Réduction des pertes d'eau dans le delta intérieur du fleuve Niger

#### RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES: HYDROGEOLOGIE

##### Informations et recommandations générales

- A. Disponibilité de renseignements sur les eaux souterraines
  - B. Renseignements hydrogéologiques nécessaires aux états membres du CIEH
  - C. Investigations hydrogéologiques suggérées pour des pays spécifiques
- 
- GP 01 - Etablissement de puits et de trous de forage, et installation de pompes en Afrique Occidentale
  - GP 02 - Exploitation et entretien des puits, trous de forage et pompes en Afrique Occidentale
  - GP 03 - Réseau de puits d'observation
  - GP 04 - Aménagement et gestion des réservoirs d'eau souterraine dans la savane

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES: MISE EN VALEUR DES RESSOURCES  
HYDRAULIQUES**

- WP 01 - Banque de données hydrauliques régionales à fins multiples du CIEH**
- WP 02 - Plan directeur type pour la mise en valeur des ressources hydrauliques**
- WP 03 - Conservation des eaux dans les régions de savane**
- WP 04 - Evaluation des schémas hydro-agricoles exécutés récemment**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES: CLIMAT/UTILISATION DE LA TERRE**

- CP 01 - Variabilité climatique dans les régions de savane par rapport à l'agriculture**
- CP 02 - Ressources climatiques de la saison sèche dans les régions de savane par rapport à l'agriculture en irrigué**
- CP 03 - Régime de la précipitation à deux pointes dans les parties sud des régions de savane et son agriculture**
- TP 01 - Relation entre le climat et la fertilité du sol dans les régions de savane**
- TP 02 - Relation entre le climat et l'érosion du sol dans les régions de savane**
- TP 03 - Cultures pluviales dans les régions de savane - leur adaptabilité et leurs rendements**
- TP 04 - Cultures en irrigué dans les régions de savane - leur adaptabilité et leurs rendements**
- TP 05 - Potentialité de la production agricole dans les régions de savane**

**ANNEXE**

## INTRODUCTION

L'un des objectifs du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH) consiste non seulement à définir les études scientifiques et techniques générales de l'intérêt commun des états membres, mais également à obtenir le financement pour les études en question, à les exécuter et à assurer la diffusion des résultats.

La présent volume contient 22 recommandations se rapportant aux études à entreprendre. Ces dernières ont été sélectionnées au cours de la période s'étendant de l'année 1975 au début de 1978 et elles visent à combler les lacunes existant actuellement dans l'information et l'utilisation de la terre. Les propositions susvisées font partie des résultats du projet d' "Utilisation des ressources en eau et des terres des régions de savane". Lors de l'établissement de la synthèse des ressources des régions de savane ayant fait l'objet des volumes 1 à 3 de la présente étude, on s'est rendu compte qu'il y avait de nombreuses lacunes dans l'information. On a donc déterminé les travaux qu'il convenait de mener afin de remédier à cette situation, travaux qui sont tous du reste énumérés dans l'Annexe de ce volume. Après un minutieux processus de sélection, y compris l'examen par plusieurs experts de chacune des études suggérées, celles dont le besoin se fait sentir de façon plus pressante ont été préparées afin d'être introduites dans le présent volume. On notera que l'une des propositions d'étude - l'établissement d'un centre régional de télédétection - a été déjà soumise en juin 1975 à l'USAID aux fins de financement et d'exécution (Projet AID no. 686-7709).

La réalisation de l'ensemble du programme des 22 études mentionnées ici coûtera environ 2,2 millions de dollars U.S., soit en moyenne 100.000 dollars U.S. par étude aux niveaux des prix de 1978.

L'estimation des coûts de chaque étude repose sur le postulat selon lequel on dispose de l'encadrement à pied d'oeuvre au CIEH afin de mener à bien

les différentes tâches. La plupart des études ne sont pas conçues pour être menées par des consultants particuliers venus de l'étranger. Par ailleurs, comme plusieurs études impliquent des efforts intermittents avec de longs intervalles d'inactivité entre les périodes actives, on recommande donc qu'une série d'études soit entreprise simultanément. Ainsi, on réalisera également de substantielles économies de temps et de dépenses sur les voyages.

Tableau I. Experts affectés à la définition de recommandations pour des études

Secrétaire Général du CIEH	:	M. M. G. Gagara
Directeur du projet	:	Dr. John Buursink
Hydrologie	:	M. P. W. Roark M. J. O. Robertson M. J. C. Henry M. A. Balloffet M. G. Williams
Hydrogéologie	:	Dr. M. A. Saint-Pé M. A. Balloffet M. J. O. Robertson
Mise en valeur des ressources hydrauliques	:	M. J. O. Robertson Dr. M. A. Saint-Pé M. A. Balloffet M. P. W. Roark
Climatologie	:	Dr. J. M. Kowal Dr. P. Ahn
Utilisation de la terre	:	Dr. P. Ahn M. M. David
Documentation	:	M. R. Koester

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES: HYDROLOGIE**

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE: HP 01**

**TITRE DE L'ETUDE: Renseignements sur les débits des cours d'eau**

**COUT ESTIMATIF: 72.500 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: novembre 1976, décembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

Les relevés existant à propos des débits des cours d'eau ne sont pas toujours adéquats et accessibles pour permettre de tirer des conclusions précises dans un court délai au sujet des ressources hydrauliques d'un bassin versant de l'Afrique Occidentale. Bien que les tentatives visant à centraliser le recueil des données en un seul lieu, comme le CIEH, aient été couronnées de succès, il n'en demeure pas moins qu'il existe encore des lacunes dans ce domaine. Ces lacunes sont de trois sortes:

- a) des renseignements non recueillis
- b) des renseignements recueillis, mais qui ne peuvent pas être aisément obtenus
- c) des renseignements recueillis et imprimés, mais qui ne sont pas disponibles au CIEH

Evidemment, il n'y a moyen de rien faire s'agissant de la lacune a), sauf de se référer à la documentation des bassins versants avoisinants, de synthétiser les résultats en partant de la précipitation, et de démarrer les mesurages nécessaires.

La lacune en b), elle, concerne des renseignements qui ont été assemblés mais qui doivent être traités et imprimés. Il est virtuellement impossible de combler cette lacune, à moins d'avoir recours à l'aide de gens possédant une connaissance approfondie, s'étendant sur de nombreuses années, du pays concerné.

Quant à la lacune c), elle se rapporte à la période d'avant l'indépendance. S'agissant de ce cas, certains pays ne sont pas sûrs que tous les renseignements imprimés existent dans les limites de leur juridiction territoriale, tandis que d'autres pays possèdent les renseignements mais pour certaines raisons ne sont pas disposés à s'en dessaisir. C'est ainsi que l'on sait que des renseignements sur les débits des cours d'eau existent dans des pays (comme par

exemple le Nigeria), mais il est difficile de prouver le fait et d'obtenir les données en question.

En somme, il importe d'entreprendre une complète et probante vérification de tous les renseignements existant sur les débits des cours d'eau, y compris de la qualité de pareils renseignements, et par la suite de stocker ces informations dans un centre comme le CIEH, tout en assurant leur accès à tous ceux qui y sont intéressés.

### Solution au problème

On recommande que les renseignements suivants se rapportant aux débits des cours d'eau soient recueillis et tabulés, qu'ils soient soumis au contrôle de la qualité et qu'ils soient enregistrés sur bandes magnétiques, cela tout en mettant l'accent sur les informations actuelles et récentes:

- a) les hauteurs journalières du niveau d'eau
- b) les mesures de la relation entre le niveau et le débit (courbes des débits jaugés)
- c) les hauteurs et les débits des crues de pointe

Après avoir effectué l'examen affiné de ces informations, les données plus anciennes, avec commentaires appropriés à propos de leur qualité, seront elles aussi traitées de la même façon.

Etant donné que la Division Hydrologique de l'ORSTOM à Paris détient les informations les plus complètes à propos des observations hydrologiques dans la partie francophone de l'Afrique Occidentale, il convient qu'un hydrologue du CIEH se rende à l'ORSTOM, évalue la qualité des renseignements, identifie et obtienne les données que ne possèdent pas le CIEH actuellement, et détermine les lacunes dans les informations de base.

Ultérieurement, il importerait que des recherches exhaustives soient

menées dans les archives de pays francophones sélectionnés où on soupçonne qu'existent des données ne se trouvant ni à l'ORSTOM ni au CIEH. A ce propos, des investigations effectuées par un hydrologue du CIEH en compagnie d'au moins un membre du personnel local comptant un long temps de service révéleraient probablement si des données existent ou non.

En ce qui concerne les pays de langue anglaise, comme le Nigeria et le Ghana, il conviendrait de faire appel aux services des experts locaux. Les informations afférentes à l'adresse et au domaine de compétence de ces derniers peuvent être obtenues du CIEH.

### Coût de l'étude

En raison même des inconnues impliquées, on ne peut donner qu'un montant approximatif pour le coût de l'étude, soit:

		<u>Dollars U. S.</u>
Hydrologue	2 mois à 8.000 dollars U. S./mois	16.000
Hydrologue adjoint	6 mois à 6.000 dollars U. S./mois	36.000
Dessinateur	2 mois à 500 dollars U. S./mois	1.000
Voyages		6.000
Edition de rapports et documents		4.000
Imprévus : 15%		9.500
	Total:	<u>72.500</u>

Cet estimatif est basé sur l'hypothèse que les pays concernés prêteront leur assistance dans le repérage des données manquantes. Dans le cas contraire, il faudrait porter le temps de l'hydrologue adjoint à peut-être 18 mois.

### Références

- (1) Annuaire hydrologiques des pays membres.

- (2) ORSTOM (1974-7) Monographies hydrologiques ORSTOM:**  
n° 1 - Le bassin du fleuve Sénégal; n° 2 - Le bassin du  
fleuve Chari; n° 3 - Le bassin de la rivière Sanaga  
(Cameroun); n° 5 - Le bassin du fleuve Volta - Paris.
- (3) TAMS (1978) L'utilisation des ressources en eau et des  
terres des régions de Savane. Volume I, Chapitre 4,  
Ouagadougou, CIEH.**

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE: HP 02**

**TITRE DE L'ETUDE: Renseignements sur la qualité de l'eau**

**COUT ESTIMATIF: 23.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: mars 1974, décembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

Les renseignements de base à propos des ressources hydrauliques impliquent ceux se rapportant à la qualité de l'eau et à la production des sédiments. Des prélèvements d'échantillons sédimentaires ainsi que des analyses de la qualité de l'eau ont été effectués pendant de nombreuses années dans d'autres parties de l'Afrique. Cependant, à l'exception d'une ou deux activités isolées visant à recueillir ce genre de données, par exemple par Grove en 1972<sup>(1)</sup>, et à l'occasion des études spéciales entreprises aux nouvelles retenues à Kainji, Volta, Kossou, et évidemment au lac Tchad (Roche<sup>(2)</sup>, Carmouze<sup>(3)</sup>), il existe de grandes lacunes sur de vastes superficies dans les régions de savane.

Heureusement, la situation n'est pas aussi sérieuse qu'elle apparaît à première vue. En effet, l'eau de surface en Afrique Occidentale est généralement de bonne qualité avec une faible teneur en sel, une basse dureté et un taux de pollution négligeable. En outre, la charge sédimentaire est d'ordinaire légère, exception faite d'un ou deux secteurs isolés où le ruissellement est élevé et la couverture végétale médiocre, comme par exemple dans certaines parties du plateau de Jos au Nigeria.

Malgré ces conditions favorables, il ne serait pas sage de considérer le mesurage de la qualité de l'eau et de la charge sédimentaire sur une base régulière aux stations-clé comme un simple exercice désirable mais non essentiel. Ces relevés historiques acquièrent de la valeur après une certaine période de temps, dans la mesure où ils indiquent des tendances régionales. Là où rien n'est fait pour maintenir la qualité, la tendance accuse inévitablement un mouvement rétrograde. Pareille tendance se manifestera, par exemple, lorsque un nombre de plus en plus grand de gens cultiveront des terres en jachère à moins que des mesures rigoureuses soient prises afin d'empêcher ou de restreindre l'emploi de procédés défectueux.

Bien qu'il ne soit pas possible de démarrer de nouveaux projets

d'aménagement des ressources en eau avant d'avoir établi un programme systématique d'échantillonnage, on peut cependant utiliser avec avantage les résultats de l'analyse des données historiques, même s'ils ne s'appliquent qu'au niveau régional et non pas spécifiquement à la zone du projet concerné. L'objet de la présente étude consisterait donc à assembler et à analyser les données en vue de mise en oeuvre à l'avenir.

### Solution au problème

L'étude viserait à (1) recueillir les renseignements existants, à partir desquels les lacunes seraient aisément identifiées, (b) déterminer les installations disponibles actuellement en vue de la collecte et de l'analyse des données, et (c) formuler des recommandations dans le but d'améliorer les dispositions existantes.

Les deux premières démarches consisteront à obtenir des informations auprès des pays concernés, au moyen de bulletins de demande de renseignements. Puis, de brèves visites seront rendues à certains pays qui réclament des investigations plus poussées ou qui présentent des problèmes particulièrement difficiles.

S'agissant de la dernière phase (c), des recommandations seront faites à propos de:

1. L'établissement de laboratoires appropriés là où il n'en existe pas en ce moment. En certains cas, il peut s'avérer nécessaire de recommander l'établissement de laboratoires conjointement avec ceux du ministère de la santé et de médecine légale des services de police.
2. L'acquisition du matériel adéquat de terrain et de laboratoire, et l'identification des stations-clé d'échantillonnage.
3. Le perfectionnement professionnel du personnel de terrain et de laboratoire.

La formation de technicien de chantier capables de prendre des lectures sur des instruments portatifs constitue une entreprise plutôt simple. Par contre, le perfectionnement de chimistes analystes peut nécessiter plusieurs années.

La durée de l'étude serait d'environ 6 mois, prenant ainsi en compte les délais pour la réception des réponses des états membres.

### Coût de l'étude

	<u>Dollars U.S.</u>
Hydrologue 1 mois à 8.000 dollars U.S./mois	8.000
Hydrologue adjoint 1 mois à 6.000 dollars U.S./mois	6.000
Voyages pour recherches dans les pays sélectionnés	4.000
Edition de rapports et documents	2.000
Imprévus : 15%	<u>3.000</u>
<b>Total:</b>	<b>23.000</b>

Ce coût est basé sur l'utilisation intermittente de l'encadrement existant au CIEH.

### Références

- (1) Grove, A.T. (1972) "The dissolved and solid load carried by some West African rivers: Senegal, Benue and Chari," *Journal of Hydrology*, 16, 4, p. 277-300.
- (2) Roche, M.A. (1973) *Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad*. Paris, ORSTOM.
- (3) Carmouze, J.P. (1976) "Les grands traits de l'hydrologie et de l'hydrochimie du lac Tchad", *Cahiers ORSTOM, série Hydrobiologie*, 10, 1, p. 33-56.

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU  
ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:** HP 03

**TITRE DE L'ETUDE:** Examen de l'hydrologie de bassins versants  
de grande envergure

**COÛT ESTIMATIF:** 38.000 dollars U.S.

**DATE DES RECOMMANDATIONS:** mars 1975, décembre 1977

## Résumé sommaire du problème

Sur de nombreux bassins versants de l'Afrique Occidentale, les relevés de la précipitation s'étendent sur des périodes plus longues que les relevés portant sur l'écoulement. Si donc on établissait des modèles précipitation-ruissellement appropriés, alors on pourrait obtenir des estimatifs raisonnables de l'écoulement pour des années de "précipitation uniquement", et en même temps synthétiser des séquences de précipitation et d'écoulement sur des périodes de 20, 50 et 100 ans.

Contrairement à d'autres parties du monde, les grands cours d'eau de l'Afrique Occidentale n'ont pas été utilisés dans le passé à des fins d'irrigation, de maîtrise des crues et de production d'énergie hydro-électrique; ce qui explique qu'il n'y a pas eu de grande demande de renseignements hydrologiques de base à propos des cours d'eau en question. Mais, cette situation connaît actuellement des changements. En effet, de grands travaux d'aménagement se trouvent en cours d'exécution, notamment sur le fleuve Sénégal, le haut-Niger, et autres; d'où la pressante nécessité de déterminer les principales caractéristiques de ces cours d'eau, avec les paramètres expliquant ces dernières.

Dans de nombreux cas des enregistrements de longue durée, souvent excédant 60 ans, sont disponibles et beaucoup de travail a été déjà effectué dans l'analyse des débits avec valeurs moyennes et extrêmes; mais, il reste encore énormément à faire. C'est ainsi qu'il faudrait examiner la qualité de certaines données, et l'établissement d'une relation de cause à effet entre la précipitation et l'écoulement sur des périodes journalières, de 10 jours, mensuelles et annuelles devrait fournir de fructueux résultats, là où ces renseignements existent.

## Solution au problème

La carte no. 4-3 du Volume 2 donne déjà la majeure partie des

informations de base, ainsi que les tirages informatiques à partir desquels ladite carte a été préparée. Cependant, dans le but de comprendre le mécanisme de l'écoulement il faudra entreprendre l'étude des relations précipitation-écoulement, étude à partir de laquelle il deviendra possible d'extrapoler les valeurs extrêmes là où on dispose de données sur la précipitation à long terme et où les écoulements correspondants ne portent que sur de courtes périodes.

Le CIEH possède déjà sur tirages informatiques les débits d'étiage, ainsi que ceux des crues de 25 et de 100 ans. En outre, il serait utile d'établir une nouvelle carte qui montrerait ces importants paramètres en même temps que les débits moyens, comme avant.

Grâce à l'emploi de techniques et de matériel modernes comme des "desk-top plotters", l'effet de différentes distributions réelles de la précipitation dans le temps et l'espace peut être étudié et l'écoulement en résultant analysé. Si on dispose de suffisamment de données sur l'alimentation des nappes souterraines, calculée ou supposée, également sur le mouvement de l'humidité du sol, il deviendra alors possible de dresser un bilan hydrique.

D'importants travaux ont été faits sur le fleuve Sénégal, tandis que de son côté la Commission du fleuve Niger, dans son étude devant paraître prochainement, prévoit des mises en valeur plus poussées sur le Niger. Les tâches considérées ici offriront l'avantage de permettre d'entreprendre un examen d'ensemble au sein des régions de savane, mettant ainsi en évidence les différences et les similarités saillantes qui y existent.

#### Coût de l'étude

		<u>Dollars U. S.</u>
Hydrologue	1 mois à 8.000 dollars U. S./mois	8.000
Hydrologue adjoint	3 mois à 6.000 dollars U. S./mois	18.000
Dessinateur	2 mois à 500 dollars U. S./mois	1.000
Voyages		3.000

(suite)

Edition de rapports et documents

Imprévu : 15%

Dollars U.S.

3.000

5.000

Total:

38.000

### Références

- 1) ORSTOM (1974-77) Monographies hydrologiques ORSTOM:  
no. 1 - Le bassin du fleuve Sénégal; no. 2 - Le bassin  
du fleuve Chari; no. 3 - Le bassin de la rivière Sanaga  
(Cameroun); no. 5 - Le bassin du fleuve Volta. Paris.
- 2) TAMS (1978) L'utilisation des ressources en eau et des terres  
des régions de Savane, Volume 1, Chapitre 4. Ouagadougou,  
CIEH.

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU  
ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE: HP 04**

**TITRE DE L'ETUDE: Emmagasinement nécessaire en vue d'obtenir  
différents volumes de débits régularisés**

**COÛT ESTIMATIF: 60.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: mars 1975, décembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

Le régime pluvial sur l'Afrique Occidentale, avec ses saisons sèche et humide prononcées, produit forcément des fluctuations correspondantes dans les débits des cours d'eau. Par exemple, les débits moyens mensuels sur le Niger à Niamey en juin et janvier sont de 106 et 1.763 m<sup>3</sup>/seconde respectivement. Cette situation n'est pas satisfaisante vu qu'il se produit une insuffisance d'eau au cours de la saison sèche pour la navigation, l'irrigation des terres de seconde culture et la production d'énergie hydro-électrique, tandis que pendant la saison humide, l'excès d'eau, ayant une valeur potentielle de plusieurs millions de dollars U.S., se déverse dans le golfe de Guinée et occasionne de sérieuses inondations en de nombreux endroits.

En conséquence, il conviendrait d'entreprendre une certaine forme de régulation partielle, et la présente étude viserait à identifier les sites de barrage au fil de l'eau ainsi que les réservoirs de régulation à débit non rég'able qui élimineraient les pointes et les creux de l'hydrogramme annuel. La réalisation d'une totale régulation s'avérerait nettement non économique.

Afin de donner ici une idée de l'ordre de grandeur de la cause et des effets on mentionnera que par exemple un emmagasinement de 10% du débit moyen annuel dans les environs de Niamey réduirait les valeurs extrêmes sus-mentionnées à 500 et 1.500 m<sup>3</sup>/seconde.

## Solution au problème

La plus grande partie des renseignements requis en vue de la détermination de l'emmagasinement nécessaire à l'obtention de différents volumes de débits régularisés dans les grands cours d'eau de l'Afrique Occidentale se trouve actuellement en dépôt au CIEH. Il s'agirait donc essentiellement de tabuler et/ou de tracer des courbes de valeurs cumulées de l'écoulement cumulé à partir desquelles l'emmagasinement nécessaire pour différents volumes de débits assurés peut être

calculé. Puis, les résultats ainsi obtenus seraient représentés sous forme de courbes des débits régularisés. On peut alors établir des relations générales dans lesquelles l'emmagasinement est exprimé en fonction du débit moyen. Etant donné la variabilité de l'écoulement naturel annuel, il faudra envisager la production de volumes relativement faibles pour les débits assurés. En règle générale, il ne sera pas possible d'assurer la régulation sur des périodes excédant une saison sèche, cela du fait en partie des volumes élevés d'évaporation annuelle.

Dans certains cas, cependant, là où les emmagasineurs économiques sont importants, l'emmagasinement cyclique risque de se révéler possible. Par exemple, lorsque la hauteur maximale d'emmagasinement dépasse 50 mètres, les pertes par évaporation annuelle moyenne seront d'ordinaire moindres que 10% du volume total emmagasiné. Ce qui est raisonnable en postulant que: a) les pertes par infiltration sont faibles, et b) le volume perdu du fait de l'évaporation est également faible en comparaison de l'apport annuel moyen.

On propose de diviser l'étude en 2 phases, soit:

Phase 1. Une étude de base serait entreprise au cours de cette phase, ne prenant en compte que les grands cours d'eau comme le Haut-Niger, la Bénoué, l'ensemble Chari-Logone, les Voltas, le Sénégal. Vu que de nombreuses études ont été déjà effectuées à propos des fleuves Niger, Volta et Sénégal (cf. références 1, 2 et 3), on pourrait donc démarrer les présentes tâches qui reposent du reste sur des données établies depuis longtemps. Cette Phase 1 pourrait être exécutée par un hydrologue adjoint en utilisant des méthodes classiques.

Phase 2. Dans cette phase, serait menée une étude plus poussée portant sur des cours d'eau et affluents plus petits. Ladite phase serait prévue pour les années 80, lorsque l'on disposera d'un plus grand nombre de renseignements appropriés, ce qui ainsi assurera des résultats davantage valables.

Le caractère répétitif des tâches de la Phase 2 implique la mise en oeuvre d'ordinateurs et de programmes appropriés afin d'obtenir rapidement des solutions.

Si le Nigeria se joint au CIEH, l'une des principales priorités à considérer sera l'étude de régulation des débits de la Bénoué et de cours d'eau de moindre importance comme les rivières Kaduna et Sokoto. Il est fort possible que la majeure partie de ces études a été déjà exécutée par des consultants servant auprès du gouvernement, tant au niveau fédéral qu'à celui des états. A titre d'illustration à ce propos, on mentionnera que le barrage de la gorge de Shiroro sur la rivière Kaduna ainsi que celui de Kiri sur la rivière Gongola se trouvent actuellement en construction. Il est évident que les analyses d'emmagasinement nécessaires ont été faites avant que ces aménagements ainsi que d'autres d'ailleurs n'aient été démarrés.

### Coût de l'étude

#### Phase 1.

		<u>Dollars U.S.</u>
Hydrologue	0,5 mois à 8.000 dollars U.S./mois	4.000
Hydrologue adjoint	2 mois à 6.000 dollars U.S./mois	12.000
Dessinateur	0,5 mois à 500 dollars U.S./mois	250
Edition des rapports et des cartes		2.000
Imprévis : 15%		<u>2.750</u>
	Total:	21.000

#### Phase 2.

Il faudra faire appel au même personnel susvisé, mais au titre d'une période de temps plus longue et de dépenses plus élevées, soit 40.000 dollars U.S., afin de mener à bien les tâches supplémentaires.

### Références

- 1) Italconsult (1962) Etude sur les effets que la mise en exécution des principaux projets envisagés par les états riverains peut avoir sur le régime du Niger. Rome.

2) SOGREAH (1977) Etude comparative des différents sites de barrages possibles sur la Volta Blanche et ses affluents dans la région de Bagre. Rapport final. Ouagadougou, Ministère du Développement Rural/A.V.V./Ministère du Plan.

3) OMVS (1976) Aménagement du bassin versant du fleuve Sénégal. Dakar.

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**HP 05**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Effet de l'aménagement pour l'irrigation en  
amont, sur le régime du fleuve Niger**

**COUT ESTIMATIF:**

**42.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: décembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

Le gouvernement du Mali se propose de mettre un million d'hectares de terre sous irrigation vers l'an 2000. Les ressources en eau nécessaires à ce vaste projet viendront du bassin du Niger où l'aménagement de retenues se trouve en cours d'exécution au Mali et se poursuivra en Guinée sur les affluents du Haut-Niger.

On prévoit que la combinaison consommation d'eau pour l'irrigation et emmagasinement aura un effet marqué sur les caractéristiques de la distribution des débits du fleuve Niger, avec conséquemment des répercussions dans les pays riverains situés en aval comme le Niger et le Nigeria.

Il importe de noter qu'avant tout aménagement de grande envergure pour l'irrigation et l'emmagasinement, environ la moitié du débit moyen annuel du Niger se perd par évaporation dans le delta intérieur dans le nord du Mali. On peut donc s'attendre à ce que la réduction des ressources en eau, résultant de la consommation d'eau en amont pour l'irrigation, sera compensée dans une certaine mesure par une diminution des pertes par évaporation dans le delta, comme du reste on peut s'en rendre compte à la lumière de l'examen des relevés des débits du Niger, examen qui montre que les pertes dans le delta restent proportionnelles aux apports dans le secteur. Pareillement, il est probable que les pertes par évaporation aux réservoirs d'accumulation seront neutralisées en tout ou en partie par une réduction des superficies inondées, vu que les débits de pointe connaîtront eux-mêmes une certaine diminution.

Etant donné que l'avenir de l'accroissement de l'irrigation dans la République du Niger dépend presque entièrement de l'utilisation des ressources hydrauliques du fleuve Niger, il est donc de toute importance de fonder les projets non pas sur les relevés existants des débits du fleuve mais plutôt sur des estimations réalistes de la distribution de ces débits à l'avenir. C'est pourquoi il est urgent d'entreprendre une étude qui viserait à évaluer quantitativement les effets contraires exposés ci-dessus, cela de manière à permettre

de préparer des graphiques de distribution des débits fiables pour le fleuve Niger en aval du delta intérieur.

Les incidences possibles des schémas de mise en valeur hydraulique sur le régime du Niger ont été étudiées en 1962 par la société Italconsult au titre d'un financement des Nations Unies (voir référence 1). A l'époque, cependant, les plans d'irrigation du gouvernement malien étaient bien moins étendus; ce qui motive que les conclusions d'Italconsult doivent être entièrement examinées à la lumière des objectifs de l'actuelle mise en valeur. Bien que cette tâche puisse paraître quelque peu ambitieuse elle ne se trouve pas néanmoins au-delà des limites de la technique moderne.

#### Solution au problème

On a suggéré à la Commission du Fleuve Niger qu'il faudrait établir un modèle mathématique exhaustif du bassin du Niger à l'effet d'essayer différentes hypothèses d'aménagement et de gestion des ressources en eau. Bien que ce modèle, croit-on, puisse constituer un précieux outil de planning, on pense toutefois que son établissement ne devrait pas retarder l'évaluation préliminaire du problème, évaluation qui déterminera l'ordre de grandeur des changements susceptibles d'être attendue et qui produira des résultats suffisamment précis pour permettre aux planificateurs d'aller de l'avant avec les futurs schémas au Niger.

Le but de l'étude préliminaire consistera à rassembler tous les renseignements significatifs liés à l'utilisation et à l'emmagasinement de l'eau, pour le secteur en amont du delta. Puis, sur la base de ces informations et tout en tenant compte de la très longue série des données sur les débits disponibles tant pour le secteur amont que pour celui aval du delta, on préparera les diagrammes de distribution des débits hypothétiques pour différents niveaux de mise en valeur au Mali, cela tant pour l'emmagasinement que pour l'irrigation, et également pour diverses fréquences. Il se pourrait qu'il s'agisse en l'occurrence des débits

médians, de ceux de cinq et de dix ans des saisons sèche et humide.

Le recueil des données se limitera à définir les volumes et l'exploitation de la retenue, à déterminer le type d'irrigation, à estimer l'écoulement restitué par les périmètres irrigués, et à établir si la double culture ou une seule culture doit être appliquée. Les détails relatifs à tout schéma hydro-électrique important devront également être pris en compte étant donné que pareil schéma, à moins d'être du type actionné par le cours d'eau, implique des modifications au régime de ce dernier. Bien qu'il ne soit pas nécessaire de considérer la consommation d'eau industrielle à ce stade, celle-ci devra cependant être envisagée par la suite, soit vers le milieu des années 80. Il importe que tout détournement ou toute utilisation hydraulique soit régie par une législation appropriée portant sur les droits d'usage de l'eau. Toutes les données hydrologiques sont déjà disponibles au CIEH.

#### Coût de l'étude

		<u>Dollars U.S.</u>
Ingénieur-hydrologue	4 mois à 8.000 dollars U.S./mois	32.000
Dessinateur	1 mois à 500 dollars U.S./mois	500
Voyages au Mali		2.000
Edition des rapports et des cartes		2.000
Imprévus : 15%		<u>5.500</u>
	Total:	42.000

#### Référence

- 1) Italconsult (1962) Etude sur les effets que la mise en exécution des principaux projets envisagés par les états riverains peut avoir sur le régime du Niger. Rome.

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:** HP 06

**TITRE DE L'ETUDE:** Réduction des pertes d'eau dans le delta  
intérieur du fleuve Niger

**COUT ESTIMATIF:** 34.000 dollars U.S. (Première phase),  
8 millions de dollars U.S. (Deuxième phase)

**DATE DES RECOMMANDATIONS:** mars 1978

## Résumé sommaire du problème

En ce moment, jusqu'à la moitié de l'eau qui entre au sommet du delta du Niger se perd par évaporation. C'est là un énorme gaspillage qui justifie que les moyens visant à le réduire devraient être étudiés sans délai. Même si on n'arrivait à n'économiser que le 1/3 de cette quantité d'eau, la valeur de l'eau ainsi rendue disponible pourrait s'élever jusqu'à 300 millions de dollars U.S. par an dans le fleuve et à plusieurs fois davantage que cette valeur à la tête des secteurs irrigués.

## Solution au problème

On propose que le CIEH effectue une étude du delta intérieur en collaboration avec la Commission pour le fleuve Niger. Cette étude comporterait deux phases, soit:

Phase 1. Il s'agirait d'une étude de reconnaissance visant à définir le problème et à donner une idée de l'importance des paramètres impliqués. Ces travaux indiqueraient également les lignes de conduite à suivre pour l'étude détaillée.

Phase 2. Cette phase consiste en une étude affinée, pareille à celle exécutée sur les marais du Sudd du Nil Blanc il y a 25 ans. Cette tâche pourrait exiger jusqu'à cinq ans, mais elle serait préférablement ramenée à une année pour le déploiement, plus 2 ans pour l'étude proprement dite, et 6 mois pour l'établissement des comptes rendus et autres documents.

## Coût de l'étude

		<u>Dollars U.S.</u>
<u>Phase 1.</u>		
Ingénieur-hydrologue	3 mois à 8.000 dollars U.S./mois	24.000
Dessinateur	1 mois à 500 dollars U.S./mois	500
Voyages au Mali et au Niger		3.000
Edition des rapports et des cartes		2.000
Imprévus : 15%		<u>4.500</u>
	Total:	34.000

**Phase 2,**

On estime que le coût réel de l'étude détaillée se situera entre 5 et 10 millions de dollars U.S.

**Références**

Jonglei Investigation Team (1954). The Equatorial Nile Project and its effect in the Anglo-Egyptian Sudan. London, Sudan Government.

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES: HYDROGEOLOGIE**

## INFORMATIONS ET RECOMMANDATIONS GENERALES

### Disponibilité de renseignements sur les eaux souterraines

Bien qu'il existe une quantité relativement abondante de renseignements à travers les régions de savane, il n'en demeure pas moins que certains secteurs n'en sont pas convenablement pourvus. C'est ainsi que l'on connaît bien les parties occidentale et centrale de ladite savane alors qu'il n'en est pas ainsi de la partie s'étendant à l'est.

Les pays pour lesquels on dispose de données suffisantes à propos des eaux souterraines regroupent:

- le Sénégal, à l'exception de la Casamance et des zones sud-est;
- le Mali, à l'exception du secteur au sud de Bamako, et de la zone limitée par le fleuve Niger, latitude 15° et méridien 0° (région au sud-est de Tombouctou);
- la Haute-Volta, à l'exception du sud-ouest et de l'est;
- la Côte-d'Ivoire;
- le Togo;
- le Bénin, à l'exception de la partie centrale;
- la Mauritanie, à l'exception du sud-est;
- le Niger, à l'exception de la partie orientale;
- le Ghana;
- le Nigeria;
- le Cameroun, notamment la partie septentrionale;
- le Tchad, dans sa partie centrale.

Les états ne possédant pas suffisamment d'informations de base sur les eaux souterraines (ou ceux pour qui pareils renseignements disponibles au CIEH sont limités) comprennent:

- l'Empire centrafricain;
- la Gambie;

- la Guinée-Bissau;
- la Mauritanie, partie sud-est;
- la Sierra Leone;
- la Guinée;
- le Tchad, dans des secteurs autres que la partie centrale.

### Renseignements hydrogéologiques nécessaires aux états membres du CIEH

Il serait souhaitable que, outre sa carte géologique, chaque pays possède la carte hydrogéologique de son territoire, à la même échelle que cette carte géologique, (1:2.000.000 à 1:500.000 dépendant de l'étendue du pays concerné), montrant les principales caractéristiques hydrogéologiques de chaque série, des formations et des types de roches. On recommande également que chaque état prépare une synthèse hydrogéologique présentant chaque formation aquifère avec la situation des eaux souterraines dans chaque région, y compris un exposé narratif, une carte et des profils. Puis en dernier lieu, toutes les données devraient être récapitulées dans un répertoire des renseignements sur les eaux souterraines énumérant les puits inventoriés (eux-mêmes affectés d'un code référant à un plan de situation) avec les caractéristiques essentielles, notamment les coordonnées géographiques, le type, la profondeur, le diamètre, la formation aquifère utilisée, le niveau hydrostatique de l'eau, le niveau d'eau du puits pompé, le rendement, la transmissivité, le coefficient d'emmagasinement, l'utilisation de l'eau, et autres.

Par la suite, il conviendrait d'établir, pour chaque pays et au niveau régional, des cartes hydrogéologiques à l'échelle appropriée (1:500.000 à 1:100.000). Par-dessus tout, l'utilisation annuelle de l'eau souterraine devrait être estimée et vérifiée chaque année (par formation aquifère et genre d'emploi, comme par exemple les usages domestiques en milieu rural, l'eau destinée au bétail, l'eau municipale et industrielle, l'eau servant à l'agriculture et à l'irrigation). En outre, il importerait d'établir dans chaque pays un réseau de surveillance du niveau de l'eau. A l'avenir, les informations obtenues du réseau des puits d'observation ainsi que du répertoire des données sur les

eaux souterraines constitueront la base des banques de données pour ces dernières. Enfin, un rapport annuel sur les eaux souterraines devrait être régulièrement établi afin de récapituler la situation de ces eaux, les progrès réalisés, les études entreprises, les investigations, les programmes et projets de mise en valeur.

Ces renseignements serviraient de base en vue d'assurer l'efficace utilisation des ressources en eau souterraine des régions de savane.

Les secteurs présentant un potentiel pour l'irrigation au moyen des eaux souterraines (500.000 à 1.000.000 de kilomètres carrés) devraient faire l'objet d'études plus poussées au Sénégal, au Niger, au Tchad et au Mali.

#### Investigations hydrogéologiques suggérées pour des pays spécifiques

Ci-après est présentée la nomenclature des études et investigations nécessaires pour chaque pays:

1. Bénin: se rendre compte des ressources en eau souterraine dans le nord du bassin sédimentaire et surveiller toute intrusion d'eau de mer dans le bassin côtier.
2. Cameroun: entreprendre des essais de pompage (100 à 200 m<sup>3</sup>/h) dans le plio-quatenaire et le Continental terminal; explorer les formations aquifères jusqu'à une profondeur de 700 mètres.
3. Côte-d'Ivoire: établir la synthèse hydrogéologique du secteur du pays faisant partie de la savane.
4. Empire centrafricain: effectuer l'étude du Continental terminal et du Continental intercalaire, y compris l'exécution des forages d'exploration; vérifier s'il est possible de répondre aux besoins en eau municipale des villes suivantes au moyen de l'eau souterraine: Berberati, Bozoum, Bossangoa, Mbaiki, Birao, Ndele.

5. Gambie: entreprendre l'étude ainsi que les forages géophysiques et d'exploration des formations aquifères du Continental terminal et du Maëstrichtien, y compris le(s) problème(s) d'intrusion potentielle et/ou réelle de l'eau de mer.
6. Ghana: mener l'étude de la région nord ainsi que celle du quartzite gréseux paléozoïque.
7. Guinée: étudier le quartzite gréseux paléozoïque.
8. Guinée-Bissau: entreprendre l'étude du Maëstrichtien, y compris de l'exécution des forages d'exploration et de tout problème d'intrusion potentielle et/ou réelle de l'eau de mer; étudier également les grès précambriens.
9. Haute-Volta: entreprendre l'étude, y compris la photogéologie et les forages d'exploration, de la dolomite de Gourma (se référer à la rubrique "Mali" ci-dessus); étudier le grès précambrien dans la partie ouest et dans les sources de Bobo-Dioulasso (inventaire des puits, nivellement topographique, cartographie piézométrique, forages d'exploration et essais); étudier la nappe captive dans la dolomite au-dessous du Continental terminal; effectuer l'étude du socle dans la partie orientale du pays.
10. Mali: faire la synthèse de tous les travaux hydrogéologiques réalisés jusqu'ici; étudier la dolomite de Gourma, y compris la photogéologie, la géologie du terrain et les forages d'exploration; effectuer l'étude du grès précambrien ainsi que celle du grès de Bandiagara et de Sikasso, y compris la photogéologie, les forages d'exploration jusqu'à 200 à 300 mètres et les essais de pompage; étudier le Continental intercalaire, la zone de Nara et de la Vallée du Serpent, y compris les forages d'exploration jusqu'à 200 à 300 mètres et les essais de pompage; étudier la nappe phréatique dans le sud-est du Mali; étudier la vallée du fleuve Niger; étudier le bassin du Taoudeni dans le nord du Mali.
11. Mauritanie: étudier le bassin sédimentaire du sud-ouest (secteur maëstrichtien, région de Trarza, zone de R'Kiz), y compris les forages et les essais; étudier les alluvions du fleuve Sénégal et de ses affluents (le Karakoro et le Gorgol par exemple), également le sable des dunes à Assaba; étudier le grès paléozoïque d'Aïoun; étudier les pelrites du Hodh (les contacts avec les dolérites; les fractures devraient être aquifères), y compris les puits allant jusqu'à 300 mètres de

profondeur; étudier le grès d'Assaba (paléozoïque); améliorer la surface de captage effectif des puits en vue de la mise en valeur des aquifères des dunes d'Aoukèr, afin de planifier l'aménagement de la nappe de Dahr de Nema dans le sud-ouest (bons rendements obtenus du Continental intercalaire).

12. Niger: effectuer l'étude, y compris les forages d'exploration et les essais, dans la partie occidentale du Niger, la région de Tegama (aquifère du Continental intercalaire), la zone du lac Tchad, la partie nord du Niger, le Continental terminal et la formation crétacée dans le secteur en bordure du Nigeria; préparer un rapport de synthèse hydrogéologique à l'échelon national.

13. Nigeria: entreprendre des études plus poussées s'il y a lieu, y compris les forages d'exploration et les essais, et établir des rapports de synthèse hydrogéologique des régions suivantes: partie nord-ouest du Nigeria (bassin de Sokoto), partie nord-est du Nigeria (bassin du lac Tchad), bassins des fleuves Niger et Bénoué, de Jebba à Lokoja et de Yola à Lokoja, respectivement.

14. Sénégal: exécuter l'étude, y compris les forages d'exploration et les essais, de la région de la Casamance (Continental terminal, miocène, maëstritchien), tout en prenant en compte tout problème d'intrusion actuelle et potentielle d'eau de mer. Ce dernier aspect devrait également être considéré dans le bassin de Sine-Saloum, dans le secteur de Mbour (calcaire paléocène) et au nord de Dakar vers la Mauritanie; établir la synthèse hydrogéologique du Continental terminal et de la région Dakar-Thiès; étudier la partie sud-est du Sénégal; examiner, analyser et préparer la synthèse (y compris l'inventaire des puits) des travaux hydrogéologiques effectués dans la zone du fleuve Sénégal, en vue de la formulation d'un programme à long terme de mise en valeur des ressources en eau souterraine.

15. Sierra Leone: préparer une synthèse hydrogéologique du pays.

16. Tchad: achever l'inventaire des puits d'eau du pays; étudier les ressources en eau souterraine dans le socle (Mayo Kébi) et dans la région de Koros; étudier les courants de fond dans l'Ouaddaï, également les ressources en eau souterraine dans le nord y compris l'exécution des forages d'exploration.

17. Togo: effectuer l'étude, y compris les forages et les essais, du grès de Dapango (vérifier les espaces lacunaires et/ou la porosité des interstices), du calcaire paléocène (au nord-est de Lomé, à Lebé, et à Agoréké), du crétacé-maëstritchien à Angouévé et Kpogamé.

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU  
ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**GP 01**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Etablissement de puits et de trous de forage,  
et installation de pompes en Afrique Occidentale**

**COÛT ESTIMATIF:**

**95.500 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: août 1977, mars 1978**

## Résumé sommaire du problème

La nécessité d'un grand nombre de puits et d'aménagements auxiliaires se fait sentir à travers toutes les régions de savane de manière à assurer (a) l'approvisionnement à bon compte de l'eau à des millions de personnes (surtout du secteur rural), et (b) le développement de l'agriculture irriguée et la production alimentaire.

Actuellement, le coût de la construction de puits est très élevé, allant, par mètre, de 80 dollars U.S. (pour les puits de faible diamètre) à 730 dollars U.S. (pour ceux de grand diamètre), et se chiffrant en moyenne à 250 dollars U.S. par mètre pour les puits forés et allant généralement entre 300 et 400 dollars U.S. par mètre pour les puits creusés de grande dimension. De même, les pompes sont très chères: 400 à 2.800 dollars U.S. pour une pompe à bras, 1.600 dollars U.S. pour une éolienne construite localement, 8.000 à 12.000 dollars U.S. pour un moteur et une pompe électriques, 25.000 à 120.000 dollars U.S. pour une station de pompage actionnée par énergie solaire.

Compte tenu de la multiplicité des méthodes disponibles pour le creusage des puits et étant donné la diversité des pompes offerte sur le marché et actuellement utilisée dans la région, il importe que soient formulées des directives générales précisant les meilleures façons d'aménager les puits et d'installer les pompes, préférablement du reste adaptées à chaque sous-région. Ces directives se caractériseraient évidemment par une certaine flexibilité en raison des variations locales de l'espace et des progrès continus de la technologie.

## Solution au problème

La présente étude vise à déterminer les types de puits et de pompes convenant le mieux à la région, également à formuler et à publier des directives portant sur l'aménagement des installations, sous forme de petits manuels

destinés à l'usage du personnel sur le terrain.

Les aspects techniques, économiques et sociaux liés à l'établissement des puits et à la sélection et l'installation des pompes seront eux aussi examinés. Cependant, l'étude ne s'occupera pas des questions liées à l'organisation administrative et à la formation professionnelle du personnel.

Il existe une importante documentation à ce propos, et la première phase de l'étude consisterait à en entreprendre l'examen, conjointement avec des échanges de vues avec les différents organismes gouvernementaux et les entreprises locales du secteur privé dans le but de s'assurer de leur position quant à la construction de puits et l'installation de pompes dans leurs zones respectives. Un bon exemple d'une pareille collaboration serait la permission d'utiliser le rapport, sur le point de paraître, du projet d'alimentation en eau de la partie haute du Ghana. Par la suite, l'étude prendrait en compte les travaux en cours d'avancement (c'est-à-dire ceux encore inédits) ainsi que des tâches comme l'évaluation des possibilités et capacités des nouveaux matériels comme la foreuse percutante révolutionnaire Ingersoll-Rand et les variantes susceptibles d'en être tirées.

On accordera une attention toute spéciale à l'avantage de (a) la standardisation du matériel de forage et de pompage, grâce à l'utilisation généralisée d'un nombre réduit de types de base, et (b) l'encouragement à l'établissement de sociétés, appartenant à des particuliers, spécialisées dans le forage des puits d'eau.

Il est évident que le choix de certains puits et de certaines pompes peut avoir d'importantes conséquences socio-économiques, notamment lorsque l'utilisation efficace des puits exige le recasement des gens. En conséquence, au titre d'une partie de l'étude, on s'efforcera de prendre en compte des types et emplacements de puits qui:

- 1) répondront aux besoins spécifiques des gens dans différentes sous-régions,

- 2) desserviront avec efficacité la population nombreuse et clairsemée,
- 3) s'harmoniseront avec les désirs des bénéficiaires quant à la situation de leur domicile et de leur village.

### Coût de l'étude

	<u>Dollars U.S.</u>
Ingénieur-hydrogéologue principal : 1 mois à 8.000 dollars U.S./mois	8.000
Ingénieur-hydrogéologue adjoint: 4 mois à 6.000 dollars U.S./mois	24.000
Ingénieur 1 mois à 8.000 dollars U.S./mois	8.000
Ingénieur adjoint 2 mois à 6.000 dollars U.S./mois	12.000
Planificateur du milieu rural 2 mois à 8.000 dollars U.S./mois	16.000
Sociologue 1 mois à 8.000 dollars U.S./mois	8.000
Voyages : 5	5.000
Edition de rapports	2.000
Imprévus : 15%	<u>12.500</u>
<b>Total:</b>	<b>95.500</b>

L'intervention des hydrogéologues se concentrera sur la construction des puits et trous de forage, tandis que celle des ingénieurs visera essentiellement l'installation des pompes dans ces puits et trous de forage.

Il se pourrait que le coût de la présente étude soit considérablement réduit si les rapports de la mission de l'USAID sur les régions rurales démunies de l'Afrique Occidentale (mission devant être dotée en personnel au cours de l'année 1978) sont mis à la disposition du CIEH.

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**GP 02**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Exploitation et entretien des puits, trous de forage et pompes en Afrique Occidentale**

**COUT ESTIMATIF:**

**43,700 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: août 1977, mars 1978**

## Résumé sommaire du problème

La durée de vie des puits et surtout des pompes est courte dans les régions de savanes, cela en raison des méthodes défectueuses d'exploitation et du manque d'entretien. Cette situation résulte en partie de l'insuffisance en personnel pour former les utilisateurs, ce qui découle souvent de la pénurie de fonds. En conséquence, le potentiel des importants investissements consentis dans le programme des puits n'est d'ordinaire pas réalisé.

Par ailleurs, on sait que les rendements des puits sont généralement faibles sur la plus grande partie du précambrien; d'où des villages dispersés ne pouvant supporter qu'une population limitée. Le maintien et l'exploitation d'une multiplicité de pompes sur une superficie aussi étendue deviennent extrêmement difficiles. Il importe donc que l'on rende disponibles les renseignements ayant trait aux méthodes et types de matériel les mieux adaptés à la région.

## Solution au problème

En se basant sur l'expérience acquise tant dans les régions de savane que dans d'autres pays, on entreprendra l'évaluation de la performance, du point de vue entretien et exploitation, des puits et pompes existants. Etant donné que ce sujet a déjà fait l'objet d'un grand nombre d'écrits, il importe évidemment que ces derniers soient analysés, consolidés, ce qui du reste aurait dû être fait depuis longtemps. Suite à ces travaux, une surveillance continue des nouveaux aménagements sera maintenue sur une période prolongée de temps.

Dans le but de réduire la prolifération de puits dispersés (et donc les problèmes de maintenance), et de manière à prendre de saines décisions quant à l'avantage d'abandonner les puits à faible rendement là où ils sont devenus inopérants, il conviendrait de considérer également des variantes de sources potentielles d'eau, comme par exemple les sources ou l'emmagasinement des eaux de surface pour régulation journalière. Devrait être également envisagée la possibilité

d'assurer des approvisionnements en eau davantage centralisés (ainsi que d'autres services essentiels) pour les populations des campagnes.

La tâche principale au titre de cette étude consistera à évaluer la performance des puits et pompes existants, puis à entreprendre des essais intensifs des nouveaux modèles de pompes non encore éprouvés et des nouvelles méthodes de creusage des puits, cela du point de vue exploitation et entretien. Des recommandations seront alors établies à propos des procédés et types de matériel capables de conduire à une réduction des problèmes et dépenses d'entretien.

Afin d'étudier les nouveaux aménagements, il faudra mener des travaux, de façon intermittente, sur une période de deux ans ou davantage. Les travaux en question compléteront ceux en vertu des recommandations formulées pour l'étude no. GP 01 (Etablissement de puits et de trous de forage et installation de pompes en Afrique Occidentale).

#### Coût de l'étude

		<u>Dollars U.S.</u>
Ingénieur principal	1 mois à 8.000 dollars U.S./mois	8.000
Ingénieur adjoint	4 mois à 6.000 dollars U.S./mois	24.000
Voyages		4.000
Edition de rapports		2.000
Imprévus : 15%		<u>5.700</u>
	Total:	43.700

#### Références

- 1) Pacey, A. (1977) Hand-pump maintenance in the context of community well projects. London, Intermediate Technology Publications.
- 2) Benamour, A. (1977) Les moyens d'exhaure en milieu rural. Ouagadougou, CIEH.

- 3) **McJunkin, F.E. (1977) Hand pumps for use in drinking water supplies in developing countries. (Technical Paper no. 10) The Hague, International Reference Centre for Community Water Supply.**
- 4) **Pacific Consultants (1978) West Africa rural water supply and sanitation pre-project analysis; study carried out November 4 - December 15, 1977, sponsored by AID/Washington. (restricted circulation.) Washington, D.C.**

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU  
ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**GP 03**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Réseau de puits d'observation**

**COUT ESTIMATIF:**

**169.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: août 1977, octobre 1977**

### Résumé sommaire du problème

Etant donné qu'actuellement il n'existe aucun réseau de puits d'observation dans les régions de savane de l'Afrique Occidentale, il en résulte évidemment que l'on se trouve imparfaitement renseigné à propos des caractéristiques du niveau et de la qualité des eaux souterraines. D'où l'impossibilité de déterminer avec un quelconque degré d'exactitude tant les prélèvements et les pertes que l'alimentation des nappes aquifères.

### Solution au problème

La présente étude GP 03 visera à établir des critères et des directives pour l'étude et le fonctionnement d'un réseau régional de puits d'observation. L'étude en question devrait être menée conjointement avec celle définie plus loin en GP 04.

Le réseau serait établi avec l'aide des pays membres du CIEH dont plusieurs possèdent déjà des puits en surveillance actuellement. Ainsi, on mettra en place un réseau régional homogène répondant à la situation particulière de chaque pays. La densité dudit réseau serait fonction de l'importance des nappes aquifères à l'étude, étant évidemment entendu que cette densité serait plus élevée dans les secteurs présentant des problèmes et dans ceux avec nappes aquifères soumises à une forte exploitation.

Dans la plus grande mesure possible, certains puits existants seraient réservés comme puits d'observation qui seraient sondés à intervalles réguliers. Une faible proportion de ces puits serait équipée de limnigraphes. Il est évident que les puits se trouvant activement utilisés ne pourraient pas servir à cet effet.

Dans certains endroits isolés, il faudra forer de nouveaux puits. En pareils cas, il vaudrait mieux établir deux puits dont l'un en vue de la "production" et l'autre pour des mesures continues.

Il semble improbable que l'on disposera d'un nombre suffisant de techniciens afin d'effectuer les observations nécessaires et prendre soin de tâches routinières comme le changement des graphiques; ce qui donc exigera que ce personnel recevra une formation professionnelle dispensée par l'hydrogéologue chargé des opérations. Les observations devront également porter sur l'analyse de la qualité de l'eau (y compris les éléments chimiques à l'état de traces).

Les données, prévoit-on, seront traitées dans les différents pays concernés et les résultats acheminés au CIEH.

Coût de l'étude

		<u>Dollars U. S.</u>
Hydrogéologue principal	2 mois à 8.000 dollars U.S./mois	16.000
Hydrogéologue adjoint	6 mois à 6.000 dollars U.S./mois	36.000
Matériel pour les mesures (financé en partie par les états membres et en partie par le CIEH)		70.000
Voyages		20.000
Edition des rapports et des cartes		5.000
Imprévis : 15%		<u>22.000</u>
	<b>Total:</b>	<b>169.000</b>

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**GP 04**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Aménagement et gestion des réservoirs  
d'eau souterraine dans la savane**

**COÛT ESTIMATIF:**

**111.500 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: août 1977, octobre 1977**

## Résumé sommaire du problème

Bien que les principales nappes aquifères dans les bassins sédimentaires des régions de savane aient été étudiées, il reste quand même bien davantage de travaux à exécuter à propos de ces nappes avant de pouvoir arriver à des conclusions précises concernant leur exploitation. Ci-après est indiquée la taille des principaux bassins:

	<u>Taille du bassin (km<sup>2</sup>)</u>
Bassin du lac Tchad (Tchad, Cameroun, Niger, Nigeria)	150.000 à 300.000
Bassin comprenant des parties du Sénégal de la Mauritanie et de la Gambie	150.000 à 250.000
Bassin du Niger (partie occidentale) au Niger et dans le nord-ouest du Nigeria	100.000 à 150.000
Bassin du Bas-Niger (y compris le fleuve Bénoué)	50.000 à 100.000
Bassin du Haut-Niger, Mali	50.000 à 100.000

Tandis que les bassins des parties occidentale et centrale sont relativement bien connus, par contre ceux s'étendant vers l'est ne le sont pas. C'est ainsi par exemple que l'on se trouve insuffisamment renseigné à propos des nappes aquifères crétacées du Continental intercalaire au Niger et de celles, pliocènes et quaternaires, du Continental terminal au Tchad.

En outre, les informations portant sur les relations entre les principaux cours d'eau et les nappes aquifères peu profondes dans les bassins sédimentaires sont trop insuffisantes pour fournir des renseignements valables sur la recharge de ces nappes; ce qui est essentiel pour l'analyse hydrologique des aquifères situées dans le voisinage des lits de cours d'eau. D'une façon générale, le processus naturel de réapprovisionnement d'eau à la nappe souterraine, au niveau régional, n'est pas assez bien connu pour permettre de déterminer le palier optimal de la gestion de ladite nappe. De même, les informations relatives aux fluctuations du niveau de l'eau souterraine sont insuffisantes, bien

que certaines recherches aient été menées tout spécialement sur les nappes peu profondes.

Les réservoirs d'eau souterraine dans la savane possèdent un grand potentiel pour l'emploi de l'eau pour des usages domestiques et agricoles. Il est indispensable d'être renseigné en détail sur l'envergure, l'épaisseur et les caractéristiques des nappes aquifères afin de pouvoir définir les paliers optimum d'exploitation et de gestion et de préparer les plans de pré-investissement régionaux et locaux pour l'aménagement des réservoirs d'eau souterraine et la mise en valeur régionale.

### Solution au problème

Dans la présente étude GP 04 on se proposera de définir les voies et moyens les meilleurs capables de permettre d'aménager aussi rapidement que possible les vastes réservoirs, largement inutilisés, d'eau souterraine des parties occidentale et centrale de la région de savane.

L'étude, devant conduire à l'exécution en fait des projets de développement des ressources en eau souterraine, sera réalisée au titre de plusieurs phases et sur une longue période de temps, le CIEH fournissant l'aide technique et assurant la coordination des différents travaux entrepris par chacun des pays concernés.

Dans la première phase de l'étude, on procédera à la sélection d'une série d'échantillons types de régions situées dans les principaux bassins sédimentaires énumérés plus haut, ensuite on établira un programme détaillé et un estimatif des travaux, puis on préparera les cahiers des charges pour les marchés portant sur les explorations géophysiques, le forage des puits et l'étude de ces derniers. On prévoit que cette première phase pourrait être menée à bien en étroite collaboration avec les responsables dans chaque état concerné, cela dans un espace de temps relativement court comme, par exemple, 6 mois.

Dans la seconde phase de l'étude, on mettra l'accent sur les travaux sur le terrain dans les échantillons de régions. Les tâches regrouperont, sans y être toutefois limitées, un programme d'exploration impliquant une campagne d'études géophysiques et de forages (ainsi que des essais de pompage) visant à renseigner sur la géométrie et l'hydrologie des nappes aquifères et sur les débits de pompage susceptibles d'être obtenus.

En ce qui concerne la relation cours d'eau - nappe souterraine, les échantillons de régions seront choisis dans les parties des fleuves ci-après indiqués:

- a) La Gambie, de Simenti à l'estuaire (250 à 300 km)
- b) Le Sénégal, de Bakel à Saint-Louis (500 km)
- c) Le Niger, de Ségou à Gao (800 km) et s'il y a lieu à 1.500 km en aval à Lokoja au Nigeria, tout spécialement dans la partie entre Jebba et Lokoja (250 km)
- d) La Bénoué, aux endroits pertinents le long d'un parcours de 600 km
- e) Le Chari et le Logone, de Sahr et Lai à N'Djamena (400 km) et s'il y a lieu autour du lac Tchad (10.000 km<sup>2</sup>)

Les côtes piézométriques des nappes aquifères seront cartographiées à une échelle appropriée et éventuellement avec suffisamment de détails là où une mise en valeur est envisagée dans l'immédiat. S'agissant des nappes peu profondes reliées aux plans d'eau à ciel ouvert, la cartographie en question sera entreprise à la fin des saisons humide et sèche, et elle exigera que le nivellement des puits et des forages soit déterminé.

Dans le cadre de l'analyse des fluctuations du niveau des eaux souterraines, il faudra effectuer des mesures à des sites représentatifs afin de se rendre compte des changements saisonniers des niveaux d'eau souterraine ainsi que de ceux survenant d'une année à une autre.

Dans le but d'évaluer le réapprovisionnement en eau souterraine par

des processus naturels, on sélectionnera des bassins versants type pour lesquels on dispose de relevés sur l'écoulement, la précipitation et l'évapotranspiration ou pour lesquels ces relevés seront faits de manière à permettre de calculer la recharge estimée. Par ailleurs, on procédera également à l'estimation du débit de base à partir des données existant à un aussi grand nombre de stations de jaugeage que possible.

On devrait considérer la faisabilité technique et économique d'avoir recours d'une manière courante aux nouvelles méthodes comme par exemple la technique portant sur l'étude de la température du sol superficiel. Ce procédé a été essayé à fond en 1973 en Haute-Volta à l'effet de déterminer les endroits où il conviendrait de forer ou de fouiller des puits, et l'application dudit procédé sur une plus large échelle avait été recommandée.

A la lumière des connaissances et de l'expérience acquises dans les secteurs d'échantillonnage, et avec l'aide des cadres nationaux formés au cours de cette phase, les experts en eau souterraine du CIEH continueraient à apporter leurs conseils et leur assistance aux états membres. Cette troisième phase devrait être conçue au titre d'un effort à long terme (20 à 25 ans) pendant lequel les pays membres seront activement engagés dans les investigations et l'exploitation de leurs précieux réservoirs d'eau souterraine, avec le CIEH fournissant sa contribution à la gestion et à la coordination de ces travaux comme cela peut s'avérer nécessaire pour les études de praticabilité et celles du projet.

### Coût de l'étude

Ci-après n'est indiqué que le coût estimatif de la première phase de cette étude GP 04 vu que les coûts des phases suivantes restent fonction de ceux de cette première phase. A noter que le CIEH détient déjà d'importants renseignements à propos des coûts.

La première phase en question pourrait être exécutée, estime-t-on, sur une période de six mois, tout en prenant en compte le temps pour les

consultations avec les responsables gouvernementaux ainsi que pour la vérification et la définition des secteurs choisis comme échantillons.

		<u>Dollars U.S.</u>
Hydrologue principal	6 mois à 8.000 dollars U.S./mois	48.000
Hydrologue adjoint	6 mois à 6.000 dollars U.S./mois	36.000
Voyages		8.000
Edition des rapports et des cartes		5.000
Imprévus : 15%		<u>14.500</u>
	Total:	111.500

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES:  
MISE EN VALEUR DES RESSOURCES HYDRAULIQUES**

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**WP 01**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Banque de données hydrauliques régionales  
à fins multiples du CIEH**

**COUT ESTIMATIF:**

**61.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: juin 1977, octobre 1977**

## Résumé sommaire du problème

Etant donné que les renseignements liés à tous les aspects des ressources hydrauliques, à la climatologie, à l'hydrogéologie et à l'hydrologie sont actuellement recueillis à un rythme de plus en plus accéléré, il s'ensuit que les méthodes conventionnelles de stockage et d'extraction desdits renseignements - classeurs, fichiers, meubles pour cartes - se révèlent de plus en plus incapables de répondre à l'énorme quantité de données qui s'accumule continuellement. De plus, en raison même de la nature décentralisée des informations disponibles en ce moment, l'accès s'y fait d'ordinaire au hasard, avec perte de temps, et de façon coûteuse. Il est évident que l'établissement d'un plan intégré d'aménagement des ressources régionales en eau ne peut être poursuivi que si l'on dispose d'un accès à un fichier central capable de permettre de rechercher et de manipuler les documents presque instantanément. Bien qu'il existe actuellement des plans en vue de la création d'une banque de données hydrologiques et météorologiques au siège d'Agrhymet à Niamey, au Niger, ce projet comporte toutefois deux limitations: 1) il n'envisage que les états sahéliens membres du CILSS, et 2) il ne visera pas les renseignements sur les eaux souterraines.

## Solution au problème

Il importe donc que soit entreprise l'étude des besoins et de la conception des systèmes de stockage et de recherche documentaires. Cette étude porterait sur les avantages et inconvénients des différents systèmes disponibles en vue de l'intégration des données recueillies sous les grands titres suivants:

- Agroclimatologie -- météorologie, relevés, prévisions, humidité du sol
- Eau de surface -- courbes des débits jaugés, relevés des mesures au moulinet, utilisation et besoins en eau, etc
- Eau souterraine -- niveaux d'eau, fluctuations, rendements, qualité, etc

- Recherche et mise en valeur -- emmagasinement, eau souterraine et de surface, tirages, etc.

Fondamentalement, l'étude porterait sur les besoins et le concept de systèmes en vue de la recherche et de la reproduction documentaires rapides et sûrs dans un quelconque format désiré. L'étude recommanderait une ou deux variantes de systèmes.

La banque de données elle-même fonctionnerait selon les méthodes modernes de gestion de ces données et serait conçue de manière à corriger les problèmes associés à l'approche traditionnelle de fichier/programme. Ces concepts ont été mis au point avec l'introduction des ordinateurs de la troisième génération, des mémoires de grande capacité à accès sélectif, des appareils terminaux, et des réseaux améliorés de communication à la fin des années 60 et au début des années 70.

Pareil concept permettrait de:

- 1) Contrôler le stockage et la recherche des données au moyen d'un système général software
- 2) Disposer de plusieurs méthodes d'accès aux données, méthodes qui sont tout-à-fait indépendantes des structures des fichiers
- 3) Stocker les données connexes dans un seul fichier central intégré appelé à remplir plusieurs fonctions et à desservir plusieurs utilisateurs, simultanément

Cet arrangement présume l'emploi partagé d'un ordinateur central à Ouagadougou, bien qu'avec l'amélioration de la télécommunication rien ne s'opposerait à ce que les installations informatiques à Abidjan soient mises en oeuvre une partie du temps si le besoin s'en faisait sentir.

En sus de ses fonctions consistant à recevoir des données d'entrée selon le système métrique des pays membres francophones, la banque aura à

assurer le traitement des renseignements en mesures autres que métriques venues de pays de langue anglaise comme le Nigeria et le Ghana, cela dans le cas où ces pays décideraient de changer leur présent statut d'observateurs en celui de membres actifs du CIEH.

L'étude serait menée par une équipe comprenant un ingénieur des ressources en eau, un expert d'une des disciplines de chantier, un informaticien et un analyste fonctionnel.

Coût de l'étude

	<u>Dollars U.S.</u>
Ingénieur des ressources en eau: 2 mois à 8.000 dollars U.S./mois	16.000
Autre expert en hydraulique 1 mois à 8.000 dollars U.S./mois	8.000
Informaticien 1 mois à 8.000 dollars U.S./mois	8.000
Analyste fonctionnel 2 mois à 8.000 dollars U.S./mois	16.000
Voyages (y compris 2 allers et retours Europe-USA)	4.000
Edition du rapport	1.000
Imprévis : 15%	<u>8.000</u>
<b>Total:</b>	<b>61.000</b>

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU  
ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANNE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE: WP 02**

**TITRE DE L'ETUDE: Plan directeur type pour la mise en valeur  
des ressources hydrauliques**

**COUT ESTIMATIF: 2 x 15.500 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: décembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

La nécessité de préparer des plans de mise en valeur des ressources hydrauliques tant au niveau régional que national apparaît évidente, et la plupart des pays réalise parfaitement qu'en l'absence d'une planification appropriée à ces deux niveaux aucun progrès réel ne peut être fait.

On propose d'envisager séparément le planning au palier national et celui au niveau régional. Malheureusement, il arrive parfois que l'existence d'une forte opposition politique empêche que des échanges de vues valables n'aient lieu, voire que des décisions soient prises. Par contre, à l'effet d'étayer l'hypothèse selon laquelle planning et mutuelle compréhension produisent finalement des résultats positifs on pourrait citer des exemples d'aménagement reposant sur des accords sains et durables (voir référence 2 ci-dessous).

## Solution au problème

Cette étude établira des modèles de plans directeurs pour la mise en valeur des ressources hydrauliques tant au niveau national que régional, et elle donnera un estimatif des coûts nécessaires au calcul et à la production desdits plans.

## Plan au niveau national

Comme on dispose de plusieurs plans détaillés en vue de modifications, l'établissement d'un modèle de plan directeur pour la mise en valeur des ressources hydrauliques au niveau national pour les pays de l'Afrique Occidentale n'exigera donc que très peu de travail de base. Par ailleurs, on postule ici que les gouvernements concernés autoriseraient le CIEH à utiliser tout ou partie des plans existants.

D'une façon générale, semblable plan directeur porterait sur les aspects économiques, techniques, juridiques et financiers des principales

**activités suivantes:**

**Emmagasinement**  
**Irrigation**  
**Production d'énergie hydro-électrique**  
**Navigation**  
**Pêche, naturelle et artificielle**  
**Pollution**  
**Extraction d'eau pour des usages industriels**  
**Extraction d'eau pour des usages domestiques**  
**Extraction d'eau pour des usages agricoles**  
**Conservation des sols**  
**Service des eaux au niveau national et régional**  
**Rédaction de législation, mise en exécution, etc.**

En se basant sur un plan directeur standardisé préparé par le CIEH, chacun des états membres pourra alors élaborer son propre plan national répondant à ses besoins particuliers. L'envergure et le coût de ces plans spécifiques à un pays varieront énormément, mais ce coût se situera dans un ordre de grandeur allant de 0,25 à 2 millions de dollars U.S.

**Coût de l'étude, au niveau national**

		<b><u>Dollars U.S.</u></b>
Planificateur hydrologue	0,5 mois à 8.000 dollars U.S./mois	4.000
Hydrologue adjoint	1 mois à 6.000 dollars U.S./mois	6.000
Dessinateur	1 mois à 500 dollars U.S./mois	500
Voyages		2.000
Edition du rapport		1.000
Imprévis : 15%		<u>2.000</u>
	<b>Total:</b>	<b>15.500</b>

**Plan au niveau régional**

Bien que les plans au niveau national connaissent des limitations du

fait des frontières artificielles, il n'en demeure pas moins que les pays limitrophes se doivent de tenir compte des besoins des utilisateurs d'un autre état en aval de leur propre territoire, de manière à éviter une mise en oeuvre inégale et inéquitable. Cet écueil peut être évité par le seul moyen dont on dispose à cet effet: l'établissement de plans au niveau régional permettant de définir pareilles défaillances et de les présenter à temps.

Les régions de savane peuvent être divisées en plusieurs sous-régions bien définies en considérant les principaux bassins versants, soit:

Le Sénégal dans le nord-ouest

La Gambie, la Casamance et autres à l'ouest

Le Niger au centre

Les cours d'eau de la Côte-d'Ivoire au sud (Comoe, Sassandra, etc.)

La Volta au sud

Le Bénoué

L'ensemble Chari-Logone à l'est

L'Oubangui au sud-est (affluents du nord ou de la rive droite)

Comme dans le cas des plans à l'échelon national, quelques plans appropriés existant au palier régional pourraient être adaptés afin d'être utilisés en Afrique Occidentale, de sorte que seraient évités des travaux de base prolongés associés à l'établissement d'un modèle de plan directeur régional, cela évidemment en présumant une nouvelle fois ici que les plans existants seront accessibles.

#### Coût de l'étude, au niveau régional

On estime que l'établissement, sur une période de deux mois, d'un plan régional détaillé et standardisé coûterait autant que le plan à l'échelon national, soit 15.500 dollars U.S., et exigerait une dotation similaire en personnel.

## Références

- 1) El-Shibini, F.Z. and J.R. Rydzewski (1977) "Towards an optimal utilization of the water resources of the Nile basin, "Proceedings of the Institution of Civil Engineers," Part 2, 63, p. 35-47.
- 2) Governments of Egypt, Sudan, Ethiopia, Uganda, Kenya, Tanganyika (1929, 1959), Nile water agreements of 1929, 1959.
- 3) Senghor, Adrien (1977) Communication... devant l'Assemblée Nationale sur la politique de l'eau, Dakar, le 14 janvier, 1977. 2 vols. Dakar, Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique.
- 4) TAMS (1976) Kenya national master water plan: detailed work plan. Nairobi/New York.
- 5) United Nations Development Program (1978) Stratégie d'aménagement des eaux de Togo, première phase. Lomé.

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**WP 03**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Conservation des eaux dans les régions  
de savane**

**COUT ESTIMATIF:**

**69.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: mars 1978**

## Résumé sommaire du problème

L'un des problèmes fondamentaux dans les vastes superficies des régions de savane consiste à trouver des voies et moyens capables de retarder et de retenir l'écoulement de surface. On a déjà réalisé beaucoup à ce propos grâce à la construction de barrages et de réservoirs, et en certains cas à l'érection de terrasses en travers des pentes dans les petits bassins versants. Pour différentes raisons, certaines techniques actuelles (barrages souterrains, adoucissement de bassins versants, fossés de rétention des eaux, captage des sources) ne sont pas mises en oeuvre. D'autres techniques plus récentes comme la réduction de l'évaporation en utilisant un film de polystyrène ne sont pas encore suffisamment éprouvées. Dans des pays comme la Haute-Volta où il existe plus de 300 petits barrages avec capacité moyenne d'emmagasinement excédant tout juste 1 million de mètres cubes, représentant un investissement considérable, il est évident que la réduction du tiers ou de la moitié des pertes totales d'eau par évaporation ou infiltration constituerait une appréciable économie.

## Solution au problème

La présente étude WP 03 déterminera tant les meilleures techniques de conservation des eaux susceptibles d'être appliquées, que les secteurs les mieux appropriés des régions de savane de l'Afrique Occidentale, tout en ne perdant pas de vue que le choix des techniques se limite d'ordinaire à seulement une et peut-être deux de ces techniques dans des lieux spécifiques. Par exemple, l'aménagement des sources n'est possible que là où la géologie le permet, c'est-à-dire à Banfora dans le sud-ouest de la Haute-Volta, et dans les chafnes de l'Atakora (Togo et Bénin). Quoique ces secteurs ne comptent que pour moins de 1% de l'étendue totale des régions de savane, ils sont cependant importants en raison de la haute qualité et en certains cas, de la grande quantité d'eau disponible. Un exemple typique ici est donné par le débit dans la rivière Kou (Banfora) pendant la saison sèche, débit qui vient en grande partie de sources et excède 250.000 mètres cubes par jour, ce qui peut être comparé avec la demande

de pointe de 15.000 mètres cubes par jour à Ouagadougou.

L'étude susvisée précisera les avantages et inconvénients des différentes possibilités, selon, par exemple, la zone climatique ou la nature du sol et sa géologie. Les contraintes liées à l'application des diverses techniques seront analysées (y compris les aspects socio-économiques) et des directives et recommandations spécifiques formulées quant à la meilleure méthode visant à retenir l'eau de surface pour la saison sèche.

On suggère que le CIEH entreprenne la présente étude en collaboration avec l'une des universités du sud-ouest des Etats-Unis, région où des problèmes similaires se posent et où des solutions ont été trouvées ou bien où des travaux sont en cours afin de résoudre des difficultés comme celles visant à déterminer les matériaux convenant le mieux pour les fossés de rétention, etc.

On recommande en outre que les tâches soient menées non seulement au titre d'activités au bureau mais que des dispositions soient prévues afin de permettre de conduire des expériences et des démonstrations sous les conditions sur le terrain.

Pour résumer, il y a peu de raisons de laisser s'écouler l'eau de surface s'il est possible d'en capter et d'en retenir ne serait-ce qu'une faible partie dans le sous-sol. Autrement, on doit avoir recours à la difficile extraction de l'eau à partir des nappes souterraines.

#### Coût de l'étude

		<u>Dollars U. S.</u>
1 ingénieur-hydrologue	3 mois à 8.000 dollars U. S./mois	24.000
1 ingénieur-hydrologue adjoint:	4 mois à 6.000 dollars U. S./mois	24.000
Voyages	4 voyages à 1.000 dollars U. S./voyage	4.000
Edition de rapports et de cartes		3.000
Matériel pour les démonstrations -- forfait		5.000
Imprévus : 15%		<u>9.000</u>
	<b>Total:</b>	<b>69.000</b>

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**WP 04**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Evaluation des schémas hydro-agricoles  
exécutés récemment**

**COUT ESTIMATIF:**

**24.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: mars 1978**

## Résumé sommaire du problème

Un large éventail de projets agricoles, de schémas d'irrigation, d'aménagements hydro-électriques a été exécuté dans les régions de savane de l'Afrique Occidentale. Cependant, après l'implantation de pareils équipements peu de renseignements a été porté à la connaissance du public quant à la performance et à la production desdits équipements, ou quant au fait de savoir si ces derniers doivent être considérés comme un succès ou un échec en fonction des espérances originelles ou des points de vues actuels à propos de l'efficacité des projets. En conséquence, les nouveaux projets ne peuvent profiter que de peu d'expérience acquise dans ce domaine.

## Solution au problème

Il importe que soit entreprise l'évaluation d'un certain nombre sélectionné de projets de mise en valeur des ressources en eau, projets qui ont été conçus et réalisés au cours de la période s'étendant de 1965 à 1975. Un rapport rendant compte des raisons justifiant de l'échec et de l'apparent succès de tels aménagements aiderait certainement dans l'étude des nouveaux projets.

La durée nette du temps à affecter à cette étude WP 04 serait vraisemblablement de 2 mois, étalée sur une période d'environ 1 an. Aucun voyage ne sera spécifiquement impliqué vu que les travaux consisteront ici essentiellement en un examen critique à effectuer au bureau et non pas sur le terrain. Cet examen critique portera sur chaque projet en utilisant les documents officiels, les publications de la presse et les comptes rendus par des observateurs indépendants.

## Coût de l'étude

1 ingénieur ou agronome	1 mois à 8.000 dollars U.S./mois	<u>Dollars U.S.</u> 8.000
1 agronome adjoint	2 mois à 6.000 dollars U.S./mois	12.000
Edition, etc		1.000
Imprévus : 15%		<u>3.000</u>
	<b>Total:</b>	<u>24.000</u>

WP 04

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES: CLIMAT/UTILISATION DE LA TERRE**

## CLIMAT ET PRODUCTION ALIMENTAIRE

Dans le but de déterminer la quantité d'eau qu'il convient d'affecter à l'irrigation dans les régions de savane il importe de résoudre deux questions fondamentales: (1) l'estimation de la demande de marché pour les cultures vivrières, celles à fibres et celles industrielles, et (2) l'estimation de la production alimentaire dans les secteurs non irrigués (en prenant en compte les améliorations attendues dans l'agriculture pluviale). La différence entre (1) et (2) représentera la production agricole qui devra être compensée par des importations ou par la production en irrigué.

Les huit recommandations formulées plus loin pour des études sont présentées surtout à l'effet de mieux définir ce qui peut être produit sous les conditions d'exploitation en sec. Il est évident qu'ici l'accent n'est pas placé sur la façon à mettre en oeuvre pour obtenir cette production vu qu'il vaut mieux, estime-t-on, laisser cet aspect à la responsabilité des organismes agricoles nationaux et régionaux spécialisés.

Les limites supérieures de la production agricole sont déterminées par:

- (a) le climat, tout spécialement la précipitation et la température.  
Là où l'eau ne constitue pas un facteur limitant, les limites à la production sont imposées par la photosynthèse potentielle qui dépend du rayonnement total net.
- (b) la disponibilité de sols appropriés dans lesquelles les plantes peuvent pousser.
- (c) l'aptitude des cultures et variétés à convertir les ressources du climat (eau, rayonnement net, etc) en des produits pour des fins utiles. Ceci peut s'exprimer en termes de leur énergie et de leur efficacité d'utilisation de l'eau.
- (d) la connaissance humaine de (a), (b) et (c) ci-dessus, ainsi que les facteurs économiques et sociologiques affectant l'application et l'exploitation pratiques de cette connaissance.

**En conséquence, les recommandations pour les études impliquent:**

- 1. La description et la définition des ressources de base du climat et des sols.**
- 2. La quantification du rendement potentiel des cultures et des variétés adaptées au climat local.**
- 3. La définition de la productivité potentielle pratique de chaque zone bioclimatique.**
- 4. La comparaison entre la productivité potentielle pratique et l'utilisation actuelle de la terre, et la définition quantitative de l'écart entre les deux.**
- 5. Des recommandations pour éliminer les contraintes de manière à réduire l'écart en question.**

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**CP 01**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Variabilité climatique dans les régions  
de savane par rapport à l'agriculture**

**COUT ESTIMATIF:**

**124.000 dollars U. S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: juillet 1977, septembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

La planification agricole ainsi que l'évaluation rationnelle de variantes de stratégies agricoles se trouvent actuellement limitées par l'absence d'analyses statistiques valables des données climatiques, particulièrement en ce qui concerne les variations climatiques d'une année à une autre exprimées en probabilités (limites de confiance). Les paramètres climatiques exprimés en termes de probabilités fixes sont essentiels pour l'adaptation des variétés spécifiques des cultures aux cycles végétatifs locaux; c'est là l'unique méthode rationnelle en vue de solutionner les problèmes créés par la variabilité des événements climatiques à propos de la moyenne.

## Solution au problème

Le but de l'étude consiste à analyser statistiquement la probabilité (limites de confiance) des paramètres climatiques choisis affectant les cultures annuelles et pérennes ainsi que les activités pastorales et sylvicoles dans les régions de savane de l'Afrique Occidentale.

L'étude en question postule que sont ou ont été exécutés des travaux portant sur l'établissement de la banque de données hydrauliques au CIEH (voir recommandations pour les études sous le numéro WP 01). Cette étude implique (a) la minutieuse sélection de tous les paramètres climatiques considérés comme ayant une influence sur l'adaptation et le développement des cultures à différentes étapes du cycle de croissance végétative, et (b) l'analyse statistique desdits paramètres. Ces tâches nécessiteront les services d'un agroclimatologiste travaillant en collaboration avec des spécialistes dans des domaines connexes comme la physique des sols, l'agronomie et la physiologie végétale. Le choix des paramètres à étudier sera basé sur les besoins en eau des cultures et ce choix comprendra normalement l'analyse statistique de la température et autres conditions pour une longueur spécifique de la saison agricole de manière à permettre de faire des choix entre diverses options de spéculations agricoles ou d'évaluer les probabilités d'occurrence des conditions défavorables. Dans la mesure où il est possible

de quantifier les besoins des différentes cultures et variétés on peut alors calculer les risques liés à la culture d'une variété donnée en un lieu déterminé en termes du pourcentage des années pour lequel on peut s'attendre à l'échec des récoltes du fait de la variabilité du climat. A défaut de ces informations, la sélection de variétés adaptées aux climats et aux cycles végétatifs locaux ne constitue au mieux que conjecture fondée sur des méthodes empiriques relevant du hasard.

La durée de l'étude est estimée à 6 mois et on prévoit que cette étude produira une série de cartes qui exprimeront, au niveau régional, les limites de confiance attachées aux paramètres climatiques retenus comme étant capables d'affecter la production agricole ainsi que les activités pastorales et sylvicoles.

#### Coût de l'étude

		<u>Dollars U. S.</u>
Agroclimatologiste	6 mois à 8.000 dollars U. S./mois	48.000
Consultants dans les domaines connexes	6 mois à 8.000 dollars U. S./mois	48.000
Services cartographiques		2.000
Voyages		5.000
Edition de rapports et cartes		5.000
Imprévus : 15%		<u>16.000</u>
	<b>Total:</b>	<b>124.000</b>

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**CP 02**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Ressources climatiques de la saison sèche dans  
les régions de savane par rapport à l'agriculture  
en irrigué**

**COUT ESTIMATIF:**

**153.000 dollars U. S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: juillet 1977, septembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

Les rendements agricoles potentiels sous irrigation, tels que déterminés par les facteurs climatiques de la saison sèche, demeurent dans une large mesure inconnus. En effet, jusqu'à présent la majorité des études dans les régions de savane se sont concentrées sur la saison humide et sur l'agriculture pluviale associée à cette dernière. La saison sèche dure environ trois mois dans le sud et s'étend sur approximativement dix mois de l'année à l'isohyète 400 mm dans le nord, et durant ces périodes tant la terre que les agriculteurs traditionnellement restent relativement inoccupés. Il va de soi que les projets d'irrigation sont appelés, prévoit-on, à modifier cette situation, mais dans la planification de l'irrigation pendant la saison sèche dans les différentes zones bioclimatiques de l'Afrique Occidentale, il importe d'être renseigné avec précision sur la productivité potentielle, ce qui alors nécessitera une plus grande connaissance des facteurs bioclimatiques affectant la croissance des plantes. Ces facteurs bioclimatiques comprennent sans toutefois y être limités: (1) le rayonnement net et le potentiel photosynthétique, qui sont généralement élevés du fait de la basse couverture nuageuse; (2) les vents secs de l'Harmattan, chargés de poussière, et leurs effets; (3) les taux très élevés d'évapotranspiration des petits périmètres irrigués, en raison de l'énergie résultant du mouvement horizontal de l'air sous l'action des vents, et (4) les hautes températures du sol pendant le jour, les faibles températures de nuit, les basses températures moyennes de la saison sèche et les grandes variabilités diurnes de température.

## Solution au problème

La présente étude CP 02 se propose d'évaluer et d'interpréter les paramètres climatiques affectant la production agricole de la saison sèche sous irrigation dans les différentes zones climatiques des régions de savane. Les renseignements sur l'expérience acquise en Afrique Occidentale en matière d'irrigation seront recueillis et analysés par rapport au climat, tout en étant par ailleurs augmentés par des informations sur les connaissances pertinentes obtenues ailleurs, en dehors de la région, qui seraient de nature à servir de guide aux paramètres

climatiques convenant le mieux à la production agricole de la saison sèche dans la savane.

L'étude sera facilitée par, et suivra les études concernant la banque de données hydrauliques (voir recommandations pour l'étude au no. WP 01) et l'analyse statistique du climat (cf. recommandations pour l'étude au no. CP 01). Les tâches exigeront de faire appel aux services de spécialistes en climatologie et agroclimatologie à qui des agronomes et des experts en physiologie végétale apporteront leur concours. L'étude, prévoit-on, durera estimativement 9 mois.

Coût de l'étude

		<u>Dollars U.S.</u>
Agroclimatologiste principal	9 mois à 8.000 dollars U.S./mois	72.000
Consultants en agronomie et enphysiologie végétale, missions de courte durée	6 mois à 8.000 dollars U.S./mois	48.000
Services cartographiques		3.000
Voyages		6.000
Edition de rapports et de cartes		4.000
Imprévis : 15%		<u>20.000</u>
	<b>Total:</b>	<b>153.000</b>

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**CP 03**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Régime de la précipitation à deux pointes  
dans les parties sud des régions de savane  
et son agriculture**

**COÛT ESTIMATIF:**

**247.000 dollars U.S. (Phase I)**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: juin 1977, septembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

La zone sud de la Guinée, qui se caractérise par son régime de précipitation à deux pointes, est sous-employée, et les densités démographiques y demeurent relativement faibles en comparaison avec la majorité du reste de l'Afrique Occidentale. Jusqu'à présent, l'accord ne s'est pas encore fait à propos des réelles raisons de cette sous-utilisation, ou des moyens de l'aborder.

La zone sud de la Guinée a des maximums de précipitation en juin et septembre avec un mois d'août relativement sec, maximums qui, surtout dans le sud de ladite zone, divise la période pluvieuse en deux saisons humides. A l'occasion du planning de l'agriculture en sec, il a été prouvé qu'il était plus difficile d'harmoniser les récoltes et mises en culture à ces deux saisons humides relativement incertaines que de les adapter à la saison humide, unique, mieux définie de la savane soudanienne vers le nord ou encore aux secteurs plus humides de la zone de forêt vers le sud. Par ailleurs, la photosynthèse potentielle nette y est plus faible que dans les secteurs de la savane vers le nord, et la saison humide plus longue semble favoriser les infestations et les maladies des plantes et du bétail. Les secteurs en question comprennent des parties de la région connue sous le nom de "ceintures moyennes" du Ghana et du Nigeria réputées pour leur faible densité de population. Le faible rapport relatif entre la démographie et la superficie porte à penser à la sous-estimation. Cette dernière ainsi que le potentiel en résultant apparemment pour une mise en valeur agricole plus poussée ont été soulignés, dans le cas du Nigeria, par le rapport de la FAO "Développement agricole au Nigeria, 1965-1980" (FAO, 1966). Cependant, tout plan de développement devra tout d'abord identifier les contraintes climatiques et autres, et indiquer comment celles-ci peuvent être surmontées.

## Solution au problème

La présente étude vise à (1) identifier les facteurs climatiques qui entravent le développement agricole dans les secteurs de précipitation à deux pointes dans la zone sud de la Guinée, et (2) trouver des solutions afin de vaincre ces contraintes climatiques. Ceci peut être obtenu au moyen de travaux entrepris

au titre de deux phases. Dans la Phase I, il importe de mener une étude systématique de tous les aspects agroclimatologiques de la zone bioclimatique actuellement peu utilisée, cela tant dans le but de clarifier et de quantifier la mesure selon laquelle le climat lui-même constitue une limitation que de former la base d'une approche plus scientifique en vue d'adapter les cultures au climat. Cette première phase, prévoit-on, durera environ neuf mois et impliquera l'intervention d'experts dans les domaines de l'agroclimatologie et la science du sol, avec la participation connexe de spécialistes en agronomie, physiologie et pathologie végétales, gestion des pâturages, etc.

La seconde phase, elle, s'avère nécessaire à l'effet de définir des stratégies de développement valables. Ici, il importera d'élargir le champ de la recherche afin d'arriver à une prise en compte intégrée du climat, des cultures, du sol, du bétail, des problèmes humains et économiques d'une zone qui a constitué pendant longtemps une expèce de problème pour les agriculteurs, les climatologues, les agronomes et les géographes. La deuxième phase fera donc appel à un plus large éventail d'experts, et elle impliquera des études particulières, de manière non seulement à permettre d'aboutir à une évaluation fondée sur une plus large base du potentiel des zones de la savane avec précipitation à deux pointes, mais également à aider à définir les possibilités de mise en valeur. Puis, dans une séance de travail ou une conférence organisée par le CIEH, si possible en collaboration avec une autre organisation agricole internationale, les spécialistes dans les différentes disciplines concernées seront mis en contact afin de concentrer l'attention sur les problèmes et les possibilités de la zone, ainsi que sur les différents points de vues et conceptions publiés.

### Coût de l'étude

#### Phase I

		<u>Dollars U. S.</u>
Agroclimatologiste	9 mois à 8.000 dollars U. S./mois	72.000
Pédologue	6 mois à 8.000 dollars U. S./mois	48.000
Consultants	9 mois à 8.000 dollars U. S./mois	72.000
Services cartographiques et informatiques		5.000

<b>(suite)</b>	<b><u>Dollars U.S.</u></b>
<b>Voyages</b>	<b>8.000</b>
<b>Edition de rapports et de cartes</b>	<b>10.000</b>
<b>Imprévus : 15%</b>	<b><u>32.000</u></b>
<b>Total:</b>	<b>247.000</b>

## **Phase II**

Le coût de cette phase pourra être estimé à l'achèvement de la Phase I. On estime que cette dernière durera approximativement 9 mois, tandis que la Phase II s'étendra sur à peu près 12 mois avec 3 mois supplémentaires pour l'édition et la publication du rapport par le CIEH. En conséquence, le projet se déroulera sur une période totale de 24 mois.

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE:**

**TP 01**

**TITRE DE L'ETUDE:**

**Relation entre le climat et la fertilité du sol  
dans les régions de savane**

**COUT ESTIMATIF:**

**176.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: septembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

L'un des facteurs impliqués dans l'accroissement de la production agricole sous des conditions de culture en sec est une meilleure connaissance acquise des propriétés basiques du sol dans différentes zones bioclimatiques.

S'agissant des sols de l'Afrique Occidentale, ils sont étroitement associés au climat et aux zones de végétation. L'évaluation des relations entre les propriétés et la productivité de ces sols d'une part, et le climat, d'autre part, aide à entreprendre l'étude et l'utilisation systématiques des sols en question. Dans une certaine mesure, ces relations ainsi que leurs effets peuvent être quantifiés. L'étude et l'interprétation systématiques de ces relations sont actuellement rendues possibles grâce à l'augmentation des connaissances que l'on a obtenue du climat et des sols de l'Afrique Occidentale au cours des toutes dernières années.

## Solution au problème

Le but de la présente étude consiste à définir les relations fondamentales climat/sol en Afrique Occidentale sur une base régionale, relations qui, outre le fait d'expliquer les propriétés du sol, affectent le comportement de celui-ci lorsque mis en culture et la mesure selon laquelle on peut s'attendre à ce que les éléments fertilisants se déplacent dans le sol ou se perdent par lessivage vers les horizons inférieurs. La situation des résidus organiques ajoutés et la mesure selon laquelle les niveaux d'humus peuvent être élevés, s'entendant mieux par rapport aux niveaux d'équilibre de l'humus, seront elles aussi prises en considération.

Les principales relations impliquées semblent regrouper:

- (a) les relations entre la précipitation totale, la longueur de la saison agricole, l'importance et le type de végétation, et la teneur en matière organique du sol. Etant donné qu'à

son tour la teneur en matière organique influence la structure du sol, ses capacités d'emmagasinement d'eau et d'échange des cations, et la libération des éléments nutritifs par suite de la minéralisation de l'humus, cette teneur en matière organique demeure donc une condition essentielle de la productivité du sol.

- (b) la relation entre le surplus saisonnier de précipitation par rapport à l'évapotranspiration dans différentes zones bioclimatiques et le rôle de cette eau dans l'altération de la roche-mère et l'élimination des substances en suspension et en solution au sein, ou juste à l'extérieur, du profil du sol. La réaction du sol et le mouvement des ions nutritifs sont considérablement affectés par le lessivage de la saison humide, lessivage qui varie grandement d'une zone bioclimatique à une autre.

Les investigations engloberont l'examen de la mesure selon laquelle cette relation générale est modifiée localement par les différences dans la roche-mère du sol et par celles dans le drainage.

On prévoit que la durée de l'étude sera de neuf mois. Un pédologue principal, détaché au projet pendant toute la durée de celui-ci, assurera la coordination des activités et fera appel à la contribution d'un pédologue adjoint ainsi qu'à celle de consultants en climatologie et pédologie en ce qui concerne le recueil et l'interprétation des données locales dans les limites d'un cadre général à propos duquel l'accord s'est fait.

#### Coût de l'étude

		<u>Dollars U.S.</u>
Pédologue principal	9 mois à 8.000 dollars U.S./mois	72.000
Pédologue adjoint	6 mois à 6.000 dollars U.S./mois	36.000
Consultants	4 mois à 8.000 dollars U.S./mois	32.000

(suite)	<u>Dollars U.S.</u>
Services cartographiques et informatiques	5.000
Voyages	5.000
Edition de rapport et de cartes	3.000
Imprévis : 15%	<u>23.000</u>
<b>Total:</b>	<b>176.000</b>

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

OUAGADOUGOU

HAUTE-VOLTA

PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU

ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE

RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES

NUMERO DE L'ETUDE:

TP 02

TITRE DE L'ETUDE:

Relation entre le climat et l'érosion du sol  
dans les régions de savane

COÛT ESTIMATIF:

152.000 dollars U.S.

DATE DES RECOMMANDATIONS: septembre 1977

## Résumé sommaire du problème

Dans le but d'évaluer de façon réaliste les potentialités de production agricole ainsi que les démarches nécessaires à la concrétisation desdites potentialités dans les différentes zones bioclimatiques des régions de savane, il importe que des renseignements exhaustifs et à jour soient constitués à propos des propriétés physiques des sols et notamment à propos des risques d'érosion.

Bien que de nombreuses études valables aient été conduites sur l'érosion dans des stations expérimentales, en particulier par des spécialistes francophones à Sefa, au Sénégal, et à Adipodoume, en Côte-d'Ivoire, il n'en demeure pas moins que ces travaux sont très localisés et qu'une étude davantage systématique s'avère indispensable des facteurs de base responsables de l'érosion, de leurs incidences et de leur contrôle.

L'érosion se produit sous la forme généralisée d'érosion en nappe, dans laquelle les couches supérieures du sol sont enlevées progressivement, et également sous la forme de ravelines. S'il est vrai que cette dernière forme soit la plus spectaculaire, celle en nappe demeure toutefois le type la plus répandu, et elle est particulièrement dommageable vu que sa présence et ses effets ne sont pas immédiatement aussi frappants et évidents que l'érosion par ravelines. La productivité de plusieurs des secteurs les plus cultivés des régions de savane se trouve sérieusement réduite par l'enlèvement généralisé de la couche arable, ce qui s'avère tout spécialement préjudiciable là où une couche superficielle relativement fertile repose sur un sous-sol graveleux pauvre, comme c'est le cas de nombreux sols ferrugineux dans les régions de savane.

L'érosion est importante en raison (a) de la nature très érosive de la précipitation en Afrique Occidentale, précipitation qui se caractérise par de nombreux orages violents avec des intensités élevées de pluie, des gouttes de grande dimension et de hautes charges d'énergie cinétique, et (b) du fait que le sol cultivé annuellement se trouve d'ordinaire dénudé au début de la saison humide.

## Solution au problème

La présente étude, un corollaire logique de la recommandation au no. TP 01, vise à synthétiser les renseignements disponibles sur une base régionale à propos de l'érosion, par rapport au climat. Les travaux comprendront des investigations sur:

- l'érosivité du climat
- l'érodabilité des sols
- l'envergure de l'érosion à date et ses incidences sur la production agricole
- les mesures de redressement possibles et perspectives d'avenir de la conservation des sols

L'ampleur d'érosion physique à laquelle conduisent les risques d'érosion, tels que définis par l'érosivité du climat et l'érodabilité du sol, dépend tant de la pente et de la longueur des versants (ce qui est aisément quantifiable), que des pratiques agricoles et des mesures de lutte contre l'érosion adoptées par les agriculteurs concernés. Les mesures en question constituent évidemment les variables essentielles. L'indication du degré et du type de mesures nécessaires pour réduire l'érosion à des niveaux négligeables ou tout au moins acceptables peut être obtenue de l'étude des autres paramètres impliqués, ce qui permet d'aborder le problème de la lutte contre l'érosion d'une manière logique et scientifique plutôt que simplement empirique.

Les résultats fondamentaux de cette étude seront non seulement qu'ils déboucheront sur des recommandations, au niveau régional, portant sur des mesures de lutte contre l'érosion qui, pense-t-on, conviennent le mieux aux risques d'érosion local tels que définis par le climat, le sol et les pentes, mais également qu'ils fourniront une indication à propos des pertes estimées pour être encourues si les façons culturales actuelles ne sont pas convenablement modifiées pour assurer une meilleure protection. (On notera que les mesures recommandées ailleurs dans le monde pour la lutte contre l'érosion ne s'appliquent pas nécessairement aux

régions de savane, cela en raison des différences dans les pratiques agricoles et les intensités de précipitation.)

Coût de l'étude

		<u>Dollars U. S.</u>
Pédologue principal	6 mois à 8.000 dollars U. S./mois	48.000
Pédologue adjoint	6 mois à 6.000 dollars U. S./mois	36.000
Géomorphologiste	2 mois à 8.000 dollars U. S./mois	16.000
Climatologiste	1 mois à 8.000 dollars U. S./mois	8.000
Agronome	2 mois à 8.000 dollars U. S./mois	16.000
Dessinateur	2 mois à 500 dollars U. S./mois	1.000
Voyages		4.000
Edition de rapports et de cartes		3.000
Imprévus : 15%		<u>20.000</u>
	<b>Total:</b>	<b>152.000</b>

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE: TP 03**

**TITRE DE L'ETUDE: Cultures pluviales dans les régions de savane -  
leur adaptabilité et leurs rendements**

**COUT ESTIMATIF: 170.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: septembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

La saison humide dans la savane s'étend sur une période aussi longue que neuf mois dans les secteurs sud alors qu'elle ne dure qu'environ deux mois à la limite nord de culture correspondant à l'isohyète de 250 mm. Les changements dans la longueur de la saison sèche sont associés avec ceux dans la précipitation totale. Cette diversité de conditions climatiques au sein d'une même région exige de faire appel à une diversité de cultures et de variétés agricoles de manière à harmoniser de façon acceptable les spéculations entreprises aux régimes locaux d'humidité. Il est évident que l'adaptation scientifique des cultures au climat nécessite que soit faite une analyse du climat, préférablement en termes des limites de confiance, et qu'également soit obtenue une connaissance approfondie des exigences de climat et de sol des variétés agricoles spécifiques, particulièrement des besoins en eau aux différents paliers du cycle végétatif et des effets des variations dans la longueur de la journée et le rayonnement total net.

Dans le but d'augmenter la production agricole dans les régions de savane, il importe que l'on soit mieux renseigné tant au sujet du large éventail de facteurs climatiques impliqués, qu'à propos des potentialités des cultures et des stratégies possibles.

## Solution au problème

Le but de la présente étude consiste à obtenir:

- (a) une connaissance davantage systématique des besoins exacts de sol et de climat des variétés agricoles, également de leurs rendements potentiels sous des conditions optimum;
- (b) l'adaptation systématique de ces besoins ainsi définis aux ressources en sol et en climat de la savane, avec la sélection rationnelle des variantes de cultures et de méthodes de mise en valeur.

Les tâches au titre de ces principaux points seront entreprises en coordonnant essentiellement les contributions d'un certain nombre de consultants engagés dans la recherche des aspects bien définis de l'étude, vu que dans l'ensemble ces tâches portent sur trop de cultures et de surfaces pour être menées à bien par une seule personne dans un délai raisonnable. L'harmonisation des besoins des cultures aux conditions du climat sera surtout de la compétence d'un agroclimatologiste travaillant en collaboration avec des agronomes. Les besoins en sol des cultures en Afrique Occidentale ne sont pas d'ordinaire particulièrement étroits, mais ils peuvent être définis en termes généraux et l'indication spécifique de l'étendue des limitations du sol dans chaque zone climatique convenant autrement à la culture peut être donnée par un pédologue. La partie la plus difficile de l'étude concernera la quantité limitée de renseignements exacts portant sur les besoins climatiques des cultures spécifiques et sur ceux des variétés agricoles, et ici on aura besoin de la participation des agronomes et des experts en physiologie végétale.

#### Coût de l'étude

		<u>Dollars U. S.</u>
Directeur de projet-		
Agroclimatologiste	9 mois à 8.000 dollars U. S./mois	72.000
Consultants	8 mois à 8.000 dollars U. S./mois	64.000
Voyages		10.000
Edition de rapports		2.000
Imprévus : 15%		<u>22.000</u>
	Total:	170.000

**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES**

**OUAGADOUGOU**

**HAUTE-VOLTA**

**PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU**

**ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE**

**RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES**

**NUMERO DE L'ETUDE: TP 04**

**TITRE DE L'ETUDE: Cultures en irrigué dans les régions de savane -  
leur adaptabilité et leurs rendements**

**COUT ESTIMATIF: 170.000 dollars U.S.**

**DATE DES RECOMMANDATIONS: septembre 1977**

## Résumé sommaire du problème

Jusqu'à présent, l'agriculture sous irrigation n'est pratiquée que sur une échelle très limitée dans les régions de savane. Cependant, de vastes projets d'irrigation se trouvent actuellement à l'étude et ils seront exécutés dans le proche avenir. On possède relativement peu de données à propos des spéculations et variétés agricoles convenant le mieux à l'irrigation et aux conditions climatiques prévalant dans la savane pendant les saisons sèches.

L'évaluation des conditions climatiques saisonnières par rapport au cycle végétatif a fait l'objet des recommandations formulées pour l'étude CP 02. Le recueil et l'analyse des renseignements concernant tant les variétés agricoles adaptées aux climats de saison sèche avec mise en oeuvre de l'irrigation, que les rendements desdites variétés, constituent une démarche logique complémentaire à cette étude CP 02.

Le plus grand écart diurne de température associé avec la saison et les basses températures de nuit affectent le choix et la performance des spéculations agricoles à entreprendre. Les besoins en eau des cultures risquent de se révéler bien plus élevés que prévus si ces cultures ne sont pas entreprises sur des unités de surface d'assez grande dimension de manière à annuler les effets de fetch du vent, qui peuvent se faire sentir jusqu'à une distance de 60 à 75 mètres.

## Solution au problème

Comme dans le cas des recommandations pour l'étude TP 03, le but de la présente étude TP 04 consiste à (a) obtenir une connaissance davantage systématique des besoins ou tolérances exacts de sol et de climat des variétés agricoles, également des rendements potentiels de ces dernières lorsque les conditions en question sont satisfaites et que l'eau ne constitue pas un facteur limitant, et (b) établir l'harmonisation systématique de ces besoins aux conditions climatiques de la saison sèche dans la savane, cela tout en présumant la

disponibilité de l'eau pour l'irrigation.

Les tâches à accomplir et le genre de prestations à fournir par les experts-consultants seront comparables à ceux énumérés au titre de l'étude TP 03; il serait donc d'un certain intérêt de faire mener les deux études en même temps.

Coût de l'étude

		<u>Dollars U. S.</u>
Directeur de projet - Agroclimatologiste	9 mois à 8.000 dollars U.S./mois	72.000
Consultants	8 mois à 8.000 dollars U.S./mois	64.000
Voyages		10.000
Edition de rapports		2.000
Imprévus : 15%		<u>22.000</u>
	Total:	170.000

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

OUAGADOUGOU

HAUTE-VOLTA

PROJET D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU

ET DES TERRES DES REGIONS DE SAVANE

RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES

NUMERO DE L'ETUDE:

TP 05

TITRE DE L'ETUDE:

Potentialité de la production agricole  
dans les régions de savane

COUT ESTIMATIF:

174.000 dollars U.S.

DATE DES RECOMMANDATIONS: septembre 1977

## Résumé sommaire du problème

Comme mentionné dans l'introduction à cet ensemble de recommandations pour des études sur le climat, les sols et l'agriculture, il importe d'établir l'estimation de la production alimentaire potentielle sous agriculture pluviale afin d'arriver à une meilleure affectation de l'eau pour l'irrigation.

Le CIEH mène en ce moment une étude de l'utilisation de la terre et des niveaux de production des régions de savane. Les connaissances acquises à propos de ce qui peut être produit dans le domaine agricole dans chacune des zones bioclimatiques de la savane doivent faire l'objet d'une synthèse. Puis, une comparaison de la production agricole actuelle et potentielle peut être faite afin de montrer comment les paliers existants sont susceptibles d'être augmentés.

## Solution au problème

Le but de cette étude TP 05 est de déterminer pour chaque zone bioclimatique, et pour des secteurs définis au sein des zones, le niveau de production potentielle pratique des principales cultures vivrières. Cette production potentielle pratique peut s'entendre d'un niveau de production qui paraît capable d'être atteint en mettant en oeuvre des techniques connues et éprouvées. L'évaluation réaliste dudit niveau doit éviter de prendre en compte des hypothèses de caractère vague ou non prouvé. Les potentialités de production pratique varieront considérablement entre les zones bioclimatiques, et selon l'importance relative donnée, dans les options de mise en valeur, à la gestion agricole, sylvicole et pastorale.

La production potentielle pratique réfère à ce qui peut être obtenu à différents paliers réalistes de gestion, et non pas à des limites supérieures théoriques qui ignorent les contraintes réelles ou qui sont fondées sur des postulats qui n'ont pas été mis à l'épreuve. L'indication de la production potentielle pratique est donnée par ce que les meilleures variétés produisent avec une bonne gestion, et ce potentiel n'est pas statique mais tendra plutôt à augmenter au fur et à mesure de l'introduction de variétés et techniques nouvelles. On soulignera

que le calcul recommandé ici des potentialités pratiques ne suggère ou ne postule aucunement que les méthodes traditionnelles de culture puissent ou devraient être écartées en faveur d'autres procédés non encore vérifiés, mais ce calcul se propose de quantifier ce qui est faisable en termes des connaissances actuelles et de l'expérience éprouvée du moment.

L'étude, considère-t-on, continuera et mettra à contribution les résultats des sept recommandations précédentes de la présente série.

Au cours d'une phase supplémentaire de l'étude, on envisagera d'autres moyens d'accroître la production et de réduire les écarts entre les niveaux de production actuels et ceux potentiels, et on précisera les avantages relatifs de chacun des moyens en question.

Cette stratégie peut être recommandée comme une proposition pratique parce que, et dans la mesure où, on se trouve actuellement renseigné à propos du climat de base et des ressources en sols, ainsi qu'au sujet de la nature et de l'intensité de l'utilisation du moment de la terre dans les régions de savane. En conséquence, ladite stratégie met en oeuvre, et utilise comme fondement, les données présentées dans les trois autres volumes du présent rapport et la carte d'utilisation des terres, achevés en 1978 au titre du "Projet d'utilisation des ressources en eau et des terres des régions de savane".

L'étude TP 05 dont il s'agit ici exigera la participation des mêmes disciplines que celles mentionnées précédemment dans les recommandations pour des études.

#### Coût de l'étude

		<u>Dollars U.S.</u>
Directeur de projet-Agronome	9 mois à 8.000 dollars U.S./mois	72.000
Consultants en agroclimatologie, pédologie, agronomie, économie agricole, etc.	8 mois à 8.000 dollars U.S./mois	64.000
Voyages		10.000

(suite)

Dollars U.S.

Edition de rapports et de cartes

5.000

Imprévu : 15%

23.000

Total:

174.000

**ANNEXE**

## Liste des recommandations pour des études

Ci-dessous est donnée la liste de toutes les recommandations, pour des études à entreprendre, préparées durant l'établissement du rapport de synthèse sur les ressources des régions de savane. La description détaillée de chacune de ces recommandations se trouve disponible au CIEH pour consultation. Quant aux études marquées d'un astérisque, elles sont contenues dans le présent volume.

- \*HP 01 - Renseignements sur les débits des cours d'eau
- \*HP 02 - Renseignements sur la qualité de l'eau
  - Hydrologie des petits bassins versants
- \*HP 03 - Hydrologie des bassins versants de grande envergure
  - Intensité de la pluie de courte durée
  - Relation intensité-air de la précipitation
  - Etendue géographique d'une pluie donnée
- \*HP 04 - Emmagasinement nécessaire en vue d'obtenir différents volumes de débits régularisés
- \*HP 05 - Effet de l'aménagement pour l'irrigation en amont, sur le régime du fleuve Niger
- \*HP 06 - Réduction des pertes d'eau dans le delta intérieur du fleuve Niger
  - Tendances et persistance des phénomènes naturels
  - Absence de renseignements climatologiques et hydrologiques dans les pays anglophones<sup>#</sup>
  - Caractéristiques des mesures de l'eau de surface
- \*GP 01 - Etablissement de puits et de trous de forage, et installation de pompes en Afrique Occidentale
- \*GP 02 - Exploitation et entretien des puits, trous de forage et pompes en Afrique Occidentale
  - Alimentation artificielle des nappes souterraines
  - Applicabilité des modèles hydrogéologiques
- \*GP 03 - Réseau de puits d'observation
- \*GP 04 - Aménagement et gestion des réservoirs d'eau souterraine dans la savane

- Banque de données sur les nappes souterraines<sup>#</sup>
- Possibilité d'appliquer l'étude de la température du sol superficiel à la détermination de la situation des puits
- Analyse des fluctuations du niveau de l'eau souterraine
- Evaluation de la recharge naturelle des aquifères
- Essais de pompage dans le nord du Ghana
- \*WP 01 - Banque de données hydrauliques régionales à fins multiples du CIEH
- \*WP 02 - Plans directeurs type pour la mise en valeur des ressources hydrauliques
- \*WP 03 - Conservation des eaux dans les régions de savane
  - Epannage d'eau pour l'alimentation de la nappe phréatique dans les régions de savane
  - Collecteurs peu coûteux de la précipitation
  - Barrages souterrains
  - Utilisation de norias actionnées par des boeufs, pour la construction de petits barrages en terre et de terrasses
  - Captage de sources
- \*WP 04 - Evaluation des schémas hydro-agricoles exécutés récemment
  - Réseau transafricain d'alimentation en énergie électrique
  - Etablissement au CIEH d'une banque de données climatiques pour l'Afrique Occidentale<sup>#</sup>
- \*CP 01 - Variabilité climatique dans les régions de savane par rapport à l'agriculture
- \*CP 02 - Ressources climatiques de la saison sèche dans les régions de savane par rapport à l'agriculture en irrigué
- \*CP 03 - Régime de la précipitation à deux pointes dans la partie sud des régions de savane et son agriculture
- \*TP 01 - Relation entre le climat et la fertilité du sol dans les régions de savane
  - Réponse aux engrais dans les régions de savane par rapport aux sols, au climat et à la végétation

- Utilisation dans la savane de la roche phosphatée produite localement
- \*TP 02 - Relation entre le climat et l'érosion dans les régions de savane
  - Compte rendu et interprétation de l'étude des sols dans la savane
- \*TP 03 - Cultures pluviales dans les régions de savane - leur adaptabilité et leurs rendements
- \*TP 04 - Cultures en irrigué dans les régions de savane - leur adaptabilité et leurs rendements
  - Changement dans les méthodes de culture dans la savane par rapport aux sols et au climat
  - Gestion et amélioration des parcours par rapport aux sols et au climat
  - Possibilités de reboisement dans la savane par rapport aux sols et au climat
- \*TP 05 - Potentialité de la production agricole dans les régions de savane
  - Centre régional de télédétection pour l'Afrique Occidentale##
  - Lacunes dans les informations au niveau régional détenues au CIEH
  - Analyses agro-économique des secteurs d'échantillonnage

# Cf. Recommandation pour l'étude au no. WP 01, "Banque de données hydrauliques régionales à fins multiples du CIEH"

## Etude déjà soumise à l'USAID aux fins de financement et d'exécution