

**RAPPORT DE L'ETUDE  
DE PLAN DE BASE  
POUR  
LE PROJET D'EXPLOITATION  
DES EAUX SOUTERRAINES  
EN  
REPUBLIQUE DU MALI**

JUIN 1990

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

GRS

90-103



RAPPORT DE L'ETUDE  
DE PLAN DE BASE  
POUR  
LE PROJET D'EXPLOITATION  
DES EAUX SOUTERRAINES  
EN  
REPUBLIQUE DU MALI

JICA LIBRARY



1086487141

21793

JUIN 1990

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

国際協力事業団

21793

## AVANT-PROPOS

En réponse à la requête du Gouvernement de la République du Mali, le Gouvernement du Japon a décidé d'exécuter une étude du plan de base concernant le Projet de l'Exploitation des Eaux Souterraines au Mali, et l'a confiée à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

La JICA a envoyé au Mali, du 3 février au 4 mars 1990, une mission dirigée par Monsieur Takayuki NAKAYA, Division de la Coopération Financière Non-Remboursable, Bureau de la Coopération Economique du Ministère des Affaires Etrangères.

La mission a échangé ses vues avec les autorités concernées du Gouvernement du Mali, et effectué une étude sur le site. Dès le retour de cette mission au Japon, l'étude a été approfondie. Afin de discuter le contenu du rapport provisoire, une autre mission a été envoyée au Mali, et par la suite, le présent rapport a été rédigé.

Je souhaite que ce rapport contribue à la promotion du Projet et au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

Enfin, je voudrais exprimer mes remerciements sincères aux personnes concernées du Gouvernement de la République du Mali pour leur coopération aux missions.

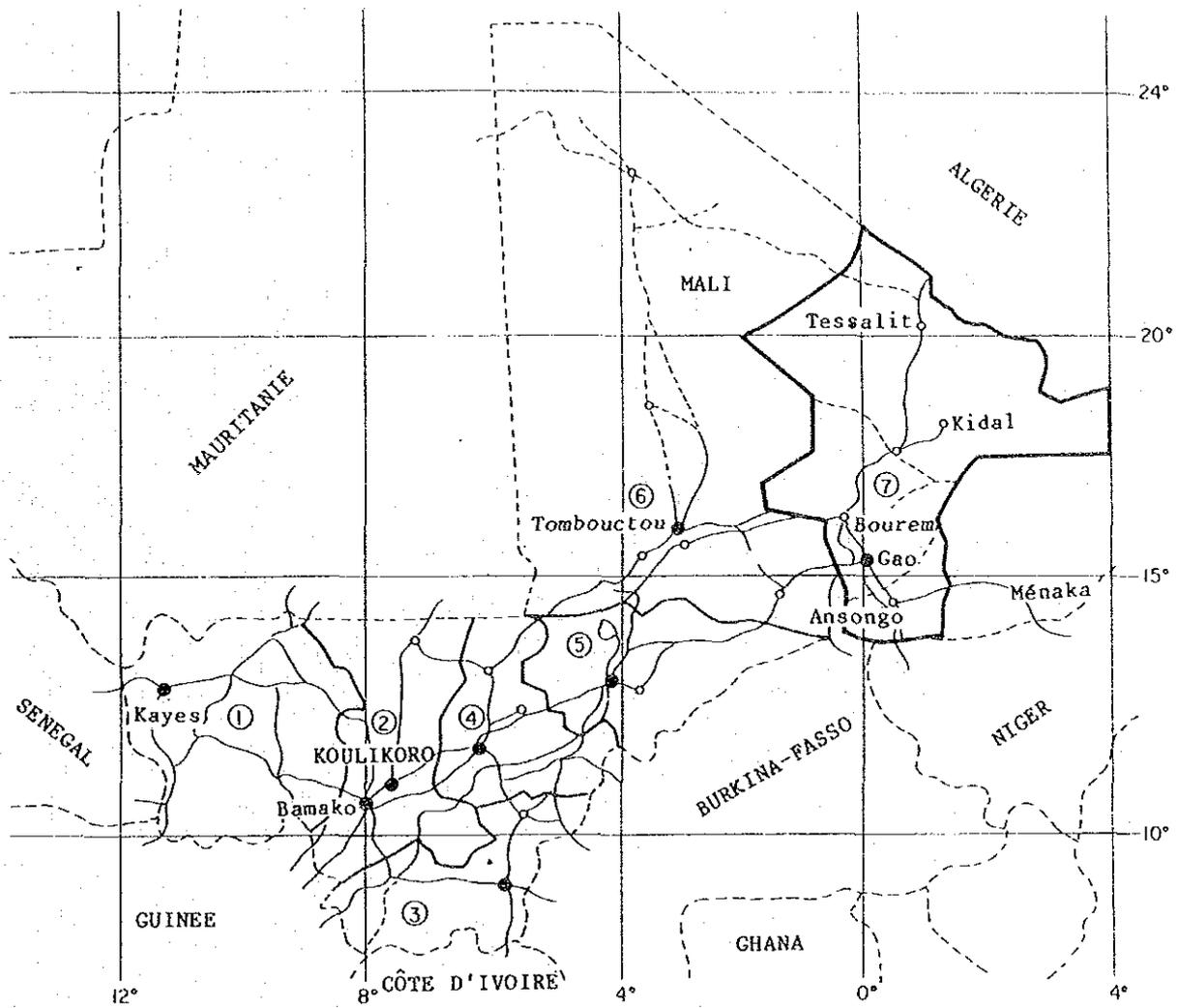
Juin, 1990



---

Kensuke Yanagiya  
Président  
Agence Japonaise de  
Coopération  
Internationale



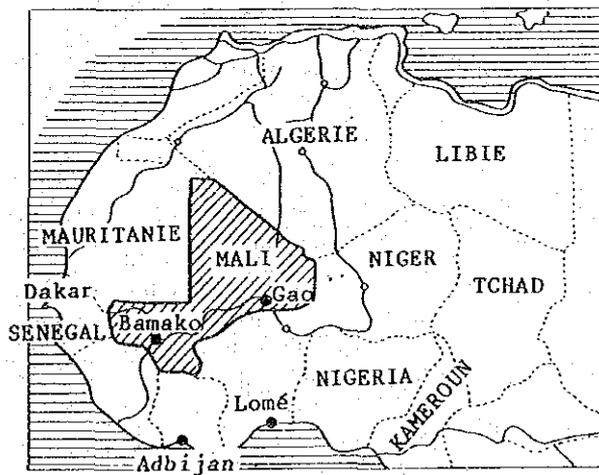


INDICATION

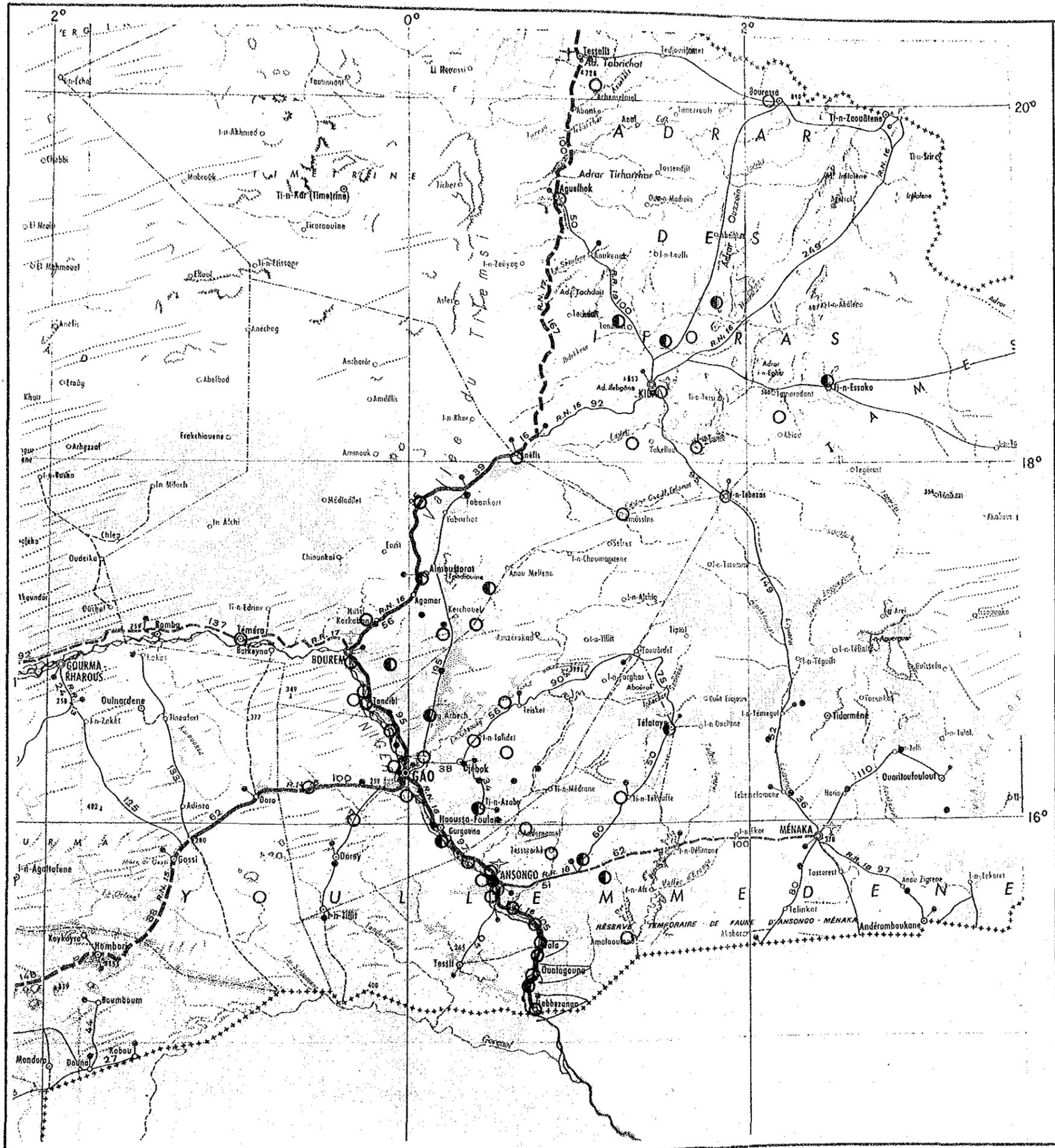
- 1 1<sup>e</sup> Région économique (KAYES)
- 2 2<sup>e</sup> Région économique (DOULIKORO)
- 3 3<sup>e</sup> Région économique (SIKASSO)
- 4 4<sup>e</sup> Région économique (SEGOU)
- 5 5<sup>e</sup> Région économique (MOPTI)
- 6 6<sup>e</sup> Région économique (TOMBOUCTOU)
- 7 7<sup>e</sup> Région économique (GAO)

DISTRICT DE BAMAKO

-  Limite de Région
-  Zone faisant l'objet du projet



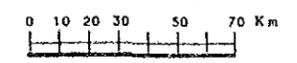
CARTE DE LA ZONE D'INTERVENTION



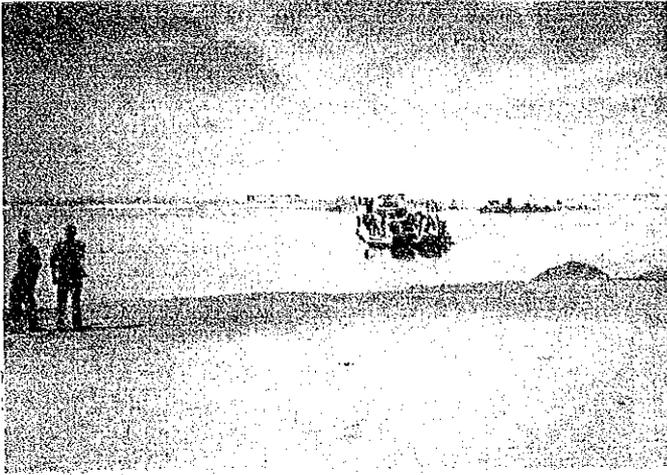
INDICATION

- +++++ LIMITE D'ETAT
- - - - - LIMITE DE CERCLE
- ROUTE PRINCIPALE
- ROUTE SECONDAIRE
- - - - - PISTES
- VILLE
- SITE PREVU DANS LE CADRE DU PRESENT PROJET
- POINT D'EAU A REHABILITER
- FORAGE EXISTANT

Echelle

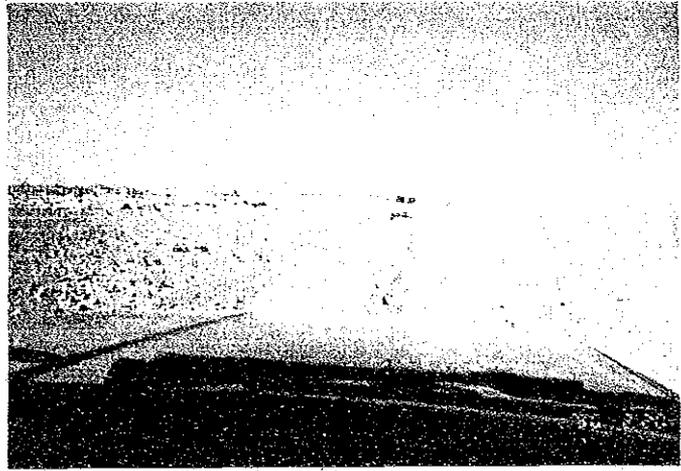






Bac du Niger

Piste en cercle de Kidal

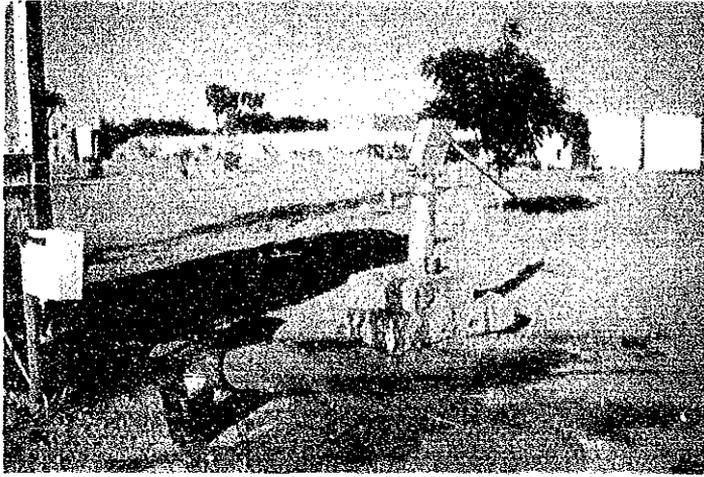


Exécution de la prospection  
électrique

Signatures du procès verbal

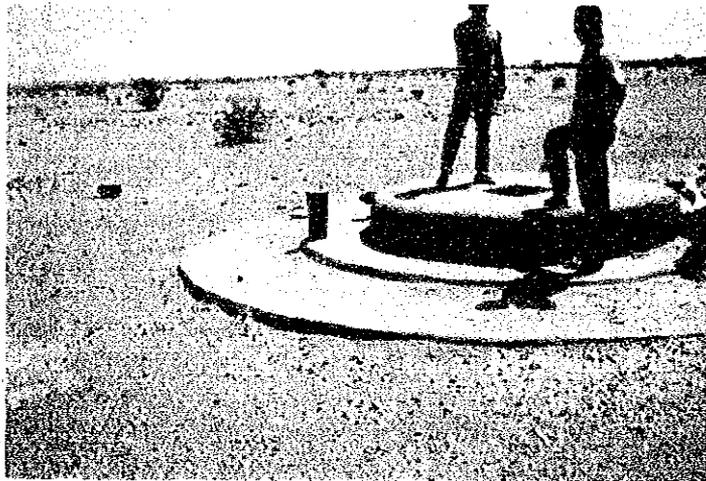
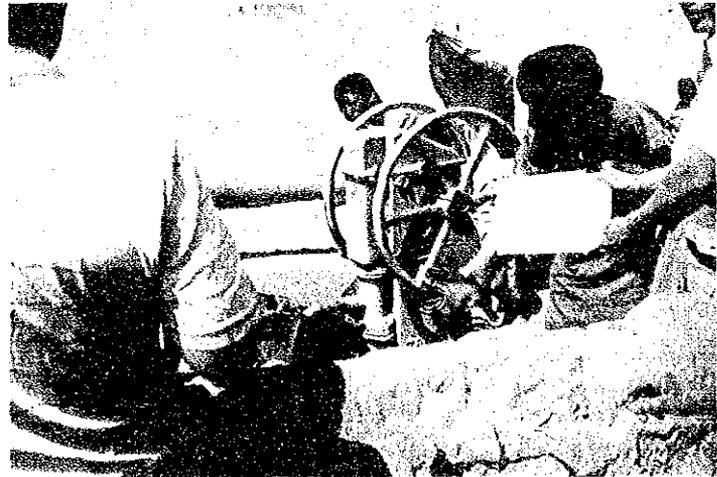






Forage équipé de la pompe  
"India"

Pompage manuel à la pompe  
"Duba" Manivelle lourde,  
débit faible.



Puits-citerne

Puisage à la pompe "Mono-lift"

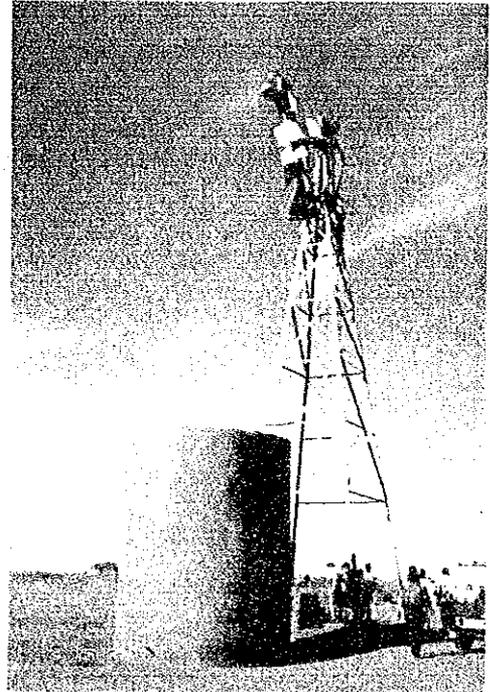






Puisage à traction d'animal;  
chameau ou âne pour le  
puisage de Puit-citerne

Une carcasse d'une installation  
pour le puisage eolienne de  
l'aide américaine



Travaux de réhabilitation de  
puits traditionnel (curage)  
La boue et le crottin  
s'accablent dans le puits.

Machine sondeuse fournie  
par la coopération japonaise.





## RESUME

La République du Mali (dénommée ci-après le Mali), enclavée au centre de l'Afrique de l'ouest, couvre un territoire de 1.240.000 Km<sup>2</sup> correspondant à 3, 2 fois la surface du Japon.

Il est entouré par 7 Etats à savoir l'Algérie au nord, le Niger à l'est, le Burkina-Fasso, la Côte d'Ivoire et la Guinée au sud, le Sénégal et la Mauritanie à l'ouest.

Dans ce territoire énorme, il y a peu de précipitations sauf dans les zones du sud. Sur deux-tiers du territoire constitués par des zones semi-désertiques, on a le problème de l'insuffisance perpétuelle de l'eau, excepté dans les zones le long du fleuve Niger et des rives du fleuve Sénégal.

De plus, la baisse de production agricole due aux sécheresses persistantes, le dépeuplement des villages, l'avancement de la désertification, font de la nécessité de trouver de ressources d'eau et de les mettre en valeur, un problème urgent.

Compte tenu de cette situation, le Gouvernement du Mali a fait des efforts pour satisfaire aux besoins en eau, c'est un des objectifs importants de la stratégie du Développement national dans le cadre du Plan quinquennal. Des campagnes pour l'autosuffisance alimentaire, la couverture du besoin en eau, la lutte contre la sécheresse et la désertification ont été lancées afin de sensibiliser la population.

Cependant, les objectifs du Plan ne sont pas atteints et seront difficiles à accomplir à cause de sécheresses fréquentes.

Le Gouvernement du Mali a attribué un budget de 22.293 millions Frs. CFA renforcé pour les projets concernant l'exploitation des eaux pour 3 ans, dans le cadre du programme triennal d'investissement (1990 - 1992). Il a présenté des requêtes d'aide économique auprès des organisations internationales et des pays avancés, car il lui est difficile d'accomplir un plan d'exploitation des eaux souterraines par ses seules ressources.

Compte tenu de la situation, le Gouvernement du Mali a présenté une requête auprès du Gouvernement du Japon pour une coopération financière non-remboursable dans le domaine de l'exploitation des eaux souterraines en 7ème Région économique.

La requête correspond à l'exécution de 50 forages d'eau, à la transformation des forages existants en P-C et à la construction d'installations simples d'alimentation en eau en 46 points. Ce projet serait la continuation d'un programme de forage et d'équipement d'exploitation des eaux souterraines qui avait été réalisé par le Japon au cours des années 1981, 1983 et 1985, dans le cadre de la coopération financière non-remboursable comme dans le cas du plan d'exploitation des eaux souterraines en 7ème Région économique. Ce programme avait été élaboré à la suite de l'étude de plan au cours des années de 1978 à 1981 en réponse de la requête du Gouvernement du Mali.

Dans la présente requête, le Gouvernement du Mali demande de réaliser le creusement de puits, la construction de structures de maintien des puits, tandis que dans le programme antérieur de coopération financière non-remboursable la réalisation de forages et leur équipement étaient demandés.

Le Gouvernement du Japon, en réponse à la présente requête, a décidé de mener une étude du plan de base du Projet et l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) a envoyé une mission d'étude au Mali pour estimer l'utilité et la faisabilité du Projet d'exploitation des eaux souterraines en 7ème Région et pour réviser des ouvrages réalisés dans le programme antérieur.

La mission a eu des discussions avec la partie malienne, a fait des enquêtes sur les sites, et a rassemblé des documents concernés, suite à l'échange de points de vue, aux travaux d'analyse et à la rédaction du présent avant-projet du rapport définitif. La mission a rédigé un rapport définitif dès son retour au Japon.

A la suite des enquêtes sur le terrain et des entretiens avec la partie malienne, la conception de base du Projet est définie comme suit:

Le présent Projet, facteur du développement social, a une importance et une urgence particulières et s'inscrit parfaitement dans les objectifs d'Etat, puisqu'il contribuera à la réduction des activités non-productives de puisage, à l'amélioration sanitaire de la vie, à la sédentarisation des villageois, à l'aménagement et à la stabilisation de la vie des agriculteurs et à la diminution considérable des cas de maladies d'origine hydrique. Le projet apporte une solution à la crise et à l'insuffisance d'eau en saison sèche et au cours des sécheresses, en assurant un approvisionnement stable en eau potable de ressources d'eau souterraine propre.

L'exploitation des eaux souterraines en zones d'intervention se fait dans les nappes d'eau phréatiques et artésiennes se trouvant en Formations quaternaire et Continental Terminal répandues largement dans le bassin OULLIMENDEN; dans le cercle de Kidal et la partie sud du cercle d'Ansongo dans lesquels ont répendu les formation précambrienne l'eau phréatique ou artésienne se trouvent dans des nappes limitées aux zones de fracturation de la roche de soubassement ou dans les couches alluviales superficielles (sédimentaires). Leur exploitation dans le socle précambrien pose des problèmes différents.

Des nappes existent en aquifères à une profondeur d'environ 100 m. Elles donnent un taux élevé de réussite de captage et la première nappe fournit une quantité suffisante d'eau et d'une bonne qualité.

A la suite des entretiens avec la partie malienne les zones d'intervention pour ce projet ont été réparties en 4 cercles choisis parmi les 5 cercles de la 7ème Region. Le nombre prévu de puits à construire, dont les détails se trouvent au Tableau suivant, est: Cercle de Kidal 15, Cercle de Bourem 13, Cercle de Gao 11, Cercle d'Ansongo 20, soit 59 au total.

Tableau Nombre d'Ouvrages et leur Répartition

Rubrique Nom du Cercle	Nombre proposé par la D.N.H.E. (P-C)	Zone de plaine alluviale (sédimentaire) et autres	Superposé aux points de forages existants	Nombre d'ouvrages à construire (P-C)	Réhabilitation d'installations existantes	Total
Kidal	15 *1	2	2	11	4	15
Bourem	13	3	2	8	5	13
Gao	13	3	5	5	7	12
Ansongo	14	-	3	11	8	19
Menaka	6	6				
Total	61	14	12	35	24	59

\* 1. Y compris 7 puits demandés en cercle de Kidal.

Le type de puits à construire est le puit-citerne qui est une combinaison d'un forage de 150 mm de diamètre à profondeur moyenne de 92,2 m, et d'un puits en béton armé de 1,80 m de diamètre à profondeur moyenne de 34,6 m, construit par fonçage manuel.

On a choisi le puisage par la force humaine comme méthode de remontée d'eau, en considérant les multiples utilisations possibles, plutôt que le pompage par pompe manuelle qui nécessiterait des réparations.

Après examen du plan d'exploitation des eaux souterraines d'après les renseignements d'enquêtes sur le terrain, on a déterminé les aspects fondamentaux du Projet dans le cadre de la coopération comme suit:

(1) Nombre requis de puits à construire

59 points d'eau en forme de P-C qui seront réalisés au cours du présent projet sont constitués par 46 points dans lesquels on construira les P-C et par 13 points dont les forages existants seront réhabilités.

A la suite de ces travaux dans le cadre du projet, le nombre total de points d'eau par P-C dans la 7ème Région sera de 263 et on prévoit une amélioration du taux de couverture d'A.E.P à 32% tandis que celui-ci est actuellement de 26%.

(2) Le forage

Les Sondeuses de Top 200, Top 300 fournies, seront disponibles au cours du Projet, mais nécessiteront certaines réparations.

Compte tenu de la profondeur moyenne de 46 forage à 92,2 m, de la profondeur totale à 4.240 m, 2 sondeuses seront affectées au Projet.

(3) Construction de puits

La profondeur moyenne par puits est de 34,6 m.

On prévoit l'utilisation totale des équipes et des équipements possédés par la D.N.O.P.

Le temps requis pour les ouvrages de construction de puits est défini à 16 mois avec les 7 équipes en fonctionnement en régime de croisière.

Pour le déroulement sans à-coup du projet, la fourniture des équipements suivants sera requise, ainsi que les ouvrages de construction de puits dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du Japon:

- (1) Pièces de rechanges (détachées) pour les sondeuses et leurs équipements.
- (2) Pièces de rechanges (détachées) pour le compresseur XR350.
- (3) Appareils de RAC

Pour les bases et les véhicules

L'organisme d'exécution du projet est la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE) qui est chargée de l'exploitation des eaux souterraines au Mali.

La DNHE a déjà été associée à un projet de coopération économique du Japon. Elle a une bonne compréhension et une connaissance des procédures du système de la coopération financière non-remboursable du Japon et dispose des compétences requises pour l'accomplissement des tâches du Projet.

La Direction Nationale d'Opération-Puits (DNOP), fondée le 15 août 1974, exécutera les travaux de gestion de la de construction des puits, elle dépend du Ministère de l'Industrie, de l'Hydraulique et de l'Energie.

La DNOP possède une organisation répartie sur tout le Mali, un personnel expérimenté, de l'expérience, des équipements, des bases de réparation et des entrepôts de magasinage. Cet organisme a un excellent niveau technique et une grande expérience dans la construction de puits.

La gestion après le Projet se divise de la mani suivante:

Les puits-citernes dont la structure ne demande aucun entretien ne nécessiteront pas de gestion particulière.

Les directions régionales de la DNOP possédant un garage d'entretien, des entrepôts de magasinage et un système consolidé de gestion des secteurs spécialisés assureront la réparation des machines et des véhicules ainsi que le stockage et le contrôle des équipements, des pièces de rechanges et autres matériels.

L'approvisionnement en eau propre (potable) étant essentielle aux êtres humains, ce problème important est de caractère public.

Le Gouvernement du Mali se heurte à des difficultés pour résoudre le problème de l'insuffisance perpétuelle d'eau en saison sèche et de nombreuses maladies hydriques dues à la boisson d'eaux insalubres, ainsi l'avancement de projets d'exploitation des eaux souterraines est une tâche urgente et importante.

Le présent projet est la réalisation d'une partie du Plan annuel qui se trouve dans l'axe prioritaire du Plan Quinquennal. L'exécution de ce Plan est retardée à cause de la situation financière du Mali, malgré les efforts du Gouvernement du Mali.

En tenant compte de la situation décrite, la coopération économique du Japon dans le cadre du présent Projet peut apporter aux villageois une libération des travaux (activités) non-productifs, l'assurance d'eau potable hygiénique, la prévention contre le dépeuplement des villages, le développement de l'élevage.

Le Projet ferait progresser le plan étatique d'exploitation des eaux souterraines. La réalisation de tels objectifs aura un impact très important au point de vue humanitaire et sur le développement social et économique. Cela justifie pleinement un tel projet, conforme à l'esprit de la coopération japonaise, dans le cadre de la coopération financière non-remboursable.



## TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	
CARTE DE LA ZONE D'INTERVENTION	
PHOTOS	
RÉSUMÉ	
CHAPITRE 1 INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 2 PROJET .....	3
2-1 Aperçu Général du Mali .....	3
2-1-1 Situation Générale .....	3
2-1-2 Le Climat .....	5
2-1-3 Relief et Géologie .....	11
2-2 Aperçu de la Situation Générale du Secteur Hydraulique .....	19
2-2-1 Etat Actuel de l'Alimentation en eau potable et du Plan d'Exploitation .....	19
2-2-2 L'Organisme de l'Administration Hydraulique et sa Situation Actuelle .....	21
2-3 Aperçu des Objectifs Gouvernementaux concernant le présent Projet .....	25
2-3-1 Le Plan Quinquennal/Situation du Plan d'Exploitation des eaux souterraines .....	25
2-3-2 Les Projets Hydrauliques .....	26
2-4 Historique et Contenu de la Requête présentée par le Mali ..	31
2-4-1 Contenu de la Première Requête .....	31
2-4-2 Résultats des Enquêtes sur Place .....	37
2-4-3 Discussions et Echange de Points de Vue .....	39
CHAPITRE 3 APERÇU DES ZONES D'INTERVENTION DU PROJET .....	41
3-1 Localisation et Conditions économiques et sociales des Zones d'Intervention .....	41
3-2 Conditions Naturelles .....	42
3-2-1 Climat .....	42

3-2-2	Relief et Géologie .....	44
3-2-3	Conditions Hydrogéologiques .....	46
3-2-4	Qualité de l'Eau .....	57
3-3	Conditions Infrastructurales .....	60
CHAPITRE 4 CONTENU DU PROJET .....		63
4-1	But du Projet .....	63
4-2	Examen du Contenu de la Requête .....	65
4-2-1	Justification du Projet .....	65
4-2-2	Plan d'Exécution et de Gestion du Projet .....	68
4-2-3	Coordination des Projets Concernés, leur Répartition et leur Interférence .....	68
4-2-4	Facteurs constituant le Projet .....	69
4-2-5	Installations et Equipements demandés dans la Requête .....	69
4-2-6	Examen de la Nécessité de Transfert de la Maîtrise de la Technologie .....	70
4-2-7	Orientation Principale de l'Exécution du Projet .....	70
4-3	Aperçu du Projet .....	70
4-3-1	Organisme chargé de l'Exécution, Organisation de la Gestion .....	70
4-3-2	Plan des Ouvrages du Projet .....	70
4-3-3	Aperçu des Installations et des Equipements .....	76
4-3-4	Gestion et Entretien .....	86
CHAPITRE 5 PLAN DE BASE .....		87
5-1	Directives du Plan de Base .....	87
5-2	Examen des Spécifications des Plans des Ouvrage .....	90
5-3	Plans de Base .....	91
5-3-1	Types de Puits .....	91
5-3-2	Equipements du Projet .....	107
5-3-3	Spécification des Equipements Principaux .....	110

5-3-4	La Liste des Équipements du Projet .....	113
5-4	Exécution des Travaux .....	117
5-4-1	Directives d'Exécution des Travaux .....	117
5-4-2	Conception et Contrôle des Ouvrages du Projet .....	119
5-4-3	Fourniture des Equipements et des Ouvrages de Construction de Puits .....	120
5-4-4	Personnel pour les Travaux .....	121
5-4-5	Calendrier des Travaux .....	122
5-4-6	Partage des Tâches .....	130
CHAPITRE 6 EVALUATION DU PROJET ET CONCLUSIONS .....		133
6-1	Evaluations du Projet .....	133
6-2	Conclusions et Recommandations .....	135

#### ANNEXES

1. Mission de l'étude du Plan de base du Projet
  - Liste des membres de la mission
  - Programme de la mission
  - Liste des personnes visitées
  - Procès-Verbal de la discussion
2. Mission de l'étude du rapport définitif du Plan de base
  - Liste des membres de la mission
  - Programme de la mission
  - Liste des personnes visitées
  - Procès-verbal de la discussion
3. Liste des documents recueillis
4. Cartes, Figures et Tableau
5. Sites de la prospection électrique et leurs résultats



BAD	Banque Africaine de Développement
BID	Banque Islamique de Développement
BOAD	Banque Ouest Africaine de Développement
BRGM	Bureau des Recherches Géologique et des Minierès
CFA	Communauté Financière Africaine
CCCE	Caisse Centrale de Coopération Economique
MDHE	Ministère de l'Industrie de l'Hydraulique et de l'Energie
DNHE	Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie
DNOP	Direction Nationale de l'Operation-Puits
DIEPA	Decennie Internatinale de l'Eau Potable et de l'Assainissement
FAC	Fonds d'Aide et de Coopération
FAD	Fonds Africain de Développement
FED	Fonds Europeen de Développement
FENU	Fonds de l'Equipement des Nations-Unies
FIDA	Fonds International pour le Développement
JICA	Japan International Cooperation Agency
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PNUD	Programme des Nations-Unies pour le Développent
USAID	United States Agency for International Development
FS	Francs Suisse
US\$	Dollars US
FCFA	Francs CFA
CAN\$	Dollars Canadien
PVC	Chlorure de Poly-Vinyle
FRP	Fibre (Verre) de Plastique Renforce
P/S	Etude Preriminare
E/N	Echange de Notes

## Unités en Abreviation

Unite	
ℓ/day	Debit par Jour en Litre
ℓ/min	Debit par Minute en Litre
m <sup>3</sup> /sec	Debit par Seconde en m <sup>3</sup>
m <sup>3</sup> /hr	Debit par Heure en m <sup>3</sup>
m <sup>3</sup> /day	Debit par Jour en m <sup>3</sup>
m <sup>3</sup> /ann	Debit Annuel en m <sup>3</sup>
μs/cm	Unité de Conductivité Electrique
EC	Conductivité Electrique
EL	Altitude
DWL	Niveau Dynamique D'eau
SWL	Niveau Statique D'eau
φ	Diamètre de Tuyaux
pH	Concentration en Ion D'hydrogène

## CHAPITRE 1. INTRODUCTION

La coopération économique japonaise a effectué au cours de la période 1978 à 1981 un projet d'étude de faisabilité du Développement qui a été suivi par le don d'équipements d'exploitation des eaux souterraines composés principalement d'équipements de forage et des ouvrages de forage réalisés au cours des campagnes de 1981, 1983 et de 1985 dans le cadre de la coopération financière non-remboursable à la suite des résultats dudit projet d'étude. La poursuite du plan d'exploitation des eaux souterraines après ces campagnes aurait dû être réalisée par les propres ressources du Mali.

Vu le retard des programmes suivants à cause de la situation financière, le gouvernement malien a décidé de rechercher des aides extérieures et a présenté à propos de la 7ème Région une requête de coopération financière non-remboursable au Japon qui en a d'expérience.

Le gouvernement japonais a décidé de mener une étude du plan de base du Projet à la suite de l'examen de la requête du Mali.

La JICA (Agence Japonaise de Coopération Internationale) a envoyé une mission d'étude du plan de base dirigée par Monsieur Takayuki NAKAYA, bureau de la coopération financière non-remboursable, division de la coopération économique du Ministère des Affaires Etrangères qui a séjourné au Mali du 3 février au 4 mars 1990, en vue de l'exécution du Projet par le gouvernement japonais.

La mission a procédé à des discussions et à des échanges de vues concernant la requête ainsi qu'à des enquêtes sur place afin déterminer la situation d'approvisionnement en eau et la construction de puits en zones d'intervention, au recueil des documents et données.

A la suite des discussions avec les membres de la partie malienne, la mission a rédigé un procès-verbal en ce qui concerne les points fondamentaux. Les représentants de la partie malienne et japonaise ont signé et approuvé le procès-verbal à la DNHE annexée au présent projet le 13 février 1990.

Le procès-verbal, le programme de la mission, la liste des membres de la mission, la liste des personnes visitées, les documents généraux et la liste des documents recueillis sont annexés à la fin du rapport.

La mission a élaboré ce rapport d'étude du plan de base à la suite d'examen de faisabilité et de justification du Projet, ainsi que la définition du système de gestion, le calcul des coûts estimatifs, le planning des ouvrages, la conception de base du plan de construction de puits et la sélection d'équipements adoptés selon l'examen comparatif après des études dès son retour au Japon.

## CHAPITRE 2. PROJET

### 2-1 Aperçu Général du Mali

#### 2-1-1 Situation générale

La République du Mali, un pays enclavé ayant une superficie de 1.240.000 Km<sup>2</sup> qui correspond à 3,2 fois celle du Japon, est au Sud du désert SAHARA, entouré par 7 états, c'est-à-dire la Mauritanie et l'Algérie au nord, le Niger à l'est, le Sénégal à l'ouest, le Burkina-Fasso, la Côte d'Ivoire et la Guinée au sud.

Le Mali a déclaré son indépendance le 22 septembre 1960, suivie par l'administration militaire de Mousa Traoré après le coup d'état du 19 novembre 1968.

En 1979, le 19 juin, un référendum a eu lieu, et un régime constitutionnel sous la présidence de Moussa TRAORÉ a été établi.

La capitale est Bamako, qui se situe au centre de la partie ouest du territoire.

Il y a 8 circonscriptions administratives principales, à savoir les 7 Régions économiques et le District de Bamako dont l'emplacement est montré sur la Figure des régions et de leur chef-lieux.

L'organigramme du gouvernement est montré sur la Figure en annexe.

L'administration chargée de l'hydraulique et des ressources en eau est la Direction Nationale de l'hydraulique et de l'énergie relevant du Ministère de l'Industrie, de l'Hydraulique et de l'Energie.

La base de l'économie malienne est constituée par l'agriculture, produisant du coton brut et tissé, des arachides, du mil, du sorgo et du riz, et par l'élevage.

La production agricole et pastorale représente 56% du P.I.B, plus de la moitié de la population active et la plupart des recettes d'exportation

dépendent de ces deux secteurs (le coton brut et tissé et le bétail représentent 70% de l'exportation).

Ces deux secteurs ont subi une détérioration sérieuse pendant les sécheresses de ces dernières années.

Le taux réel de développement de 5,9 % en 1982 a été suivie par -4,1% en 1983 et -0,1% en 1984, ce qui signifie un développement moindres pendant deux ans consécutifs.

Même en 1985, où la production agricole s'est rétablie, le taux de développement a été de 1,1%, ce qui montre un rétablissement lent de l'économie.

Au Mali en 1976 un premier recensement a eu lieu, suivi par un deuxième de l'année 1987.

La population totale en 1987 (documents annexés) était de 7.620.000 dont 1.550.000 (20,3%) de residents urbains en considérant les agglomérations de plus de 5.000 habitants et les chefs-lieux de cercle comme les villes.

Le district de Bamako compte 650.000 habitants à lui seul. Cela correspond à 41,8% de la population urbaine totale.

Selon le recensement, la population sédentaire rurale est est de 5.621.000, soit 73,7% de la population totale et les nomades sont de 450.000.

La plupart de la population rurale est concentrée dans les zones du Sud ou le long de fleuve Niger et des Oueds qui ont une pluviométrie de plus de 350 mm. par an.

Le taux d'accroissement de la population totale du Mali est de 1,7% en moyenne, 4,19% pour le district de Bamako, 2,28% dans la région de Koulikoro voisine, tandis qu'il est de -0,77% dans la Région de Tombouctou, et de 0,33% dans la région de Gao qui font l'objet du Projet et montrent un accroissement négatif ou lent de la population.

Les données concernant la situation générale du Mali sont citées dans les documents en annexe.

## 2-1-2 Le climat

Au Mali, il y a peu de précipitations excepté dans une région du sud. Les tiers du territoire sont couverts par une zone désertique ou semi-désertique.

Le Mali est un des pays les plus chauds au monde. On peut le diviser en quatre régions selon les conditions des précipitations; à savoir la région nord au climat désertique, la région sud au climat tropical et les deux régions intermédiaires entre les deux régions nord et sud. La 7ème région économique est située en zone de climat désertique ou de Sahel.

(Voir Figures 2-1, 2-2, 2-3.)

### (1) Le climat désertique Saharien

On y observe des précipitations de 0 - 200 mm. par an, et la culture y est irréalisable, comme à Tombouctou et à Tessalit.

### (2) Le climat sahélien

On y observe des précipitations de 200 - 700 mm., et la culture y est possible pendant trois ou quatre mois par an, comme à Mopti et à Gao.

### (3) Le climat soudanien nord

Bien qu'il soit possible de cultiver, les précipitations de 700 - 1300 mm. par an, les conditions climatiques sont sévères, comme à Bamako et à Segou.

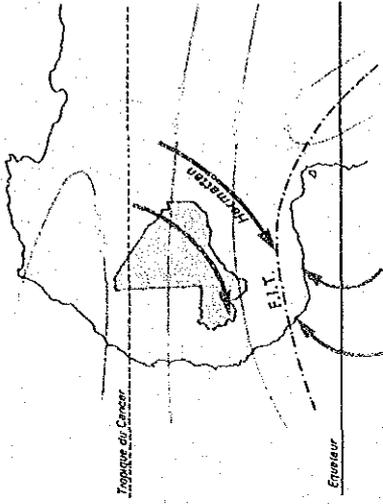
### (4) Le climat soudanien sud

Cette région, la plus au sud, occupe environs 6% du pays et se situe entre 11 - 12 degrés de latitude nord. On y observe des précipitations de plus de 1300 mm. par an. Les conditions climatiques sont les plus favorables du pays, comme à Sikaso.

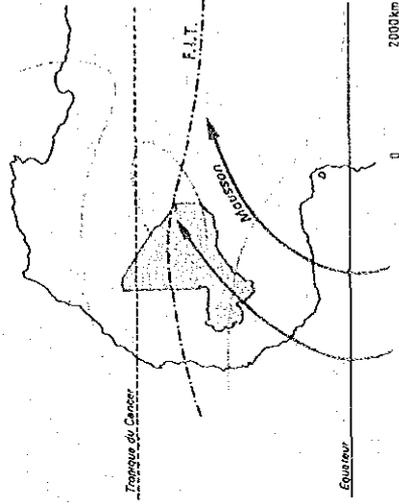


Position des masses d'air

SITUATION EN JANVIER-FÉVRIER



SITUATION EN JUILLET-AOÛT



Régions climatiques

-  Zone sud-soudanienne
-  Zone nord-soudanienne
-  Zone sahélienne
-  Zone sud-saharienne
-  Delta intérieur

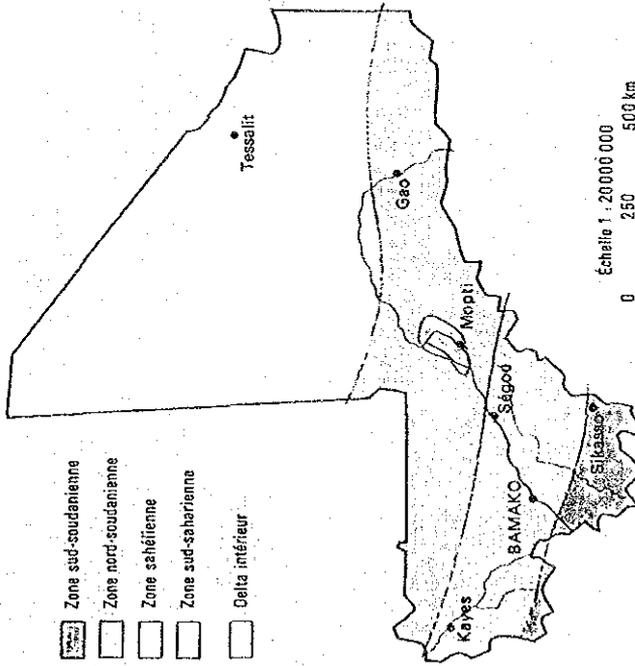


Fig. 2-1 DARTES DES REGIONS CLIMATIQUES DU MALI

(Réf: Atlas du Mali)

Fig. 2-2 POSITION DES MASSES D'AIR SELON LES SAISONS

(Réf: Atlas du Mali)



**Précipitations, températures et évapotranspiration**

--- 600 Isohyète en mm  
 --- 2700 Évapotranspiration en mm

..... Température moyenne de Janvier  
 ..... Température moyenne de mai

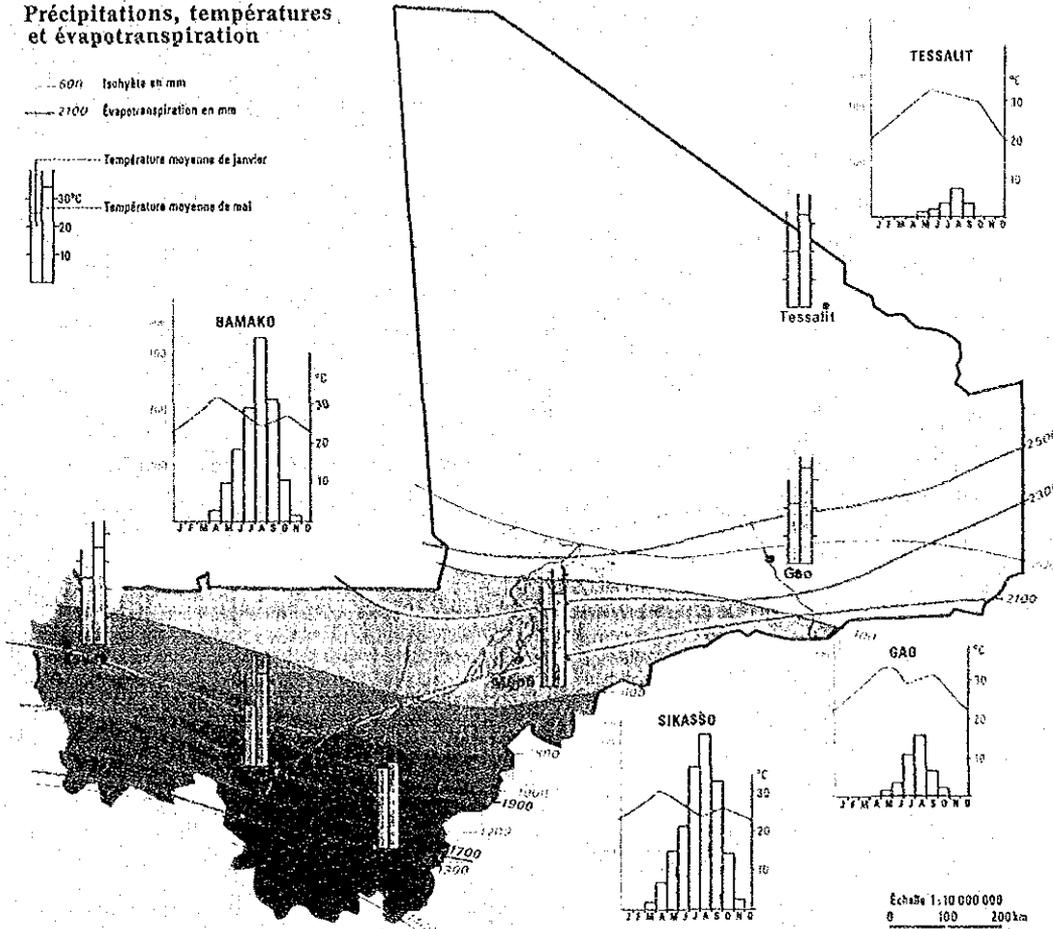


Fig. 2-3 CARTE DE PRECIPITATION, TEMPERATURE ET EVAPOTRANSPIRATION

(Réf: Atlas du Mali)



### 2-1-3 Relief et Géologie

L'aperçu topographique se caractérise par les zones suivantes qui ont un relief ayant une inclinaison dans la direction Nord-Sud. (Voir Fig. 2-4)

- 1 Zones des massifs ..... Adrar des Iforhas, Massif de Timetrine.
- 2 Zones inclinées  
d'érosion ..... la pente périphérique des massifs.
- 3 Zones des plaines ..... Oueds, plaines, déserts.
- 4 Zones du Fleuve Niger .... Plaines basses alluviales le long du Fleuve.

Massifs: Cette zone s'étend entre 2 et 4 degrés de longitude est et entre 15 et 22 degrés de latitude nord à partir d'un plateau de 250 mètres d'hauteur situé à l'est du fleuve Niger qui coule de l'ouest au sud-est dans la partie sud de cette zone. Au nord de ce plateau les massifs d'Adrar des Iforhas (point culminant 890 m) et à l'ouest les massifs de Timetrine dominent respectivement.

Fleuve: Le fleuve Niger ayant 405 Km de longueur dans la zone d'intervention n'a aucun courant toute l'année.

Ces affluents sont les oueds qui coulent seulement en saison des pluies en amassant les précipitations en plaines intérieures.

On peut également trouver des réservoirs naturels d'eau de pluie et des mares plus importantes ayant une capacité de stockage d'eau à long terme. Ils peuvent servir temporairement pour alimenter en eau les populations et les bestiaux.

Ces cours d'eau saisonniers et les réservoirs naturels ne retiennent pas les eaux assez longtemps. Une certaine partie de la pluie s'infiltrant en terre constitue la nappe libre qui fait l'objet de puisards dont la durée et l'utilisation est très limitées.

Le fleuve Niger ayant sa source en Massif en Guinée est un des plus longs fleuves du monde; d'une longueur de 4.200 Km jusqu'au golfe de Guinée, il draine un bassin de 1.500 Km<sup>2</sup> au Mali, Niger, et Nigéria.



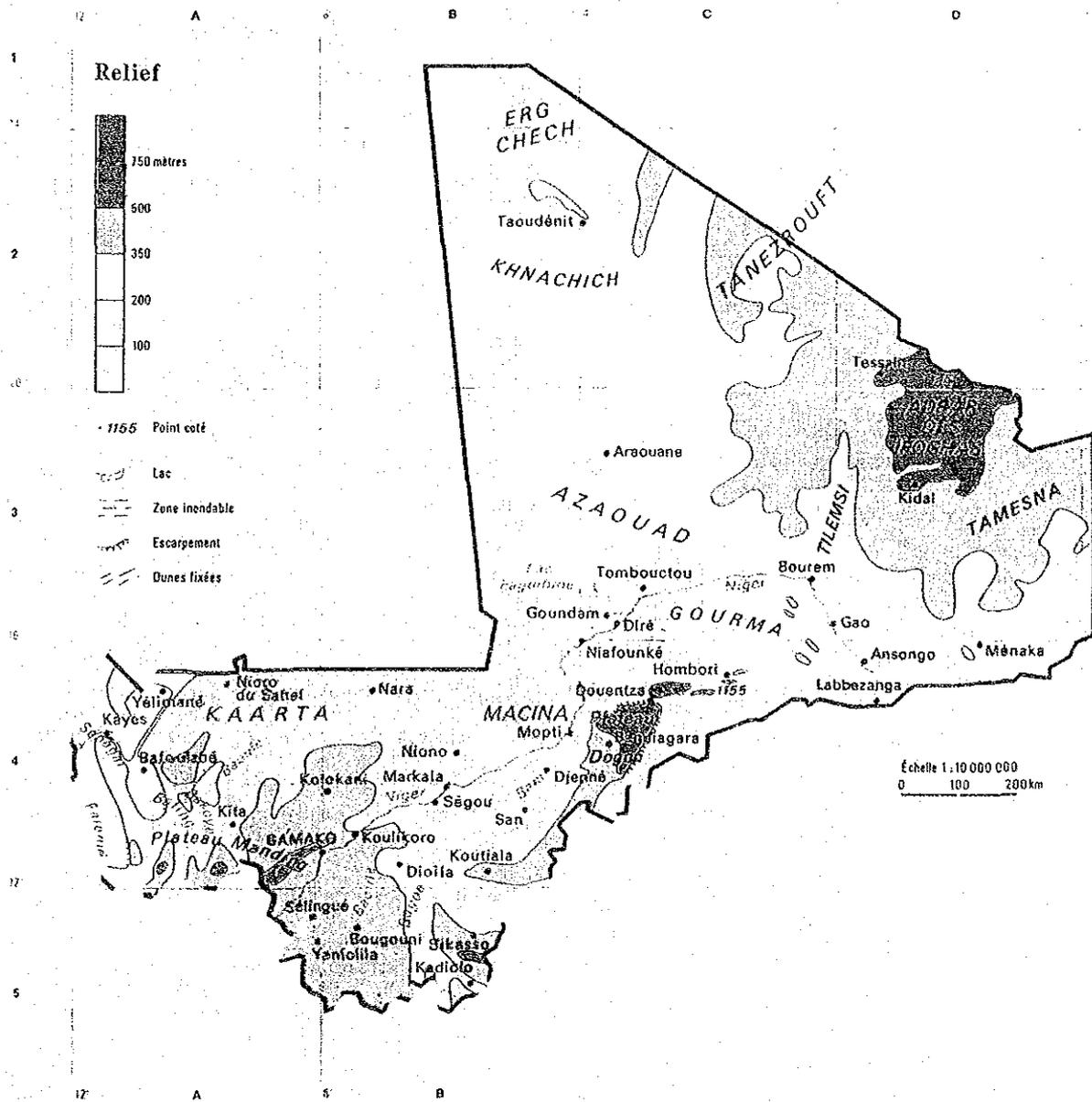


Fig. 2-4 Relief du Mali

(Ref.: Atlas du Mali)



Le longeur du fleuve Niger du Mali atteint 1.700 Km, dont les 450 Km entre Mopti et Tombouctou ont plus de 200 Km de largeur et constitue un delta intérieur sous une forme d'immense plaine alluviale de 80.000 Km<sup>2</sup>. La saison des eaux hautes à Gao, qui est le chef-lieu et le centre de la région d'intervention, s'étale du mois d'août au mois de mars de l'année suivante.

En saison des eaux hautes, la largeur du cours d'eau entre Gao et Ansongo atteint 5 - 10 Km. En saison d'étiage, en revanche, le lit exposé (affleuré) permet la traversée à pied d'une rive à l'autre.

La géologie du territoire du Mali montrée à la figure 2 - 5 est constituée par des formations précambriennes au nord-est, au sud et à l'ouest, et des formations post-paléozoïques dans les massifs centraux et au nord.

Les formations post-paléozoïques sont composées de roches sédimentaires quaternaires le long du fleuve et au nord de la 6ème région.

Elles sont entourées par des formations de Tertiaire, de Crétacé ou de Charbon où des systèmes d'Ordevus sont intercalés.

En 7ème région économique, les soubassements de l'Adrar des Iforhas et du Massif de Gourma sont couverts de continental intercalaire, crétacé supérieur, tertiaire, continental terminal et Quaternaire.

La couche de continental intercalaire a une branche au Mali qui constitue la partie est de l'Adrar des Iforhas, c'est à alcré le massif de Tamésna.

Le faciès de roches de cette couche est composé de grès d'arkose et de roches de boue ayant généralement une puissance de 50 à 100 m.

La couche de crétacé supérieur recouvrant une grande partie autour de l'Adrar des Iforhas est composée de grès de dépôt marin, de roches de boue et du calcaire blanc.

Le continental terminal, un terrain constituant le bassin Mali-Niger, compose une des extensions de N.E. du Massif de l'Oulliminden du Niger.

Ce terrain Tertiaire, dont le faciès est composé de roches de boue et de grès montrant une grande variété, contient des oolites ferreux, à la partie inférieure et des roches de boue argileuse kaoliniques à la partie moyenne.

Le quaternaire est composé d'une couche de sable en partie supérieure ayant une puissance de 2 à 45 m. Dans les parties inférieures, il existe des intercalations de galets de quartz contenant de l'argile brune.

Les formations depuis l'âge continental intercalaire précitées, ont des nappes aquifères. En particulier, le continental terminal du système tertiaire qui fait l'objet principal de l'exploitation des eaux souterraines, puisqu'il comporte des nappes aquifère excellentes.

## Géologie

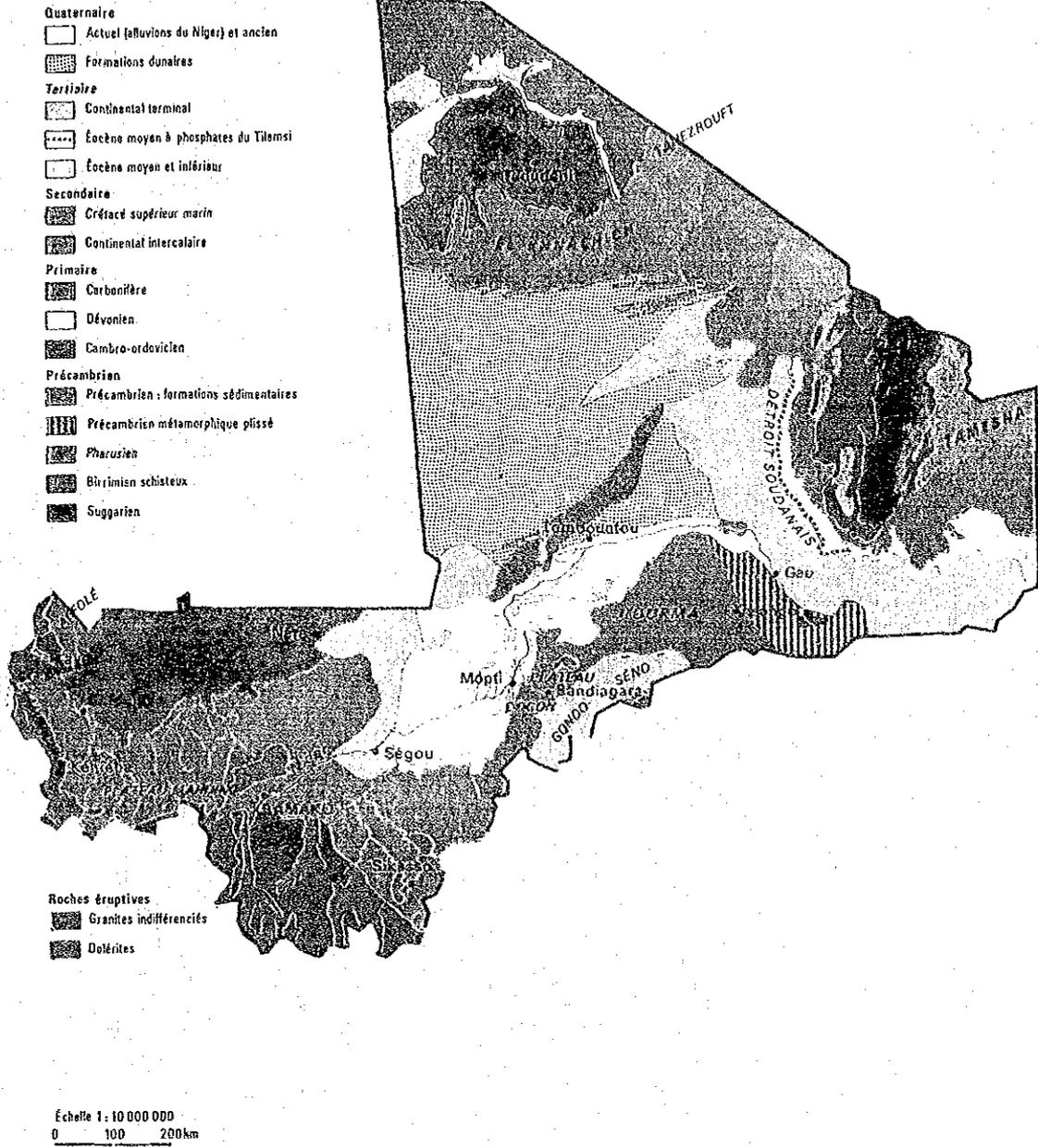


Fig. 2-5 Carte Géologique du Mali

(Réf.: Atlas du Mali)



## 2-2 Aperçu de la Situation Générale du Secteur Hydraulique

### 2-2-1 Etat Actuel de l'Alimentation en eau potable et du Plan d'Exploitation

L'orientation des mesures d'exploitations est basée sur des principes tels que l'autosuffisance alimentaire, l'assurance en eau potable à long terme, la lutte contre la sécheresse et la désertification.

Au Mali, les ressources en eau sont toutes dépendantes des eaux souterraines, sauf dans certaines zones où l'on peut compter sur les eaux de surface telles que les zones le long du fleuve Niger ou Sénégal. C'est-à-dire qu'on approvisionne la population urbaine en eau de surface et en eau souterraine par la forage, tandis que les habitants des villages et des Agglomérations moyennes sont alimentés en eau par les puisards et les forages.

La D.N.H.E. chargée de l'administration de l'approvisionnement en eau détermine le taux de diffusion (taux de couverture) des installations d'approvisionnement en eau (nombre de puits) à 54,5% des besoins à la fin de l'année 1988.

Quant au montant d'investissement pour l'exploitation des ressources en eau, il a été attribué une somme de 46.382 millions FRS. CFA d'investissement au cours des 3 années de 1987 à 1989 dans le cadre du 3ème programme triennal d'investissement montré au Tableau 2-9.

Ce montant correspondant à 17,4% de l'investissement total des programmes publics, a permis de réaliser la construction de puits à 9.011 points en milieux ruraux, jusqu'à 1988.

Le nombre de 9.011 points correspond à 54,5% du nombre requis pour la couverture des besoins en eau, soit 16.544 points d'eau à construire.

Le gouvernement malien a prévu la somme de 22.293 millions FRS CFA pour l'investissement réservé à l'exploitation des eaux dans le cadre du programme triennal de 1990 à 1992 qui prévoit la construction de 7.533 points d'eau. (Voir Tableau-2-2)

La situation hydraulique est indiquée au Tableau 2-6 selon les régions économiques.

Le montant d'investissement en secteur hydraulique et le pourcentage par rapport à l'investissement total public sont montrés au Tableau 2-6.

Tableau 2-1 Situation Hydraulique des Régions

Région	Villages (<1500 d'habitants)			Centres ruraux (>15000) (villes)					Nombre de points d'eau existants (1988)
	Nombre de villages	Nombre d'habitants (x 1.000)	Nombre requis de points d'eau	Nombre de villes	Nombre d'habitants (x 1.000)	Nombre de Forages à construire			
						IF/400 pers. 40%	Adduction sommaire	TOTAL	
KAYES	1.312	839	2.089	103	362	362	186	548	1.612
KOULIKORO	1.732	1.056	2.640	76	320	320	138	458	2.184
SIKASSO	1.656	1.047	2.617	106	349	349	192	541	1.792
SEGOU	1.950	1.148	2.870	75	308	308	135	443	1.836
MOPTI	1.891	941	2.353	104	337	337	195	532	911
TOMBOUCTOU	633	275	687	52	114	114	39	153	459
GAO	275	156	390	66	175	175	39	214	217
TOTAL	9.449	5.462	13.655	582	1.965	1.965	924	2.889	9.011

Tableau 2-2 Investissement en Secteur Hydraulique et Pourcentage par rapport à l'Investissement Total Public

Rubrique Année	Fonds national		Aides extérieures		Total	
	Montant (million de CFA)	Proportion (%)	Montant (million de CFA)	Proportion (%)	Montant (million de CFA)	Proportion (%)
1987	954	6,6	18.796	24,0	19.740	21,3
1988	864	6,7	16.191	21,3	17.055	19,2
1989	1.144	7,4	8.443	12,2	9.587	11,4
1990-1992	859	1,9	21.434	9,8	22.293	8,4

## 2-2-2 L'Organisme de l'Administration Hydraulique et sa Situation Actuelle

Au Mali, dans le domaine de l'administration hydraulique, la planification de l'orientation directive d'exécution dépend du Ministère de l'Industrie, de l'Hydraulique et de l'Energie ainsi que les programmes de réalisation des projets d'exploitation des eaux souterraines.

Une fois l'orientation et le plan établis, la DNHE s'occupe des travaux de forage et la DNOP exécute la construction des puits, dans leur spécialité respective sous la tutelle du même Ministère.

### (1) La DNHE (Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie)

Elle est constituée par 7 divisions à savoir; Laboratoire, Hydrogéologie, Hydraulique urbaine et Electricité, Bureau d'étude, Bamagas - Energie, Navigation fluviale, et P.R.H.

Elle comprend aussi une division chargée des projets d'éducation de la population.

La division de l'hydrogéologie chargée des projets hydrauliques exécute des services tels que des enquêtes et examens dans le but de la mise en valeur des eaux souterraines, la réalisation des plans de construction d'installations d'approvisionnement en eau dans les régions, la rédaction d'orientation des plans d'exécution de projets, la gestion et la mise en oeuvre des projets de forage d'eau selon l'orientation définie par le Ministère de l'Industrie, de l'Hydraulique et de l'Energie.

### (2) La DNOP (Direction Nationale de l'Opération Puits)

Elle a été établie par le décret du 15 août 1974 et elle est restée un des services de la DNHE jusqu'à 1979. Puis elle a été rattachée au Ministère des Ressources Naturelles et d'Elevage de 1979 à 1989.

Actuellement la DNOP constitue une des Directions Nationales sous le Ministère de l'Industrie, de l'Hydraulique et de l'Energie, chargée de la construction de puits, de l'installation et de la gestion.

Sa tâche est d'assurer l'alimentation des villageois et des bestiaux en eau.

La DNOP a jusqu'à présent réalisé des puits de grand diamètre en béton armé sur 800 points.

Compte tenu du nombre effectif d'équipes et de la capacité de construction par équipe, on peut prévoir la réalisation de 100 puits par an.

L'organisation de la DNOP, dont l'organigramme est donné au Tableau 2-7, est composée de la Direction générale et de 5 divisions, à savoir les services technique, administratif, comptabilité, matériel, et le service d'approvisionnement.

La DNOP possède 6 directions régionales à savoir de Kayes, de Bamako, de Ségou, de Mopti, de Gao et de Tombouctou ainsi que les 16 Représentants sous-sectoriels.

Tableau 2-6 Organigramme de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (D.N.H.E.)

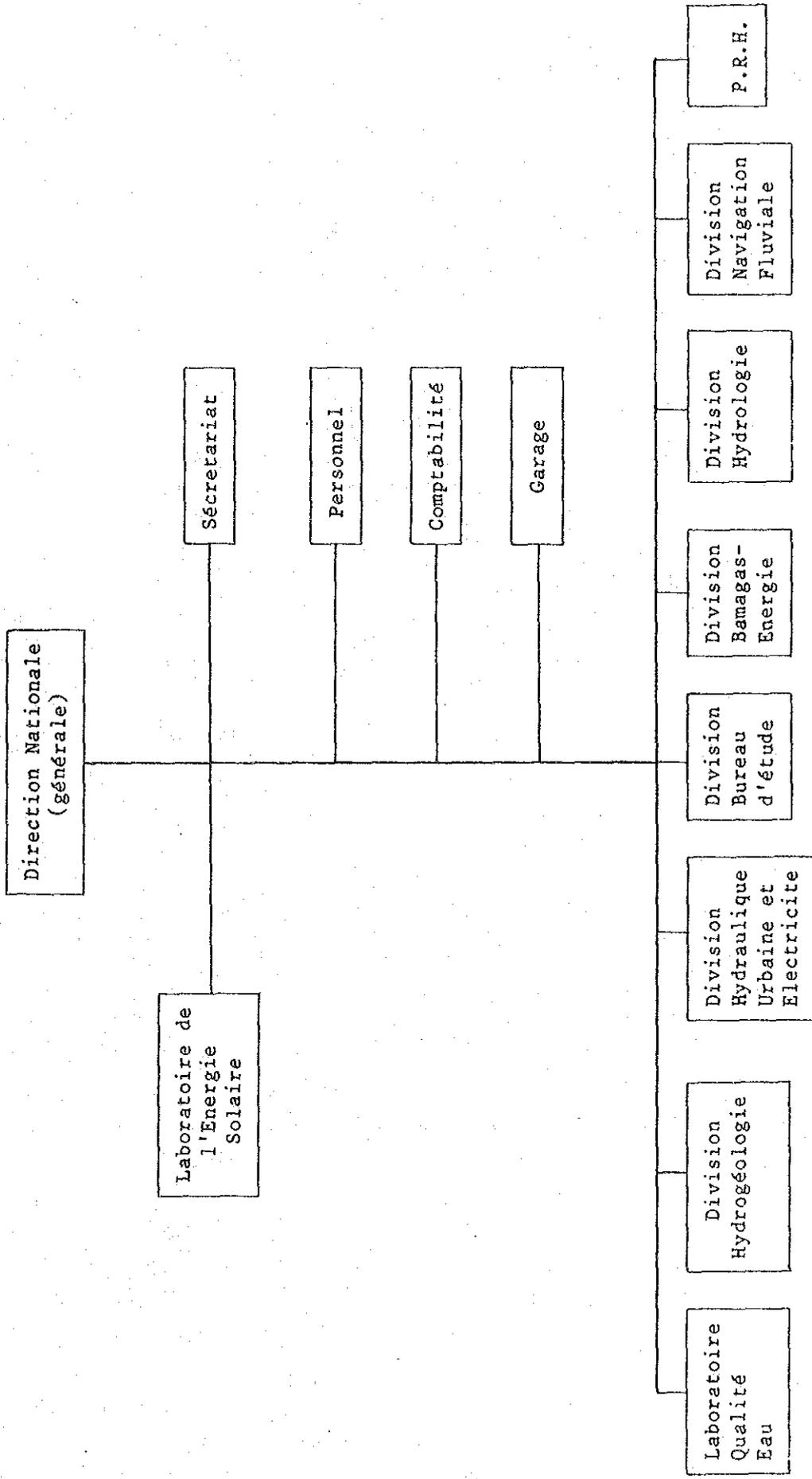
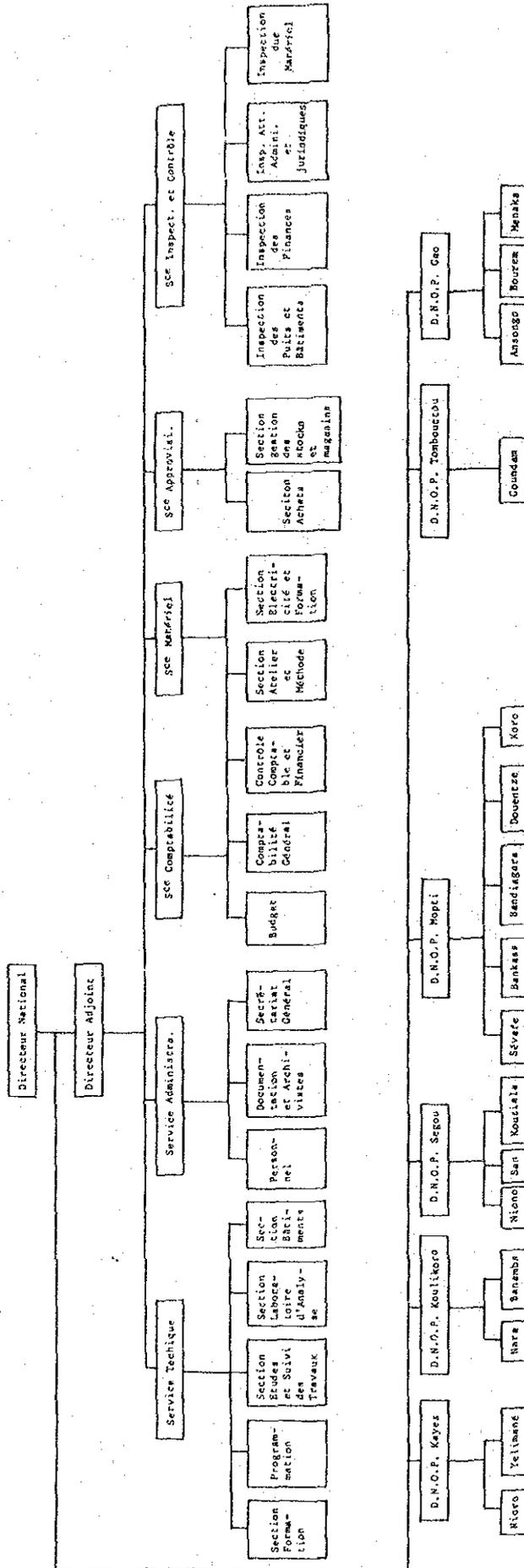


Tableau 2-7 Organigramme de la Direction Nationale d'Opération-Puits (D.N.O.P.)



## 2-3 Aperçu des Objectifs Gouvernementaux concernant le présent Projet

### 2-3-1 Le Plan Quinquennal/Situation du Plan d'Exploitation des eaux souterraines

Le plan quinquennal développe les solutions adoptées par le gouvernement pour résoudre les problèmes dans les cinq domaines suivants.

- (1) La recherche de l'autosuffisance alimentaire
- (2) La lutte contre la sécheresse et la désertification
- (3) La promotion de l'emploi par la relance saine et durable des activités porteuses de croissance
- (4) La couverture des besoins de base en eau de la population; l'éducation et santé
- (5) Le désenclavement intérieur et extérieur

En tenant compte de la révision des situations d'exécution, les objectifs cités au plan, le programme triennal d'investissements (1990 - 1992) a été lancé. Dans le secteur hydraulique, les mêmes objectifs sont retenus. Dans le programme triennal, les articles suivants sont cités comme des objectifs importants.

- (1) La recherche de l'autarcie alimentaire.
- (2) L'assurance à long terme en eau potable.
- (3) La lutte contre la sécheresse et la désertification.

L'assurance en eau potable pour les habitants dans des régions comme le Sahara et le Sahel est le problème fondamental de la vie sociale. La lutte contre la sécheresse et la désertification sera réalisée par l'établissement des villages et les reboisements autour des points d'eau. Une utilisation en eau suffisante est une demande absolue de la population à laquelle le gouvernement doit répondre.

La DNHE a adopté les critères suivants proposés par la DIEPA pour les quantités d'eau à fournir par jour et par tête:

- 20 litres ..... Alimentation en eau des villages par des puits ou par d'autres moyens de remontée d'eau
- 40 litres ..... Alimentation des agglomérations rurales en eau par des systèmes sommaires d'approvisionnement (adduction)

Les points d'intervention seront choisis selon les modalités et les critères de sélection qui suivent, basés sur demande des villageois, comme on les a montrés au Table-2-3.

① Modalités

Les demandes des villageois seront rassemblées par l'intermédiaire des chefs de village, chefs d'arrondissement et commandants de cercle auprès du Gouverneur de la Région et subiront un examen au niveau de la DNHE.

② Critères

o Donner la priorité aux villages dont l'alimentation en eau est mal assurée du fait de la détérioration de leurs points d'eau pendant les sécheresses.

o La priorité aux villages dont le puits est à une distance de plus de 5 Km.

o Pour satisfaire le critère d'un puits pour 400 personnes, donner la priorité aux villages ayant une population supérieure.

2-3-2 Les Projets Hydrauliques

La situation des aides financières extérieures pour l'exécution des projets d'approvisionnement en eau de la population dans le cadre de plan étatique de développement est comme suit.

(1) Les secteurs d'hydrauliques villageois

① Le programme de développement de l'ONU (PNUD): Elaboration du plan, estimation et gestion des ressources en eau. Entre 1969 et 1980, il a été établi plus de 600 forages équipés de pompes.

② Le Fond Européen pour le Développement (FED): On a construit plus de 300 puits en 1ère et 2ème régions économiques.

③ La Banque Mondiale: Réalisation de 500 points d'eau en 1ère région économique. On prévoit un programme associé pour les secteurs de Bafoulabe et Kenieba.

- ④ L'aide du Danemark: Construction de 400 points d'eau en 3ème Région économique (Sikasso)
- ⑤ L'aide de l'Italie: Construction de 600 points d'eau en 2ème Région économique (Koulikoro).
- ⑥ L'aide de la Suisse: Construction de 330 points d'eau en 3ème Région économique (Sikasso).
- ⑦ L'aide de la France: Construction de 330 points d'eau en 4ème Région économique (Segou).
- ⑧ L'aide de l'Arabie Saoudite: Construction de 1000 points d'eau en 2ème et 4ème Régions économiques
- ⑨ Le Fond du Koweït: Construction de 110 points d'eau en 6ème Région économique (Tombouctou).
- ⑩ La Banque Islamique pour le Développement: Financement en commun avec le Fond du Koweït pour la 6ème Région économique.

On est en train de négocier sur les projets mentionnés ci-dessous.

- o Le Fond Economique de l'Afrique de l'ouest: Construction de 433 puits en 5ème Région (Mopti) et en 6ème Région économiques (Tombouctou).
- o Le Fond Européen pour le Développement (FED Project): Construction de points d'eau par forage pour la plupart de la 5ème Région économique
- o L'aide de l'Italie (Projet Mali): Prorogation du projet en 2ème Région économique
- o La Banque Mondiale: Construction de points d'eau en 1ère Région économique (Kayes).
- o L'aide de la Suisse (projet Helvetas): Construction de forages en 3ème Région économique.
- o L'aide du fond non-remboursable du Japon: Construction de points d'eau en 7ème Région économique.

## (2) Le secteur hydraulique des villes

- 1 BIRD: Alimentation en eau des villes.

Tableau 2-5 Projets Hydrauliques au Mali et Leurs Fonds

PROJET	SOURCES DE FINANCEMENT	AGENCE D'EXECUTION	OBJECTIFS GLOBAUX	REGION D'INTERVENTION	PERIODE D'EXECUTION	BUDGET
Programme d'exploitation des eaux souterraines	Belvestas	D.N.H.E.	200 forages productifs	Bougouni, Yanfolila Kolondjata	1986 - 1989	6.348.000 FS
Programme d'hydraulique Villageoise et pastorale	F.A.D., B.I.D. Fond Koweïtien	D.N.H.E.	190 forages reconnaissance 110 points d'eau (1)	Liptako-Gourma	1986 - 1991	27.511.000US\$
Projet Mali Aqua Viva	C.C.C.E F.A.C.	D.N.H.E.	390 forages Réhabilitation anc. for.	Sen, Mopti, Tomintan, Yorosso, Bie	1987 - 1989	2,14E + 09 FCFA
Projet d'hydraulique Villageois, Régions 1 - 2	F.E.D.	D.N.H.E.	300 forages productifs 3 basses entret. pompes	Narta, Diema, Nioto	1988 - 1989	4.059.000ECU
2ème Programme, d'hydr. vill. et past. - CEAO	Fonds Koweïtien	D.N.H.E.	500 points d'eau	Youvatonou, Nisfontke	1988 - 1990	2,25E + 09 FCFA
Programme d'hydraulique rurale et d'assainissement	U.N.I.C.E.F	D.N.H.E.	400 forages productifs 400 pompes manuelles 6 basses DNRE	Régions: Segou, Koulikoro, Gao Mopti, Tombouctou	1988 - 1988	12.000.000US\$
1er Programme d'hydr. Vill et past-CEAO/2e tranche CEAO	F.A.D.	D.N.H.E.	260 forages productifs 250 pompes manuelles 10 puits modernes	Kayes, Yelimane, Diema Nare, Banamba	1988 - 1992	6.080.000DC-FAD
Programme d'hydraulique villageoise	Coopération Italienne	D.N.H.E.	600 forages productifs 600 pompes manuelles	Koulikoro, Kati Kangaba, Bamako	1986 - 1988	
Programme de forages dans les cercles de Sikasso et Kadiolo	Coopération Danoise	D.N.H.E.	400 forages productifs 400 pompes manuelles 1 Base DNRE à Sikasso	Sikasso, Kadiolo	1988 - 1992	38.000.000 CD
Programme de développement intégré du Kaarta-ODK rurale	Coopération canadienne	Ministère de l'agriculture	250 forages productifs 20 puits-citernes	Nioto, Diama Yelimane	1987 - 1989	5.200.000CANS
Programme d'hydraulique pastorale, Région Nopti	CARITAS C.C.C.E.	D.N.H.E. O.D.E.M.	250 Forages productifs 1 Puits associés 44 forages reconnaissance 26 points d'eau 8 puits	Bandiagara Karouassa, Senomango Mema-Doura	1988 - 1992	420.000.000FCFA
Programme de recensement population de manantali	U.S.A.I.D.	D.N.H.E.	82 forages productifs 40 puits-citernes	Zone projet barrage de manantali	1986 - 1987	320.493.600FCFA
Programme d'approvisionnement en eau des populations rurales	Arabie Saoudite	D.N.H.E.	300 forages productifs 300 pompes manuelles	Région de Segou	1988 - 1990	4.528.000US\$
Projet de développement de l'élevage-Mali NE	F.E.D., F.A.D. Fonds Aide Italienne	Ministère de l'élevage	300 forages (2) 13 puits-citernes 64 puits réhabilités	Menaka, Anongo In Tillit	1987 - 1991	5.250.000US\$
Projet alimentation en eau populations rurales KBK - Avenant no2	Banque Mondiale	D.N.H.E.	150 forages productifs 150 pompes manuelles	Kita, Bafoulabe	1988 - 1989	3.000.000US\$
Projet Mali-Sud/2 Avenant 1	F.I.D.A.	D.N.H.E.	130 forages productifs 130 pompes manuelles	Sikasso, Coutiala	1988	261.000.000 FCFA

- ② L'aide de la France: Alimentation en eau en 3ème Région économique (Koutiala).
- ③ Le Fond de l'ONU pour les matériels: Participation au projet Koutiala avec l'aide de la France et exécution des projets suivants,
  - o Construction de la station de pompage à Segou-Kati
  - o Alimentation en eau potable et amélioration de l'état sanitaire à Segou.

Tableau 2-3 Programme d'Exploitation des Eaux Souterraines en Milieu Rural I (jusqu'au 1995)

REGIONS	VILLAGES (moins de 1500 hb)						(1)					BESOINS TOTAUX EN POINTS D'EAU NOUVEAUX 1988 - 1995			INVESTISSEMENTS CORRESPONDANTS (X10 <sup>6</sup> FCFA 1988)	
	NB. TOTAL	POPULATION X 1 000	NB TOT. POINTS D'EAU NECESS.	NB PTS D'EAU EXIST. en 1988	NB POINTS D'EAU A CREER	N.B. TOTAL	POP. CORRES. (X1000)	NB. FORAGES A CREER		TOTAL	RHYTHME ANNUEL	TOTAL	RHYTHME ANNUEL	TOTAL	ANNUEL	
								H.V. (40%)	ADD. D'EAU							
1. KAYES	1.312	839	2.098	1.612	486	103	362	362	186	548	1.034	148	5.533	790		
2. KOULIKORO	1.732	1.056	2.640	2.184	456	76	320	320	138	458	914	131	4.912	700		
3. SIKASSO	1.656	1.047	2.617	1.792	825	106	349	349	192	541	1.366	195	7.449	1.065		
4. SESCOU	1.950	1.148	2.870	1.836	1.034	75	308	308	135	443	1.477	211	8.160	1.165		
5. MOPTI	1.891	941	2.353	911	1.442	104	337	337	195	532	1.974	282	10.952	1.565		
6. TOMBOUCTOU	633	275	687	459	228	52	114	114	39	153	381	54	2.076	295		
7. GAO	275	156	390	217	173	66	175	175	39	214	387	55	2.065	295		
TOTAUX	9.449	5.462	13.655	9.011	4.644	582	1.965	1.965	924	2.889	7.533	1.076	41.149	5.875		

TABLEAU 2 : BESOINS EN POINTS D'EAU NOUVEAUX POUR UNE COUVERTURE TOTALE DES BESOINS A L'HORIZON 1995 SELON LES NORMES SUIVANTES:

- a) Localités inf. à 1500 hb: 1F/400 hb (ou 10 l/j/hb)
- b) Localités sup. à 1500 hb: 60% : 3F/localité (pour Adduction d'eau sommaire)  
40% : 2F/400 hb. (20 l/j/hb)

(1) Il a été adopté l'hypothèse qu'en 1988, il n'y avait aucun centre rural équipé d'une adduction d'eau sommaire.

## 2-4 Historique et Contenu de la Requête présentée par le Mali auprès du JAPON

Le présent Projet est une prolongation des projets de coopération japonaise réalisés dans le passé (Projet de l'étude de 1978 à 1981, Projet de coopération financière non-remboursable dans les années 1981, 83 et 85) indiqués au Tableau 2-5.

### 2-4-1 Contenu de la Première Requête

Compte tenu de la situation d'approvisionnement en eau des villages au Mali, la DNOP et la DNHE ont présenté des requêtes de coopération financière non-remboursable constituée par un don d'équipements de forage et la construction d'installations d'approvisionnement en eau des villages qui a été transmise par le Ministère de l'Industrie, de l'Hydraulique et de l'Energie au gouvernement japonais. La requête se compose des 2 volets suivants:

#### 1) Premier volet de la Requête

Il comprend la fourniture d'équipements qui peuvent permettre l'exécution des travaux de forages et renforcer les moyens de télécommunications entre les bases et les directions régionales.

Les objectifs du premier volet sont:

- ① Développer les activités en réalisant des sondages préalables au creusage des puits afin d'améliorer le taux de succès des ouvrages par l'exécution de travaux de sondage par la D.N.O.P. elle-même en utilisant les équipements fournis.
- ② La fourniture d'équipements et d'appareils de télécommunication pour permettre d'assurer le réseau RAC et la saisie de la situation des ouvrages sur les chantiers, ce qui favorise un avancement efficace des activités.

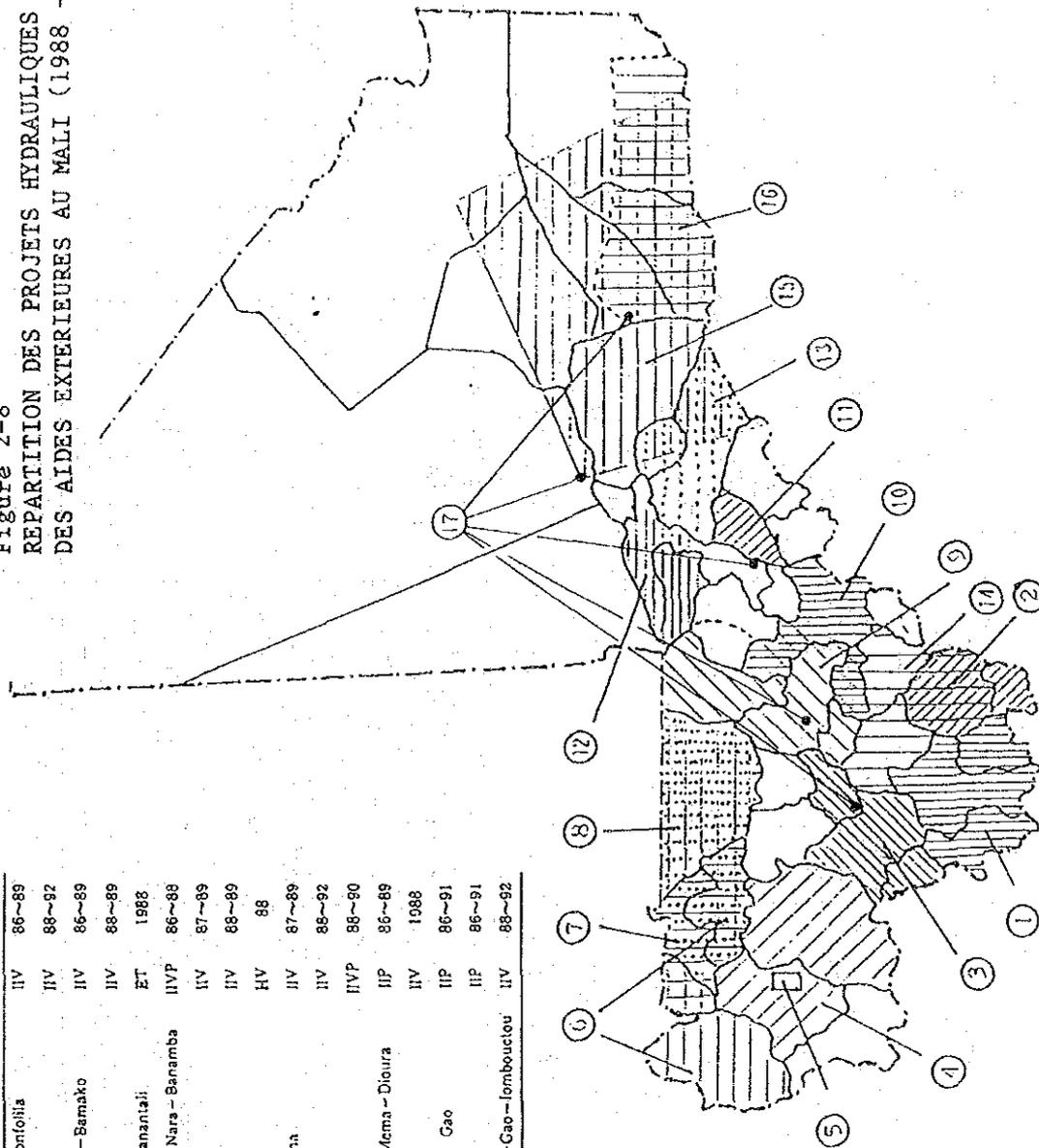
Le contenu complet de la requête est la fourniture des équipements indiqués au Tableau 2-4.

Tableau 2-4 Liste d'équipements demandés dans la requête

Rubrique	Nombre
Machine Sondeuse      Capacité de 150 m	2
Compresseurs	2
Camion sondeuse	2
Pièces de rechange des machines de sondage	2
Camion cargo	2
Appareils RAC (émetteurs, recepteurs)	20 unités

Figure 2-8  
 REPARTITION DES PROJETS HYDRAULIQUES AVEC  
 DES AIDES EXTERIEURES AU MALI (1988 - 1992)

① HELVETAS	Bougouni - Kolonditcha - Yonfolila	IV	86-89
② Coopé DANOISE	Sikasso - Kadiob	IV	88-92
③ Coopé ITALIENNE	Koulikoro - Kaji, Kongaba - Bamako	IV	86-89
④ BANQUE MONDIALE	Kita - Batoulabe	IV	88-89
⑤ USAID/OMVS	Piezometre Relieuc de Hanantali	ET	1988
⑥ CEAO - 1 2 <sup>ème</sup> tranche	Kayes - Yelimanc - Diema, Nara - Banamba	IIVP	86-88
⑦ ODIK	Nior - Diema - Yelimanc	IV	87-89
⑧ Projet FED	Nara - Diema - Niéro	IV	88-89
⑨ MALI SUD/2	Sikasso - Koutiala	HV	88
⑩ HALI AQUA VIVFA	Sao - Ieminian - Bia - Macina	IV	87-89
⑪ CARITAS	Bandiagara	IV	88-92
⑫ CEAO - 2	Youvarou - Nia/unke	IIVP	88-90
⑬ ODEM - 2	Karauassa - Sanomango - Mema - Dioura	IIP	86-89
⑭ MAIL SUD2 Avenant	Region de Segou	IV	1988
⑮ LIPTAKO - COURMA	Region de Iombouctou et Gao	IIP	86-91
⑯ MAIL NORD EST	Gao - Ansongo - Menaka	IIP	86-91
⑰ UNICEF	Koulikoro, Segou - Mopti - Gao - Iombouctou	IV	88-92



Type Project: HV: Hydraulique villageoise  
 HYP: Hydraulique villageoise et postorale  
 HP: Hydraulique postorale  
 ET: Etudes

Tableau 2-6 : Liste Récapitulative des Constructions Réalisées en 7ème Région Economique au Mali

Rubrique Année	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Exécutée par le Mali	Total	
Formule de la coopération	Etudes de Développement										
	Mois Année	Janvier/79 - Mars/79	Nov/79 - Mars/80	Oct/80 - Mars/81	Oct/81 - Mars/82	Nov/81 - Mars/83	Juillet/83 - Juin/84	1984	1985		
Natures des ouvrages	Recueil des données	Const. de Base Gao	Const. Base Ansongo	Aménagement Base Gao	Const Garage de Gao	Court Garage à Kidal à Ansongo			Coopération financière non-rem-boursable		
	Pros. électrique	Pros. électrique	Pros. électrique	Pros. électrique					Jun/85 - Jun/86		
Contenu de la coopération	Const. de base	3 Forages	5 Forages	8 Forages	14 Forages	20 Forages			20 Forages		
	Land pick-up	Mach. sondeuse véhicule 4	Pièces de rechange	Pièces de rechange	Mach. de sondage 1	Véhicule 8			Véhicule 5		
Fourniture d'équipement	Appareil électrique	Maison 4 Préfabriquée	Matériaux const. base	Matériaux de Base	Véhicule 5	Pièces de rechange			Pièces de rechange		
	Appareil RAC	Groupe électrogène	Equipement de forage	Equipement de campement	Pièce de rechange	Equipements de campement					
Maison préfabriquée											
Kidal											
Bourem											
Gao		2(1)	2	6(2)							
Ansongo			2(1)								
Ménaka											
Total		2(1)	4(1)	6(2)	12(2)	22(5)		21(7)	16	83(18)	

\* Nombre de forages secs est indiqué en ( )

## 2) Deuxième Volet

Le deuxième volet comprend la construction de 50 forages, la transformation des forages existants en P-C, la construction d'installations sommaires d'approvisionnement dans les agglomérations rurales ayant plus de 2.000 habitants et les chefs-lieux de cercles. La requête prévoit de réaliser les travaux de ce volet au cours de 5 ans selon le programme suivant:

### ① Première année

- Révision des machines sondeuse, démarrage,
- Construction de 13 forages dans le cercle Gao
- Transformation des 10 forages existants en P-C

### ② Deuxième - Troisième année

- Const. de 20 forages dans le cercle Bourem et Kidal
- Const. de 10 P-C dans le cercle Kidal et Bourem
- Const. de 10 fontaines dans le Cercle Gao

### ③ Troisième - quatrième année

- 7 forages dans le cercle Ménaka
- 10 P-C dans le cercle Ménaka
- 13 forages dans le cercle Ansongo
- Const. de 21 systèmes Bornes-fontaines dans le cercle Bourem et Kidal

### ④ Quatrième - Cinquième année

- 20 P-C dans le cercle Ansongo
- 20 Systèmes Bornes Fontaines (Installations sommaires) dans le cercle Ansongo et Ménaka

La requête peut se traduire comme suit, sur le plan quantitatif:

La population rurale est de 156.000 personnes, ce qui correspond au nombre total d'habitants des villages de moins de 1.500 habitants.

Le taux de construction des puits est de 1 puits pour 400 personnes.

Le nombre des points d'eau existants est de 217 (Forage: 158, Puits: 59)

Dans ces conditions, le nombre de puits à construire serait comme suit:

Nombre de bénéficiaires:  $156.000 - (400 \text{ pers.} \times 217)$   
 $= 69.200 \text{ pers.}$

Nombre de puits à construire:  $69.200 \div 400 = 173$

D'autre part, on peut estimer le nombre de puits à construire selon un critère d'approvisionnement en eau de 20 litres par jour et par personne, et la quantité d'eau puisée par jour serait alors définie comme suit:

Quantité d'approvisionnement  
en eau par jour:  $69.200 \text{ pers.} \times 20 \text{ l/pers.}$   
 $= 1.384 \text{ m}^3$

Quantité puisée pendant le temps  
de fonctionnement soit 8 heures:  $15 \text{ litres/5 min.} \times 60 \text{ min.} \times$   
 $4 \text{ personnes} = 5,8 \text{ m}^3$

Une opération de puisage à la main, qui fait remonter 15 litres d'eau, nécessitera environ 5 minutes.

On prévoit 4 opérations (de puisage manuel) simultanées pendant 8 heures par jour.

Nombre de puits requis:  $1.384 \text{ m}^3 \div 5,8 \text{ m}^3 = 239$

Selon les deux méthodes d'estimation précitées, le nombre de points d'eau à construire va de 173 à 239.

Le programme proposé par la partie malienne prévoit la construction de 50 puits et de 54 systèmes sommaires d'approvisionnement (adduction) d'eau répartis dans des villages choisis selon une classification des villages en fonction du manque d'approvisionnement en eau.

Compte tenu de ce que la partie malienne prévoit que l'année d'accomplissement du programme sera 1995, le programme a été établi pour satisfaire la demande à niveau minimal pour améliorer les conditions de vie en milieu rural.

#### 2-4-2 Résultats des Enquêtes sur place

Les résultats des enquêtes réalisées sur place par la mission concernant les divers points de la requête sont les suivants:

##### 1) Concernant le 1<sup>er</sup> volet

Les activités principales de la DNOP sont les ouvrages de construction de puits en contrats de soustraction (forfaitaires) dans le cadre de projets d'aide extérieure.

Par conséquent, même si des équipements de forage sont fournis, la DNOP aura besoin d'embaucher des personnes qualifiées ou du personnel détaché de la DNHE. De plus, il n'y a ni projets concrets selon lesquels on utilisera les équipements fournis de même que le transfert de la technologie, ni plan déterminé de l'application des équipements.

Compte tenu des points précités, l'on a jugé que la fourniture d'équipements n'aura pas une efficacité suffisante.

##### 2) Concernant le 2<sup>ème</sup> volet

Concernant le 2<sup>ème</sup> volet de la requête, la mission a effectué des enquêtes sur les installations existantes et les terrains prévus pour le projet dans les 4 cercles de la 7<sup>ème</sup> région économique.

La situation de stockage des eaux souterraines est stable en zones de plaines alluviales à niveaux peu profonds.

Cependant, ces nappes aquifères ont un niveau plus profond par rapport à l'altitude du relief, dans les terrains plus éloignés du fleuve Niger.

En conséquence, on a constaté dans certaines zones la détérioration des pompes manuelles installées au niveau des forages à cause d'une utilisation excessive due au débit faible par heure, ce qui entraîne l'abandon du point d'eau, puisque l'économie villageoise ne peut prendre en charge les dépenses de gestion ou de réparation.

Pour résoudre de tels problèmes, on commence à introduire le système des Puits-citernes (P-C), dont le mode de puisage manuel ne pose pas de problèmes d'entretien et l'on a pu constater dans de nombreux cas que c'est un moyen durable.

Parmi les autres moyens de remontée d'eau utilisés on trouve: des moto-pompes, le pompage à air, éolier, des piles solaires, adoptés dans certains cas lorsque les conditions de fonctionnement sont différentes selon la capacité de gestion et d'entretien de la population bénéficiaire.

Du point de vue à long terme, le nombre de cas positifs est limité. Pour le moment, malgré la commodité de l'installation des remontés d'eau mécanique, il est trop tôt pour adopter des systèmes mécaniques aux points d'eau.

L'introduction de moyens mécaniques aux points d'eau sera reconsidérée à la suite de consultation sur les conditions d'entretien futures des moto-pompes et des éoliens qui sont actuellement utilisés dans certaines zones.

### 2-4-3 Discussions et Echange de Points de Vue

A la suite des discussions concernant la requête, la mission et la partie malienne ont reconfirmé que la partie malienne donne dans la requête la première priorité au "Projet de l'approvisionnement en eau en 7ème Région économique "(Deuxième volet) en conformité au programme d'approvisionnement en eau potable qui est un des objectifs du plan quinquennal de Développement National.

Cependant, les résultats des enquêtes menées par la mission ont révélé une réticence à l'installation de fontaines qui serait encore trop tôt à adopter, et l'on doit dire que jusqu'à présent le puisage manuel est le moyen le plus simple et le plus approprié aux circonstances réelles.

Le procès-verbal des discussions et des échanges de points de vue (voir annexe) a été signé par Monsieur SIBIDE au nom du Directeur général de la D.N.H.E. et par Monsieur Takayuki NAKAYA, chef de la mission japonaise le 13 février 1990 à Bamako.



## CHAPITRE 3 APERÇU DES ZONES D'INTERVENTION DU PROJET

### 3-1 Localisation et Conditions Economiques et Sociales des Zones d'Intervention

Les zones faisant l'objet de l'enquête (étude) se trouvent en 7ème région économique qui occupe la partie Nord-Est du territoire Malien. Cette région, dont une plus grande partie se trouve en zone semi-désertique et sahélienne par rapport aux autres régions du sud-ouest, est donc moins exploitée ainsi que la 6ème région économique.

La 7ème région économique se subdivise en 5 cercles; Ansongo, Bourem, Gao, Ménaka, Kidal. La distance entre Bamako, capitale du Mali et Gao est d'environ 1.200 km. Le transport Bamako-Gao a été assuré autrefois par des liaisons aériennes et des voies fluviales, tandis qu'à présent on utilise généralement le transport routier du fait de l'amélioration de la route Mopti-Gao qui était jadis très mauvaise.

Les axes goudronnés sont peu nombreux, par exemple: Bamako (capitale) - Gao en 7ème Région, Bamako - Côte d'Ivoire, San - Bourkina Fasso, etc.

Les réseaux routiers sont de deux catégories; route principale ou route de liaison régionale comme montré à la Figure 3-5 à la page suivante.

Routes principales: Largeur :  $6 - 6,5 \text{ m} + 1,5 \times 2 = 9 - 9,5 \text{ m}$

Ce sont les routes reliant de grandes villes et qui sont circulables même en saison des pluies. Elles sont constituées par des routes goudronnées, de routes revêtues de latérite ou de gravier

Routes de liaison

régionale:

Largeur minimale 2,0 m, la forme de la route n'est pas bien définie.

Les axes reliant les villes et les villages. Les routes ne sont pas revêtues et n'ont pas de forme clairement définie.

La plupart des axes ne sont pas circulables en saison des pluies.

La situation démographique des 5 cercles de la 7ème région économique est présentée au Tableau ci-dessous. Le nombre des villages étant de 373, on peut estimer une surface moyenne de 863 Km<sup>2</sup> par village.

Les villages sont donc parsemés et se concentrent autour des points d'eau.

En 7ème région, à l'exception de l'agriculture pratiquée dans les zones alluviales, la plupart de la population pratique l'élevage.

Tableau 3-1 Liste Démographique par Cercle de la 7ème Région

Cercle	Recensement général année 1976	Recensement général année 1987		
		Population totale	Résidents à localité urbaine	Résidents à localité rurale
Gao	117.486	148.886	54.874	94.012
Ansongo	85.622	76.896	12.392	64.504
Bourem	90.703	73.134	5.528	67.606
Kidal	25.454	34.813	3.750	31.063
Menaka	51.630	50.005	8.877	41.128
Total	370.903	383.734	85.421	298.313

### 3-2 Conditions Naturelles

#### 3-2-1 Climat

La 7ème région économique appartient au "climat sec" selon la classification de Thornthwaite. D'après la Classification de Mc Gunnies, elle correspond à la "zone de climat sec" dont la saison des pluies se situe en été et qui a des températures moyennes en saison froide comprises entre 10°C et 20°C et en saison chaude entre 20°C et 30°C.

La région est appelée aussi zone sahélienne et permet la végétation de certains arbustes et herbes mais dont les précipitations est insuffisantes pour la production alimentaire.

La pluviométrie annuelle dans cette région n'atteint que 200 à 300 mm aux environs de Gao et environ 23 mm près de la frontière algérienne. Les isohyètes s'étendent de l'est à l'ouest, ce qui signifie que les précipitations diminuent plus au nord.

La saison des pluies s'étale de mai à octobre où les précipitations varient entre 1 et 150 mm par mois.

Elles atteignent 6 à 150 mm par mois entre juillet et septembre, et même 50 à 150 mm par mois en août.

La pluviométrie et la température moyenne par mois de la ville de Gao sont indiquées au Tableau ci-dessous.

Pendant la période de mars à avril, la saison la plus chaude, et pendant la saison des pluies qui va de juin à septembre, le rendement des travaux baisse obligatoirement.

Tableau 3-2 Pluviométrie et Températures Moyennes Mensuelles de la Ville de Gao

Année	1986		1987		1988	
	1	21,7	0,0	23,4	0,0	22,6
2	26,4	0,0	26,6	0,0	26,5	0,0
3	23,1	0,0	30,0	0,0	31,3	0,1
4	35,5	0,0	32,3	0,0	35,2	0,0
5	35,9	0,0	37,4	1,7	36,2	0,5
6	35,9	3,8	35,4	8,9	35,7	23,4
7	31,8	26,6	35,2	22,3	32,5	33,2
8	32,8	64,7	33,2	9,0	31,0	35,0
9	31,5	43,3	33,7	12,7	31,8	58,9
10	32,7	0,0	33,1	0,0	32,1	0,0
11	27,9	0,0	28,7	0,0	27,4	0,0
12	21,8	0,0	24,7	0,0	21,9	0,0
	30,0	138,4	31,1	151,1	30,0	151,1

### 3-2-2 Relief et Géologie

#### (1) Relief

Le relief de la zone d'intervention se caractérise par les massifs de l'Adrar des Iforhas et de Timétrine au nord et au nord-est, la partie de sud-ouest dans laquelle le Niger coule en direction de sud et par le vaste plateau du bassin d'Oulliminden comprenant la vallée de Tilemsi qui aboutit au Niger en descendant du nord au sud.

## (2) Géologie

La structure géologique est composée par le continental Intercalaire (C.I) couvrant les roches de soubassement des massifs de l'Adrar des Iforhas et du Gourma, le crétacé supérieur, le Tertiaire, le Continental-Terminal (C.T) (systèmes tertiaires) et le Quaternaire, qui montrent des formations dans cet ordre et une inclinaison légère vers le sud.

Les formations antérieures tertiaires au nord-ouest de la vallée de Tilemsi, ont subi l'effet de plissement et elles montrent la structure complexe qui est couverte par le continental Terminal.

Le quaternaire composé d'une couche de sable en partie inférieure et de roche de boue en partie supérieure contient des intercalations de galets de quartz.

Dans les conditions géologiques susdites, on classifie les eaux souterraines en eau phréatique et en eau artésienne. Les eaux phréatiques se trouvent dans les aquifères moins profonds jusqu'à 40 m.

Les eaux artésiennes s'emmagasinent en aquifères plus profonds.

Les eaux phréatiques existant en formation quaternaire le long du Niger, en zone où les roches de soubassement affleurent à Kidal et à Gourma ou en couches de gravier dans les oueds sont exploitées largement et depuis longtemps sous la forme de puisard et de puits traditionnels.

Les eaux artésiennes s'emmagasinent en aquifères en zones constituées par des roches sédimentaires, excepté les massifs où la roche de soubassement affleure dans des formations tertiaires ou antérieures.

### 3-2-3 Conditions Hydrogéologiques

#### (1) Conditions d'emmagasinement des eaux souterraines

Les eaux souterraines faisant l'objet du projet sont principalement des eaux artésiennes qui ne s'épuisent pas, même pendant les grandes sécheresses. Selon les résultats de l'étude précédente sur l'exploitation des eaux, on estime à 2 ou 3 le nombre de couches de nappes aquifères artésiennes allant jusqu'à 130 m de profondeur. Le débit critique de ces nappes est estimé à 2 à 120 m<sup>3</sup>/h.

D'autre part, dans les zones où les roches de soubassement affleurent et où l'on ne peut compter sur les eaux artésiennes, les vallées souterraines prévues aux concaves des soubassements dans lesquelles les eaux souterraines coulent de manière concentrique, les eaux aquifères de type fissuré en fissures de roches de soubassement font l'objet du projet.

La relation entre les couches et les eaux souterraines des zones d'intervention est suivante:

#### 1) Nappes aquifères des zones de soubassement (Socle)

##### ① L'Adrar des Iforhas

Elles se trouvent principalement dans le cercle de Kidal qui occupe la partie septentrionale de la zone d'intervention. Des eaux souterraines sont réparties dans des vallées souterraines, dans parties concaves du Socle formant les bassins souterrains, dans les parties altérées de roches de soubassement fissures de socle.

Les aquifères faisant l'objet de l'exploitation sont généralement les aquifères phréatiques qui contiennent des nappes souterraines libres, car le captage des aquifères artésiennes par le sondage est extrêmement difficile.

Cependant, compte tenu de l'épuisement fréquent des eaux phréatiques (nappes libres) en saison sèche, il sera requis de réaliser une exploitation des eaux des fissures de soubassement en exécutant des prospections ponctuelles qui pourraient démontrer le système hydrogéologique de soubassement.

On dispose d'options suivantes de prospection efficace des eaux souterraines à surface:

- Prospection géophysique ayant un bon rendement de captage (détection) des vallées et bassins souterrains
- Prospection électrique et prospection électro-magnétique pour la détection de zones fissurées dans le socle.

## ② Le Gourma

Le soubassement des zones du cercle d'Ansongo occupant la partie sud-est des zones d'intervention correspond au Gourma. Le rechargement des nappes d'aquifères fissurales se fait essentiellement par le courant d'eau du Niger. En conséquence, même pendant la saison sèche, l'abaissement du niveau de la nappe n'est pas considérable. L'on peut s'attendre à capter des aquifères relativement excellentes. Cependant, compte tenu de ce que les résultats du précédent projet d'exploitation des eaux souterraines ont démontré que de nombreuses nappes contiennent du Fe, il faudra considérer particulièrement la qualité d'eau.

Le mode le plus avantageux de prospection des nappes susdites est la prospection électro-magnétique.

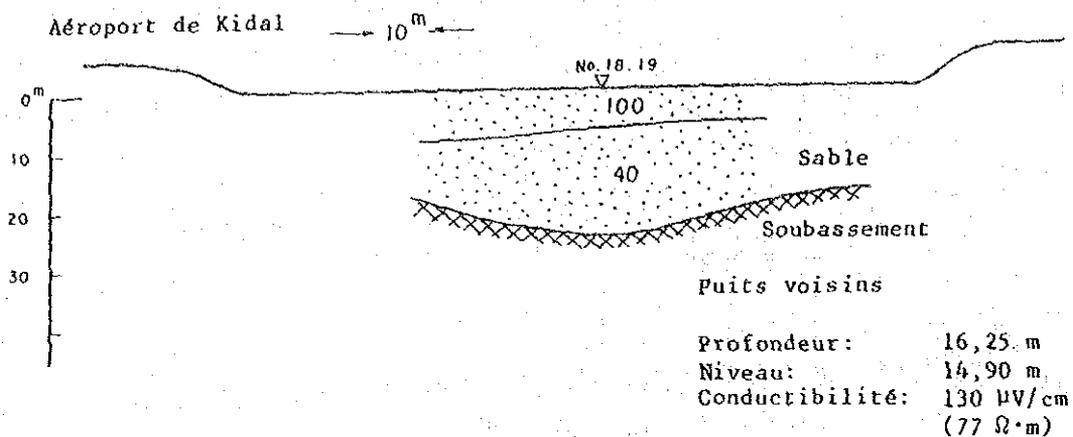


Fig. 3-2 Structure Hydrogéologique des Zones de Roches de Soubassement (Kidal)

## 2) Nappes aquifères des zones de formations tertiaires

La zone correspondant au détroit soudanais interposé entre le massif du Gourma et l'Adrar des Iforhas contient les nappes aquifères les plus importantes et exploitables en 7ème Région, qui ne s'épuisent pas même pendant les grandes sécheresses.

Selon l'étude du plan d'exploitation des eaux souterraines précédemment réalisée, il existe en cette formation au moins 3 couches pouvant être aquifères (Tableau 3-3). Vu que la couche supérieure (aquifère 1) est une nappe partielle, les 2ème et 3ème couches aquifères feront l'objet de l'exploitation.

Les 2ème et 3ème couches aquifères étant respectivement à des profondeurs de 40 à 90 m, et de 90 à 110 m, elles pourront donner un débit critique total de 2 à 12 m<sup>3</sup>/h.

Tableau 3-3 Aquifères de la Formation Tertiaire et leurs Altitudes

Nappes aquifères	Points de Prospections				
	Hamokradji	Ansongo	Djebock	Agabesh	Tinténéram
Altitude de points de sondage	257,0 m	251,8 m	279,0 m	261,6 m	290,0 m
Aquifère 1	209	229	251		242
Aquifère 2	179	206	197	194	208
Aquifère 3	151	141	184	171	

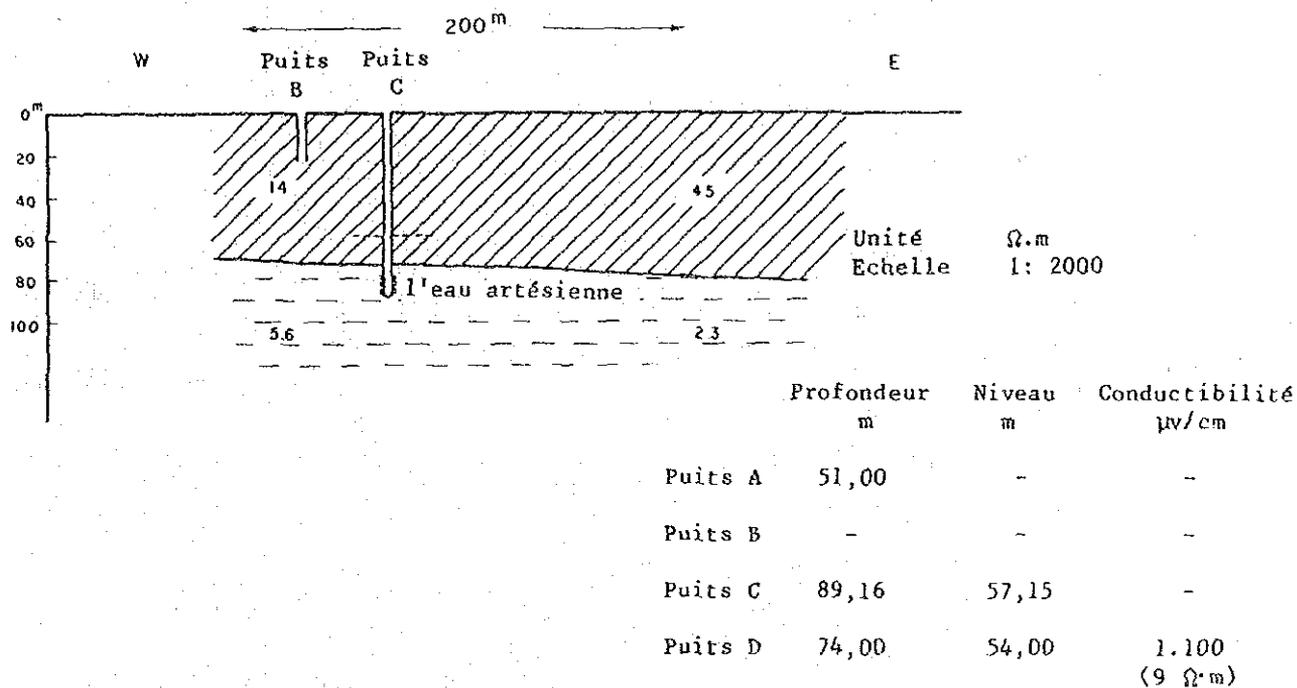


Fig. 3-3 Structure Hydrogéologique de la Zone de Formation Tertiaire

3) Nappes aquifères le long du fleuve Niger  
(Aquifères de la formation quaternaire)

Les nappes aquifères appartenant à la formation quaternaire dans la zone sont réparties en couches moins profondes. Ces nappes sont constituées en eaux phréatiques emmagasinées par le fleuve Niger.

Le fond d'aquifères, composé de gravier, a une profondeur de 19 à 50 m près du Fleuve Niger, de 19 à 20 m à l'intérieur de la rive gauche du fleuve à une distance de 450 à 800 m, a tendance à être plus haut à l'intérieur et moins haut à côté du fleuve, tandis que les niveaux statiques présentent une tendance contraire. En conséquence, l'épaisseur de la nappe saturée est de 11 à 45 m près du fleuve et n'est que de 4 à 14 m dans la zone intérieure.

Le débit critique prévu de ces nappes aquifères est de 3,5 - 12 m<sup>3</sup>/h.

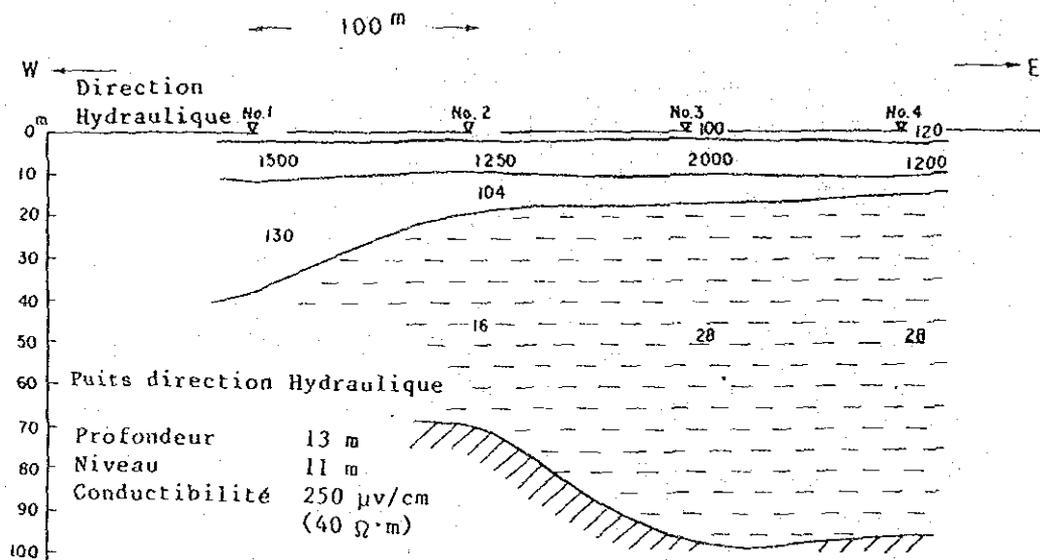


Fig. 3-4 Structure Hydrogéologique des Aquifères dans la Zone de Formation Quaternaire

(2) Puits Existants et Eaux Souterraines

1) Puits existants

Les puits et les forages d'eau réalisés pendant 9 ans de 1980 à 1988 au Mali sont indiqués au Tableau 3-4 ci-dessous.

Tableau 3-4 Construction de Puits et Forages d'Eau

Année	Nombre d'ouvrages		Nombre positif		Taux de Réussite		Débit	Débit/forage
	Forages	Puits	Forages	Puits	Forages	Puits	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
1980	741	25	413	25	55,7	100	2.274	5,5
81	725	42	449	42	61,9	100	2.384	5,3
82	583	81	409	81	70,2	100	2.254	5,5
83	653	107	416	107	63,7	100	2.264	5,4
84	777	81	569	81	73,2	100	3.423	6,0
85	1.473	139	964	139	65,4	100	5.104	5,3
86	1.876	216	1.395	216	74,4	100	7.745	5,6
87	1.641	268	1.232	268	75,1	100	8.112	5,5
1988	1.680	102	1.260	102	75,0	100	6.935	5,5
Total	10.149	1.061	7.107	1.061	68,3	100	40.495	5,7

Au Mali au cours des dernières années l'on a réalisé environ 1.500 forages, dont 70% sont positifs et 100 à 200 puits par an. Du fait de la construction de forages et de puits, l'on gagne (capte) de 5.000 à 8.000 t/h d'eau au total pour les puits et forages, soit 5,5 t/h par forage.

Le taux de forages positifs est montré au Tableau 3-4, à la suite des résultats des projets.

Le taux de succès de forage est compris entre 50 et 66%.

En tenant compte des résultats des prospections électriques, les conditions hydrogéologiques de la zone d'intervention qui ne sont pas très raisonnables nous amènent à prévoir un pourcentage assez élevé de forages négatifs.

En 7ème région économique la coopération japonaise a permis de réaliser 85 forages comprenant 16 forages réalisés par la partie malienne en utilisant les équipements fournis après ladite coopération, ce qui correspond à plus de la moitié des 158 forages existants, comme montré au Tableau 3-5.

Du point de vue du nombre d'installations de puisage, le type plus fréquent est le puits - citerne que l'on rencontre sur 36 points d'eau, contre 13 points pour les pompes manuelles et 6 points pour les moto-pompes.

Tableau 3-5 Résultats des forages réalisés

	Profondeur totale forée	Profond. moyenne	Nbr de forages	Forages positifs	Forages négatifs	Taux de positifs
L'Etude du Plan de Développement	1.284,70	80,29	16	12	4	75,00%
Première année de coopération financière non-remboursable	1.297,90	92,71	14	12	2	85,71%
Deuxième année de coopération financière	2.695,50	99,83	27	22	5	81,48%
Troisième année de coopération financière	2.695,35	96,26	28	21	7	75,00%
	7.973,45	93,81	85	67	18	78,52%

Le critère de forages positifs est de 100 m<sup>3</sup>/heure de débit

en cercle Kidal	Forage	15
	Productif	9
	Taux de positifs	60%
en cercles autres que Kidal	Forage	70
	Productif	50
	Taux de positifs	83%

## 2) Type de puits

### ① Puits traditionnels

Les puits creusés à main sans cuvelage à 0,8 m - 1,8 m de diamètre dont la profondeur est de 6 à 40 m environ. Beaucoup de puits de ce type deviennent secs pendant la saison sèche à cause de la faible profondeur en eau. Le bouchage par la pénétration de sable et de terre et l'effondrement nécessitent des travaux de curage (désensablement) tous les ans ou tous les deux ans.

### ② Puits modernes bétonnés

Les puits à cuvelage en béton armé ont généralement de 1,8 à 2,0 m de diamètre. La plupart des puits de ce type ont environ 40 m de profondeur, mais certains d'entre eux ont une profondeur allant jusqu'à 80 m.

Cette catégorie comprend deux types de puits: les puits captant l'eau souterraine directement jaillie au fond du puits et les puits-citernes combinés avec un forage captant l'eau artésienne.

Le premier type, creusé à plusieurs mètres (5 m environ) plus profond que le niveau d'eau souterraine devra être achevé comme un puits pouvant emmagasiner assez d'eau et être résistant à la sécheresse. Le deuxième type dont le fond de citerne est bétonné sera achevé comme un puit fermé (citerne).

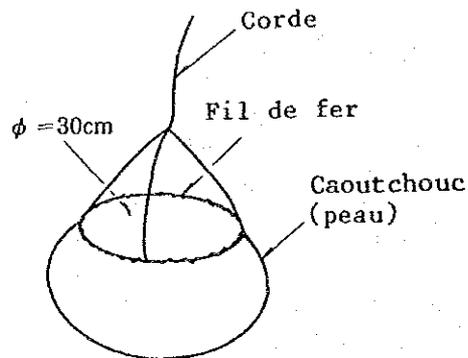
En général, le mode de construction est le creusage traditionnel à la main. En cas de creusage en sol dur (soubassement) on applique le système de cuvelage en béton depuis la partie supérieure en utilisant des explosifs. Récemment, on utilise parfois le creusage à la machine.

### 3) Types de forage d'eau

En zones sédimentaires dont les couches sont relativement molles, on utilise des tiges à forer de 12 pouces (300 mm) et des tubages de 6 pouces (150 mm) pour achever le forage. Cependant, pour le forage de sol dur de soubassement on utilise des tiges de forage de 145 mm et on achève le forage sans tubage.

### 4) Mode de puisage

Lorsqu'on puise en puits ordinaires, on utilise une sorte d'auge, fabriqué d'une rondelle de fil de fer et de peau ou de caoutchouc de vieux pneus.



Pour les puits moins profonds, on puise directement une quantité de 5 à 10 litres d'eau à chaque opération en faisant descendre cet auge. Pour les puits profonds de zones intérieures, les nomades utilisent la traction animale comme par exemple âne ou dromadaire (Chameau), en fixant une poulie au centre de puits.

## 5) Etat d'exploitatin des eaux souterraines

En 7ème région faisant l'objet d'intervention du projet, 156 forages d'eau ont été construits qui en 1988, assurant un débit de 1016 m<sup>3</sup>/h au total comme indiqué au Tableau 3-6. Un grand nombre d'entre eux ont été transformés en puits-citernes.

Pour ce qui est du programme étatique du Mali, l'on aura besoin d'un nombre de 1.525 points d'eau à l'horizon de l'année 1995, selon le taux de couverture des besoins d'eau, soit un point d'eau équipé d'installations modernes pour 200 habitants (40 litres/jour/tête) pour alimenter toute la population en eau potable dans la 7ème Région. Ceci implique que 15% de puits et 85% de forages seront respectivement réalisés.

D'autre part, si l'on introduit un autre critère, à savoir 1 puits pour 400 personnes dans les villages ayant moins de 1.500 habitants et un système sommaire d'approvisionnement en eau pour les agglomérations ayant plus de 1.500 habitants, on aura 387 points d'eau à construire au total jusqu'à l'année 1995.

Selon ce programme, le taux de couverture de besoin en eau est estimé de 10% à 30%. Ce taux de couverture nous montre une condition très sévère de vie pour les nomades.

Tableau 3-6 Débits de Forages Construits dans la 7ème Région (par cercle)

	MENAKA		GAO		KIDAL		ANSONGO		BOUREM		TOTAL	
	Nombre	m <sup>3</sup> /h	Nombre	m <sup>3</sup> /h	Nombre	m <sup>3</sup> /h	Nombre	m <sup>3</sup> /h	Nombre	m <sup>3</sup> /h	Nombre	m <sup>3</sup> /h
Coopération japonaise												
Puits-citerne	7	34,7	16	99,3	0	0	8	52,8	5	20,5	36	207,3
Moto-pompe	0	0	5	67,4	1	6,5	0	0	0	0	6	73,9
Pompe manuelle	0	0	8	39,0	4	7,5	0	0	1	5	13	51,5
Sec	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	3	0
Détérioration/ équipement (Détruit)	1	9,0	13	85,2	6	20,2	3	18,4	4	23,2	27	156,2
Total	8	43,7	44	290,9	12	34,2	11	71,4	10	48,7	85	488,9
Autres projets	34	313,7	17	108,9	4	24,0	6	23,4	12	63,5	73	533,5
Total	42	357,4	61	399,8	16	58,2	17	94,8	22	112,2	158	1022,4
Population (régionale)	50.005		148.886		34.813		76.896		73.134		383.734	
Nbre bénéficiaire (Nbre d'habitant) par forage	1.190		2.440		2.180		4.520		3.320		2.430	

### 3-2-4 Qualité de l'Eau

Dans le but d'examiner la qualité de l'eau des puits et des forages utilisés comme ressource d'eau potable par la population villageoise en région d'intervention du projet, nous avons effectué des analyses de l'eau au moyen d'un système d'analyse simple (WAS-D2 Institut d'étude physiochimique "KYORITSU RIKAGAKU KENKYUSHO"). Les résultats sont indiqués au Tableau 3-6 avec les données principales analysées au Japon lors de la précédente mission d'étude de faisabilité d'exploitation des eaux souterraines.

Selon les résultats, la qualité de l'eau est chimiquement bonne en général, avec certaines pollutions organiques, sauf pour l'échantillon d'eau souterraine du puits d'In Orfan.

L'eau des nappes aquifères de la formation quaternaire contient extrêmement peu de matières dissoutes, tandis que l'eau d'aquifères de formation tertiaire ou de roches de soubassement de système infracambien, dont la transmissibilité est très élevée, contient de nombreuses matières dissoutes.

L'eau du puits d'In Orfan qui n'est pas actuellement utilisée comme l'eau potable contient une quantité anormale de Fe, Cu, Zn, et d'autres métaux lourds.

Tableau 3-7 Résultats d'analyse d'eau

Point de détection		In Orfan Tertiaire	Kidal quaternaire	Gao	Ansongo Socle	Hamakouladji Tertiaire
Nature de ressource d'eau	Norme OMS	D-4 puits	Puits de centre d'accueil	Bo-3	Forage A-3	Forage
Température (°C)			26,5			33
Turbidité						
Couleur		jaune				
pH	7-8,5	4,0	8,5	8,0	7,6	7,2
		17,5	8,0	5,0		
			0,0035	0,02		
Azote nitrate (ppm)		0,03	2,0	0,23		
Azote ammoniacal (ppm)		+10	0,5	0,4		
Dureté totale (ppm)	500	OK	OUT	OK		
Transmissibilité ( s/cm)					1130	1690
Chlore restant			0	0,2		
Cl - (ppm)	200	OUT	OUT	OUT	19,4	297
Cr <sup>6+</sup> (ppm)	0,05	-0,05	0,05>	0		
Fe (ppm)	0,3	+10,0	0,3	0,5	15,5	0,63
Cu (ppm)	1,0	+10,0	0,4>	0	1,18	
Zn (ppm)	5,0	9,0	0,25	0,5		
Mn (ppm)	0,1				4,1	0,17
Ca (ppm)	75				125	63,5

Point de détection		In Orfan Tertiaire	Kidal quaternaire	Gao	Ansongo Socle	Hamakouladji Tertiaire
Nature de ressource d'eau	Norme OMS	D-4 puits	Puits de centre d'accueil	Bo-3	Forage A-3	Forage
Mg (ppm)	50				46,7	43,9
HCO <sub>3</sub> (ppm)					375	100
SO <sub>4</sub> (ppm)					262	242
Microbes (en 1 ml)			Non détecté	Détecté		
Colibacille			Non détecté	Détecté		