

**Banque Mondiale
Programme des Nations Unies
pour le Développement
Banque Africaine de Développement
Ministère Français de la Coopération**

Evaluation Hydrologique de l'Afrique Sub-Saharienne Pays de l'Afrique de l'Ouest

Rapport de pays: MALI

Juillet 1992

**Mott MacDonald
International
Cambridge, UK**

**BCEOM
Montpellier
France**

**SOGREAH
Grenoble
France**

**ORSTOM
Montpellier
France**

PREAMBULE

Cette étude constitue la troisième tranche de l'évaluation hydrologique régionale de l'Afrique Sub-Saharienne financée par le PNUD (Projet RAF/87/030), la Banque Africaine de Développement, et le Fonds d'Aide et de Coopération de la République Française. L'Etude a porté sur 23 pays de l'Afrique de l'Ouest et a débuté en Septembre 1990. Les pays furent visités par les membres de l'équipe d'étude entre Novembre 1990 et Novembre 1991. Le temps global consacré à chaque pays a été de six semaines en moyenne, dont la moitié au bureau des consultants. Dans 17 pays, ces derniers ont été introduits par le CIEH. L'étude a été organisée de manière à ce que les évaluations soient réalisées par le personnel de MOTT MacDonald International, du BCEOM, de SOGREA, de l'ORSTOM et de plusieurs consultants nationaux. Dès le début, une attention particulière a été portée à la cohérence de l'approche et à l'homogénéité de l'évaluation.

Le projet consistait à évaluer l'état des systèmes de collecte de données hydrologiques existants, et à formuler des recommandations nécessaires à leur amélioration, de manière à assister les pays dans l'établissement ou l'amélioration de bases de données hydrologiques fiables en vue de leur permettre une meilleure planification des programmes et projets de développement des ressources en eaux superficielles et souterraines. Le but était donc d'identifier les domaines où l'aide internationale serait nécessaire et de développer ces recommandations dans des propositions de projets sous une forme convenant aux bailleurs de fonds.

Les évaluations nationales, recommandations et propositions de projets identifiés ont fait l'objet de rapports nationaux. Un rapport régional complète les rapports par pays sur les aspects de l'étude qui nécessitent une approche au niveau de la région ou d'un grand bassin. Il résume également les caractéristiques communes des évaluations nationales et inclut des propositions de projets pour les activités qui couvrent tout ou partie de la région.

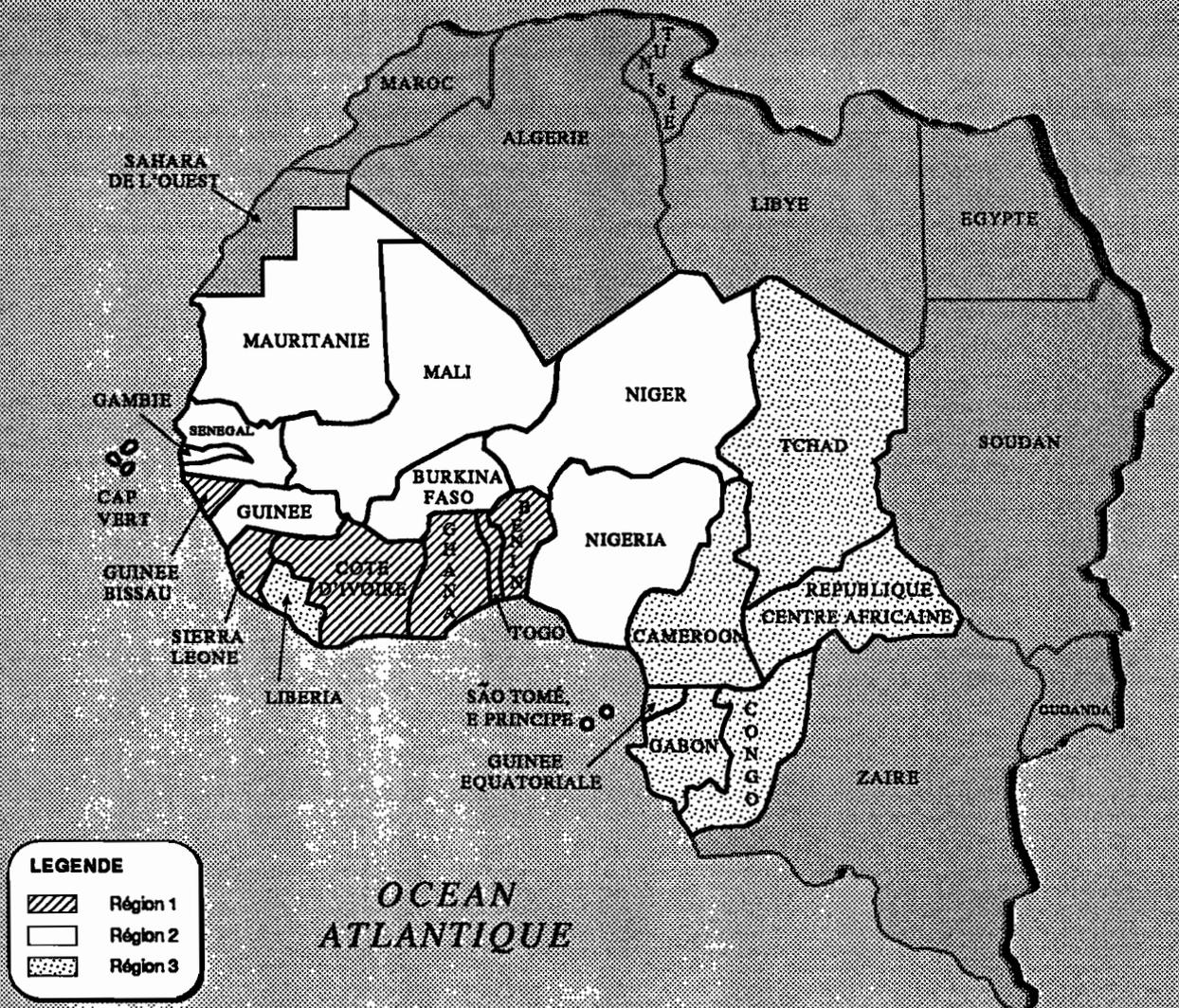
Le présent rapport a été réalisé par le BCEOM et l'ORSTOM à partir des informations et documents rassemblés durant la mission exécutée au Mali, du 26 Mai au 14 Juin 1991.

Nous souhaitons insister particulièrement sur l'aide précieuse apportée par des personnalités trop nombreuses pour être citées, et qui nous ont aidé à mener à bien cette évaluation.

Evaluation Hydrologique de l'Afrique Sub-Saharienne



Pays de l'Afrique de l'Ouest - Groupe III



ABREVIATIONS

ACDI	Agence Canadienne de Développement International
AIEA	Agence Internationale de l'Energie Atomique
BAD	Banque Africaine de Développement
BF	Borne Fontaine
BP	Branchement privé
CCCE	Coopération Française, Caisse Centrale de Coopération Economique
CEES	Cellule d'Entretien des Equipements Solaires
DCTD	Département de la Coopération Technique pour le Développement
DNGR	Direction Nationale du Génie Rural
DNHE	Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie
DNOP	Direction National Opération Puits
DNM	Direction Nationale de la Météorologie
EDM	Energie du Mali
EMAMA	Entreprise Malienne de Maintenance
FAC	Fonds d'Aide et de Coopération
FED	Fonds Européen de Développement
FENU	Fonds d'Equipement des Nations Unies
HCR	Haut Commissariat aux Réfugiés des Nations Unies
IGN	Institut Géographique National (France)
JICA	Projet de l'Assistance Japonaise
KBK	Projet Kita, Bafoulabé, Kéniéba
MAC	Coopération Française, Mission d'aide et de Coopération
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONG	Organisation non gouvernementale
OUA	Organisation de l'Unité Africaine
PHI	Programme Hydrologique International de l'UNESCO
PMH	Pompe à motricité humaine
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
SIGMA	Système informatique de gestion des ressources en eau du Mali
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 GENERALITES	1-1
1.1. Géographie	1-1
1.2. Population	1-1
1.3. Santé	1-2
1.4. Education	1-3
1.5. Economie	1-3
1.6. Climat	1-3
1.6.1. Grandes zones climatiques	1-3
1.6.2. Pluviométrie	1-5
1.7 Géologie	1-5
1.8. Hydrologie	1-9
1.8.1. Fleuve Sénégal	1-9
1.8.2. Fleuve NIGER	1-10
1.9. Hydrogéologie	1-11
CHAPITRE 2 MOBILISATION DES RESSOURCES	2-1
2.1. Evaluation des ressources en eau de surface	2-1
2.1.1. Niger	2-1
2.1.2. Bani	2-3
2.1.3. Pertes dans le Delta Intérieur du Niger	2-5
2.1.4. Sénégal à Kayes	2-5
2.2. Ressources en eau souterraines	2-7
2.2.1 Bilan des systèmes aquifères	2-7
2.2.2 Débits exploitables ponctuellement	2-8
2.2.3 Qualité de la ressource	2-10
2.2.4 Aménagement existants	2-14
2.3. Besoins en eau	2-19
2.3.1 Alimentation des populations	2-19
2.3.1.1 Centres urbains	2-19
2.3.1.2 Milieu rural	2-22
2.3.2 Agriculture	2-24
2.3.2.1 Irrigation	2-24
2.3.2.2 Elevage	2-27
2.3.3 Hydroélectricité	2-28
CHAPITRE 3 CLIMATOLOGIE	3-1
3.1. Structure	3-1
3.1.1. Organisation	3-1
3.1.1.1. Budget de la Direction de la Météorologie Nationale	3-1
3.1.2. Personnel	3-1
3.2. Réseaux	3-2
3.2.1. Réseau synoptique	3-2
3.2.1.1. Equipements	3-2
3.2.2. Le réseau climatologique	3-3
3.2.2.1. Equipements	3-3
3.2.3. Réseau pluviométrique	3-3
3.2.3.1. Equipement	3-3
3.3. Maintenance des réseaux	3-3

3.4. Collecte traitement archivage	3-3
3.4.1. Archivage sur support informatique	3-3
3.5. Qualité des données	3-9
3.5.1. Données pluviométriques	3-9
3.5.1.1. Critique de la pluviométrie des stations synoptiques	3-9
3.5.1.2. Lacunes et insuffisances du réseau pluviométrique	3-14
3.5.2. Données climatologiques	3-14
3.5.2.1. Insuffisances et lacunes	3-15
3.6. Diffusion des données	3-18
3.7. Perspectives	3-19
CHAPITRE 4 EAUX SUPERFICIELLES	4-1
4.1. Organisation et gestion	4-1
4.1.1. Division Hydrologie de la DNHE	4-1
4.1.2. Autres organisations	4-1
4.1.3. Personnel et formation	4-2
4.1.4. Budget	4-2
4.2. Données hydrologiques	4-2
4.2.1. Réseau hydrométrique	4-2
4.2.1.1. Historique	4-2
4.2.1.2. Stations du réseau hydrométriques	4-3
4.2.1.3. Etat actuel du réseau	4-3
4.2.2. Méthodes de mesures du débit	4-3
4.2.3. Equipement	4-12
4.2.3.1. Mesure des hauteurs d'eau	4-12
4.2.3.2. Mesure des débits	4-12
4.2.3.3. Pièces détachées	4-12
4.2.3.4. Equipement informatique	4-12
4.2.3.5. Moyens de déplacement	4-13
4.2.4. Entretien des stations	4-13
4.2.5. Traitement des données	4-13
4.2.5.1. Procédures	4-13
4.2.6. Qualité des données	4-13
4.2.6.1. Hauteurs d'eau	4-14
4.2.6.2. Débits	4-15
4.2.6.3. Conclusions	4-20
4.2.7. Disponibilité des données	4-20
4.3. Transport solide	4-22
4.4. Qualité des eaux	4-22
CHAPITRE 5 EAUX SOUTERRAINES	5-1
5.1. Structures institutionnelles	5-1
5.1.1 Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie	5-1
5.1.1.2 Division Hydrogéologie	5-2
5.1.1.3 Unité Informatique	5-5
5.1.1.4 Laboratoire de la Qualité de l'Eau	5-5
5.1.1.5 Cellule d'Entretien des Equipements Solaires	5-7
5.1.2 Direction Nationale Opération Puits	5-7
5.1.3 Energie du Mali	5-9
5.1.4 Projet Mali Aqua Viva	5-9
5.1.5 Direction Nationale du Génie Rural	5-11

5.2. Caractéristiques géologiques et géométrie des systèmes aquifères	5-11
5.2.1 Documents existants	5-11
5.2.2 Archivage et diffusion	5-12
5.2.3 Qualité des données	5-13
5.2.4 Lacunes et insuffisances	5-13
5.3. Géophysique	5-13
5.3.1 Organisation des campagnes, interprétation	5-13
5.3.2 Archivage et diffusion	5-14
5.3.3 Qualité des données	5-14
5.3.4 Lacunes et insuffisances	5-14
5.4. Inventaire des sources	5-14
5.5. Inventaire des puits et forages	5-14
5.5.1 Collecte, traitement	5-14
5.5.2 Archivage et Diffusion	5-15
5.5.3 Qualité des données	5-16
5.5.4 Lacunes et insuffisances	5-16
5.6. Piézométrie	5-16
5.6.1 Campagnes de mesures	5-16
5.6.2 Réseaux de mesures	5-16
5.6.3 Archivage et diffusion	5-17
5.6.4 Qualité des données	5-18
5.6.5 Lacunes et insuffisances	5-19
5.7. Débit des sources	5-19
5.8. Données sur la qualité des eaux	5-19
5.8.1 Collecte, traitement	5-19
5.8.2 Archivage et diffusion	5-19
5.8.3 Qualité des données	5-19
5.8.4 Lacunes et insuffisances	5-24
5.9 Archivage informatique	5-24
5.9.1 Base de données SIGMA	5-24
5.9.2 Base de données HVPRO	5-27
5.9.3 Transfert d'informations entre les bases de données	5-27
5.10. Modélisation des ressources en eau	5-36
CHAPITRE VI EVALUATION	6-1
6.1. Besoin de données en climatologie	6-1
6.1.2 Pluviométrie	6-1
6.1.2.1 Evaluation générale	6-1
6.1.2.2 Situation actuelle	6-1
6.1.2.3 Situation à venir	6-1
6.1.3 Climat	6-2
6.1.3.1 Situation générale	6-2
6.1.3.2 Situation actuelle	6-2
6.1.3.3 Perspectives	6-2
6.2. Besoins de données en hydrologie	6-2
6.2.1 Réseau hydrométrique	6-3
6.2.1.1 Organisation et densité du réseau	6-3
6.2.1.2 Equipement des stations	6-3
6.2.1.3 Exploitation du réseau	6-4
6.2.2 Traitement et disponibilité des données	6-4

6.2.3 Matériel hydrométrique et véhicules	6-4
6.2.4 Personnel	6-4
6.3. Besoin de données en hydrologie	6-4
6.3.1 Evaluation de la ressource	6-4
6.3.2 Pour l'évaluation des risques	6-5
6.3.2.1 Sur le plan quantitatif	6-5
6.3.2.2 Sur le plan qualitatif	6-5
CHAPITRE VII RECOMMANDATIONS	7-7
7.1. Introduction	7-1
7.2. Pluviométrie et climat	7-1
7.2.1. Structure gestionnaire	7-1
7.2.1.1. Organisation générale	7-1
7.2.1.2. Personnel	7-1
7.2.2. Réseaux	7-1
7.2.2.1. Taille et densité	7-1
7.2.2.2. Equipement	7-9
7.2.3. Données	7-2
7.2.3.1. Informatisation	7-2
7.2.3.2. Pluviographie	7-2
7.3. Eau superficielles	7-3
7.3.1. Structure gestionnaire	7-3
7.3.1.1. Organisation générale	7-3
7.3.1.2. Personnel	7-3
7.3.2. Réseaux	7-3
7.3.2.1. Taille et densité	7-3
7.3.2.2. Equipement	7-4
7.3.3. Données	7-4
7.3.3.1. Traitement	7-4
7.3.3.2. Archivage	7-4
7.4. Eaux souterraines	7-5
7.4.1 Structure organisationnelle	7-5
7.4.2 Taille et densité du réseau	7-6
7.4.3 Bases de données	7-7
7.4.4 Personnel	7-7
7.4.5 Equipement	7-8
7.4.6 Entretien	7-8
7.5. Projets identifiés	6-9

LISTE DES FIGURES

1.2.1 - Evolution de la population	1-2
1.6.1 - Pluviométrie inter-annuelle au Mali (1950-1989)	1-6
1.6.2 - Répartition des pluies moyennes mensuelles par type de climat (moyenne 1951/1980)	1-7
1.9.1 - Distribution des transmissivités	1-13
1.9.2 - Variation de l'infiltration en fonction de la pluie et de la profondeur de la nappe - aquifères fissurés	1-15
2.1.1 - Volumes écoulés à Koulikoro	2-1
2.1.2 - Le Niger à Koulikoro - Variation des débits des débits moyens mensuels - Période 1907/1989	2-3
2.1.3 - Volumes annuels transités à Douna	2-4
2.1.4 - La Bani à Douna - Débits moyens mensuels	2-4
2.1.5 - Variation des pertes dans le Delta Intérieur du Niger	2-5
2.1.6 - Volumes annuels transités à Kayes	2-6
2.2.1 - Bilan des flux des systèmes aquifères	2-9
2.2.2 - Caractéristiques hydro-chimiques par Région Administrative	2-12
2.2.3 - Historique du développement des travaux de forage	2-15
2.2.4 - Utilisation des forages	2-15
2.2.5 - Taux de réussite des forages, par unité hydrogéologique	2-16
2.2.6 - Débits unitaires moyens et maximum par unité hydrogéologique	2-16
2.2.7 - Distribution du débit des forages par système aquifère	2-17
2.3.1 - Evolution des besoins en eau	2-23
3.5.1 - Double cumul pour les stations de précipitation inter-annuelle supérieure à 1000 mm	3-11
3.5.2 - Double cumul pour les stations de précipitation inter-annuelle comprise entre 600 et 1000 mm	3-11
3.5.3 - Double cumul pour les stations de précipitation interannuelles inférieures à 600 mm	3-13
3.5.3 (suite) - Double cumul pour les stations de précipitation interannuelles inférieures à 600 mm	3-13
3.5.4 - Evolution de l'effectif pluviométrique	3-15
3.5.5 - Répartition, par degré carré, des postes pluviométriques en activité en 1980	3-16
4.2.1 - Nombre relatif d'observations	4-15
4.2.2 - Evolution du nombre de mesures de débits effectuées chaque année durant la période 1951-1990 à 21 stations principales	4-16
4.2.3 - Courbe d'étalonnage unique à Koulikoro	4-18
4.2.4 - Comparaison des débits jaugés et calculés pour le Niger à Koulikoro	4-18
4.2.5 - Ecart relatif Débits jaugés/Débits calculés	4-19
4.2.6 - Comparaison des débits jaugés et calculés sur le Niger à Dire	4-19
4.2.7 - Ecart relatif Débits jaugés/Débits calculés	4-20
5.6.1 - Suivis piézométriques - Début et fin des périodes d'observation	5-20
5.8.1 - Suivi de la qualité des eaux souterraines	5-25
5.9.1 - Base de données SIGMA	5-28

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A TERMES DE REFERENCES PARTICULIERS ELABORES PAR LE CIEH
ANNEXE B FICHES DE PROJETS
ANNEXE C BIBLIOGRAPHIE
ANNEXE D UNITES HYDROGEOLOGIQUES
ANNEXE E BULLETIN HYDROLOGIQUE
ANNEXE F ORGANIGRAMME ACTUALISE DE LA DNHE

PLANCHE HORS-TEXTE

Réseau hydrographique du Mali

CHAPITRE 1

GENERALITES

1.1. Géographie

Le Mali est un pays enclavé de l'Afrique de l'Ouest qui couvre une superficie de 1 240 000 km².

Le relief est peu contrasté. Dans la partie Sud du pays, des plateaux gréseux recouverts de cuirasses ferrugineuses, dominent de vastes étendues de collines et de plaines. Les plus importants sont à l'Ouest: le plateau Mandingue qui domine la vallée du Haut Niger au Sud et au Sud-Est, le plateau Dogon qui se prolonge à l'Est par un alignement de buttes résiduelles telle celle de Hombori avec le point culminant du Mali à la cote 1 155 mètres.

Ces plateaux sont bordés au Nord par de vastes plaines caractérisées par des systèmes dunaires.

Au Nord Est du pays, l'Adrar des Iforas est une extension des massifs cristallins du Sahara central.

A l'extrémité Nord du Mali, le plateau de Kenachich se prolonge à l'Est par celui du Tanezrouft. De type reg, il domine au Nord la cuvette de Taoudenit dont le point bas est occupé par la saline d'Argogott.

Les cours d'eau pérennes n'existent que dans les régions Ouest et Sud du pays et appartiennent aux bassins du Sénégal et du Niger. Le delta intérieur du Niger, entre Ké Macina et Tombouctou constitue un des traits spécifiques de l'hydrologie du Mali.

1.2. Population

La population malienne est connue au travers de deux recensements réalisés en 1976 et 1987. En ce qui concerne le dernier, seuls les résultats provisoires sont connus.

Entre ces deux périodes l'accroissement annuel de la population a été de 1,7%. Ce taux résulte d'un accroissement de 2,7% diminué d'un taux d'émigration à l'étranger de 1%.

TABLEAU 1.2.1 - Evolution de la population

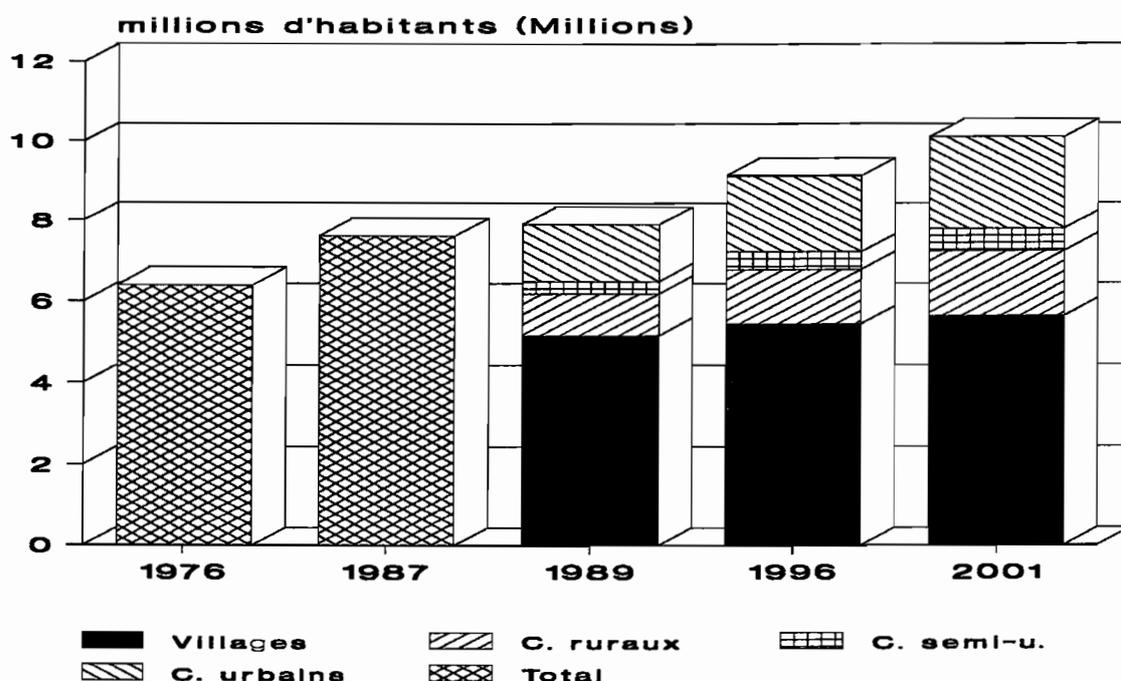
Régions	1976	1987	1989	1996	2001
1 Kayes	872750	1058575	1100637	1275848	1440673
2 Koulikoro	932237	1180260	1229649	1433585	1594923
3 Sikasso	1098068	1308828	1356636	1552140	1671451
4 Ségou	1082224	1328250	1380201	1582917	1724507
5 Mopti	1129041	1261383	1290286	1404061	1488370
6 Tombouctou	490456	453032	450412	451400	446641
7 Gao	370903	383734	387781	419130	400243
Bamako	419239	646163	709203	1010826	1336415
Total	6394918	7620225	7904805	9129907	10103223

Dans le cadre de l'élaboration du Schéma directeur préparé par la DNHE avec l'appui technique du PNUD/DCTD, des projections à l'horizon 1989, 1996, et 2001 ont été réalisées. Elles sont résumées sur le Tableau 1.2.1

Selon la classification communément adoptée au Mali, la population est regroupée de la manière suivante:

- villages administratifs et population rattachée: hameaux et lieux-dits: de 200 à 2 000 habitants.
- centres ruraux et éventuellement quartiers excentrés: 2 000 à 5 000 habitants.
- centres semi-urbains: de 5 000 à 10 000 habitants.
- centres urbains: plus de 10 000 habitants.

FIGURE 1.2.1 - Evolution de la population



Les Chefs-lieux de Cercle et de Région sont considérés comme des centres urbains et les chefs-lieu d'arrondissement comme des centres ruraux, quelle que soit leur population.

La densité moyenne de population est de 6 habitants au km². La densité de population par arrondissement est de moins de 5 habitants par km² dans les zones de nomadisme. Elle peut dépasser 40 habitants par km dans la région de Ségou et le pays Dogon.

1.3. Santé

Le Plan Quinquennal 1987-1991 part du constat que la situation sanitaire au Mali se situe à un niveau très bas, même si on le compare à la moyenne africaine. Cette constatation est en grande partie due aux conditions d'alimentation en eau.

Le taux de fécondité est de 7,14% et celui de la mortalité infantile de 175 pour 1000. L'espérance de vie est de 48,2 ans.

Le bulletin OMS 63 de 1985, montre que la morbidité est diminuée dans:

- 16% des cas par la fourniture d'eau potable,
- 25% des cas par accroissement de la quantité d'eau disponible,
- 22% des cas par l'amélioration simultanée des critères qualité et quantité.

1.4. Education

Le taux d'alphabétisation est de 20% pour les hommes et de 10% pour les femmes. Le taux de scolarisation est de 9,12% pour les garçons et de 5,08% pour les filles.

1.5. Economie

Le Produit Intérieur Brut a évolué de 463 milliards de Francs CFA en 1984 à 667 milliards en 1990. Le revenu par tête a été de 260 US \$ en 1989.

Le montant total de l'aide bi ou multilatérale s'est élevé à 486 millions US \$ en 1989.

1.6. Climat

1.6.1. Grandes zones climatiques

Le territoire Malien est soumis à dans sa majeure partie à quatre influences climatiques :

- Climat Guinéen au sud de l'isohyète 1300 mm .
- Climat Tropical pur entre les isohyètes 1300 et 700mm.
- Climat sahélien entre 700 et 300 mm.
- Climat subdésertique au nord de l'isohyète 300mm.

Cette classification est variable suivant que l'on considère les domaines météorologique ou hydrologique.

Les trois premiers climats sont induits par le mouvement alternatif de deux masses d'air "harmattan" et "mousson". De Novembre à Avril suivant les climats, sous l'influence de l'anticyclone du Sahara, l'harmattan souffle du Nord-Est, repoussant vers le Sud le FIT (Front Inter Tropical). De Mai à Octobre, la dépression saharienne remplace progressivement l'anticyclone. L'anticyclone de Saint Hélène remonte vers le Nord , la mousson envahit alors les bassins du Niger et du Sénégal. Le FIT est repoussé vers le Nord, le degré hydrométrique s'élève au sol, des tornades sèches accompagnent cette remontée du FIT, puis des pluies courtes et intenses, enfin la mousson apparait avec son cortège de pluies longues moins intenses que les précédentes. Ce type de pluie n'atteint pas le nord de la cuvette lacustre et la partie nord du bassin du Sénégal.

Les températures moyennes varient progressivement du Sud au Nord :

TABLEAU 1.6.1 - Températures moyennes

Stations	T. moy.	Stations	T. moy.
BAMAKO	28.5	KENIEBA	28.3
SEGOU	28.6	KAYES	29.4
SAN	28.3	KITA	28.0
MOPTI	27.7	NIORO DU SAHEL	28.5
TOMBOUCTOU	29.1	BAFOULABE	29.0

L'orientation des vents est réglée par la présence des courants de secteur N-E (Harmattan) et de S-W (Mousson). Le Tableau suivant montre les variations par classe de la **vitesse moyenne des vents** (en jour).

Les stations de Kayes - Sikasso - Bamako - Mopti et Tombouctou ont été retenues.

TABLEAU 1.6.2 - Vitesse moyenne des vents

Stations	V<1m/s	2<V<4	5<V<6	7<V<14	15<V<21
KAYES	101	223	31	9	1
SIKASSO	256	109	0	0	0
BAMAKO	92	216	46	11	0
MOPTI	158	144	45	17	0
TOMBOUCTOU	126	225	12	2	0

Le Tableau suivant contient les valeurs minimales et maximales de l'**humidité relative** en différents points du Mali.

TABLEAU 1.6.3 - Humidité relative

Stations	Humidité relative en %	
	Moyenne des maxima en "Ux"	Moyenne des minima en "Un"
BAMAKO	73	33
KAYES	79	17
SEGOU	74	32
SAN	79	32
MOPTI	75	30
TOMBOUCTOU	54	21
NEMA	49	22

L'évaporation sur Bac Colorado a été observée en plusieurs points du territoire Malien:

- A la frontière de Guinée elle n'est que de 1800 mm soit 1500 à 1600 mm sur plan d'eau libre.

- A Bamako, elle atteint 2400 mm, soit sensiblement 1800 à 1900 mm sur plan d'eau libre.
- A Tin Adjar, au sud de Gourma Rarhous (en plein Gourma), la hauteur moyenne observée est de 3170mm, soit environ 2500mm sur plan d'eau libre.
- M'Bouna, dans la zone des grands lacs de rive droite, dans un microclimat humide créé par les vents de N-E qui balaient le lac en saison sèche avant d'atteindre la station, l'évaporation n'est que de 2500mm sur bac, soit 1900mm sur plan d'eau libre.

1.6.2. Pluviométrie

Le Tableau 1.6.4 donne quelques chiffres de hauteurs moyennes annuelles suivant les zones climatiques où sont implantées les stations :

TABLEAU 1.6.4 - Hauteurs moyennes de pluie

Climats	Stations	Pluie An. (mm)	Stations	Pluie An. (mm)
GUINEEN	BOUGOUNI	1 270	SIKASSO	1 250
	KENIEBA	1 367		
TROPICAL PUR	KITA	1 149	SIRAKORO	1 169
	KANGABA	1 125	BAMAKO	1 085
	DIOILA	960	NIENEBALE	885
	AMBIDEDI	810	GALOUGO	919
	SAN	750	BAROUELI	800
SAHELIEN	SEGOU	705	NIRO	614
	DJENNE	615	YELIMANE	603
	KE MACINA	545	MOPTI	535
	NARA	490	KORIENTZE	415
SUB-DESERTIQUE	SARAFERE	300	BOUREM	155
	DIRE	270	GAO	255
	TOMBOUCTOU	195	GOURMA RARHOUS	175

Le Tableau 1.6.5 et la Figure 1.6.2 montrent la répartition des hauteurs de pluies mensuelles pour les différents types de climat que l'on trouve au Mali.

1.7 Géologie

Le Mali occupe la majeure partie du vaste bassin sédimentaire de Taoudenit qui représente une des structures majeures de la géologie de l'Afrique de l'Ouest. Un rappel géologique circonstancié est présenté dans la synthèse hydrogéologique du Mali préparée par le Projet PNUD/DCTD MLI 84/005, dont on rappelle les grands traits ci-dessous:

FIGURE N° 1.6.1 - Pluviométrie inter-annuelle au Mali (1950-1989)

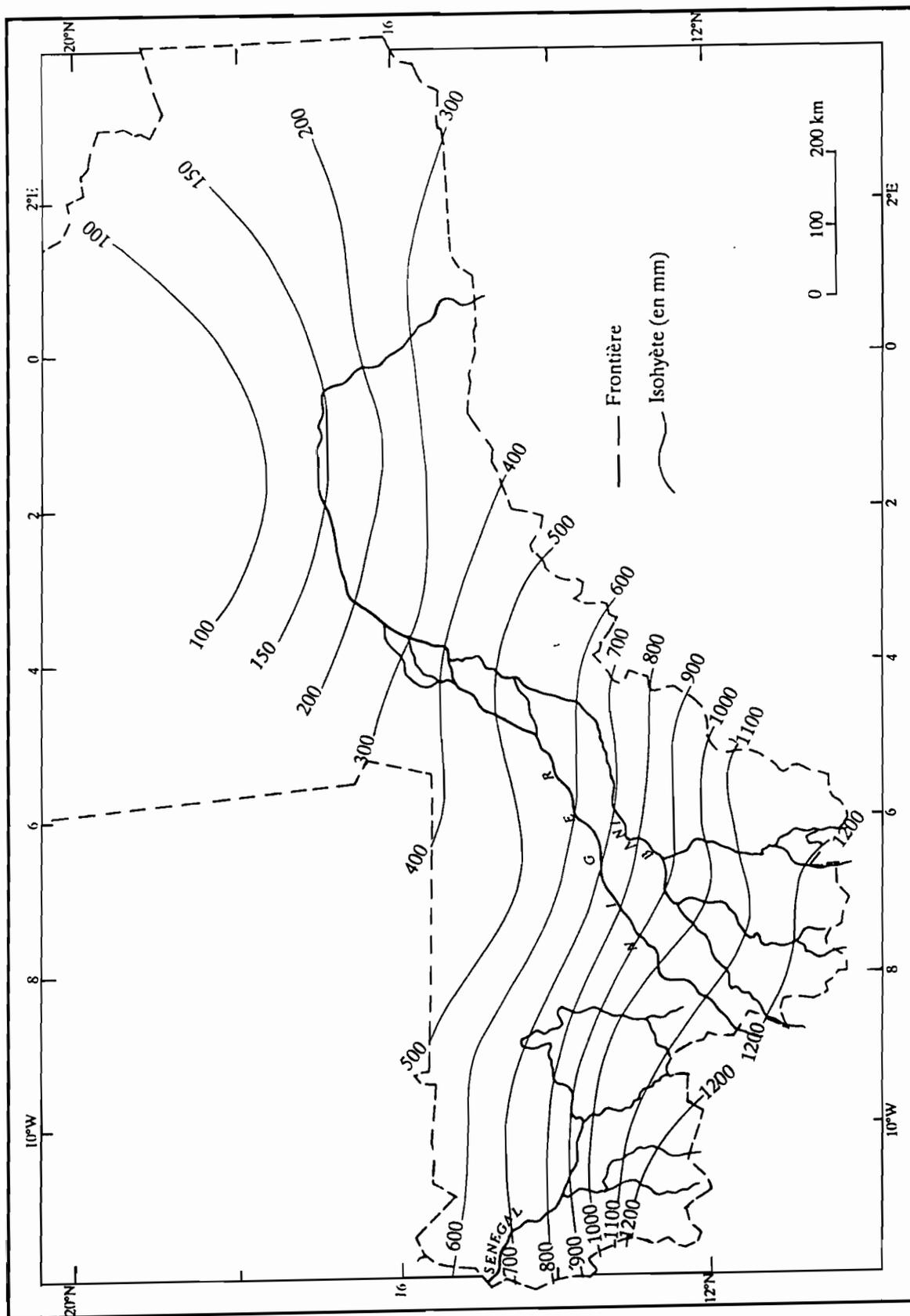
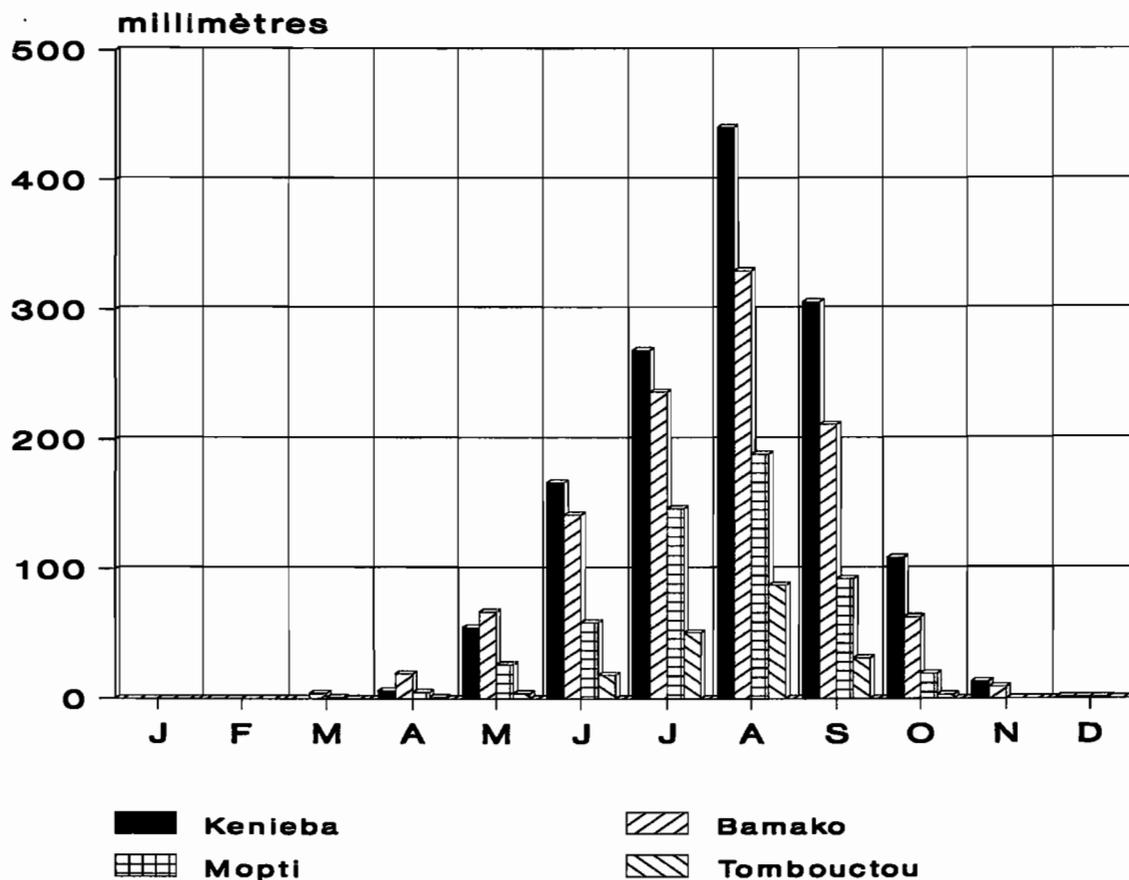


TABLEAU 1.6.5 - Pluies moyennes mensuelles

REGIMES	Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
GUINEEN	KENIEBA	0	0	0	6	55	167	269	441	306	109	13	1	1367
TROPICAL	BAMAKO	0	0	4	19	67	142	237	330	212	63	9	1	1084
SAHELIEN	MOPTI	0	0	1	5	26	59	147	189	93	19	0	1	540
SUB-DESERTIQUE	TOMBOUCTOU	0	0	0	1	4	18	51	88	31	3	0	0	196

FIGURE 1.6.2 - Répartition des pluies moyennes mensuelles par type de climat (moyenne 1951/1980)



a) Socle birrimien (Précambrien C)

Il affleure dans la région de Bougouni et de Kayes sur les bordures Sud-Ouest et Ouest du Mali. Il forme également la zone axiale de l'Adrar des Iforas. Enfin, il affleure au Nord de Taoudenit marquant ainsi la limite Nord du bassin du même nom.

Il est constitué de formations volcano-sédimentaires affectées par un métamorphisme plus ou moins poussé, ainsi que de massifs de granites intrusifs.

b) Infracambrien (Précambrien A)

Il affleure largement dans la moitié Sud du Mali avec des faciès essentiellement gréseux et schisteux: plateaux gréseux de la bordure méridionale du Bassin de Taoudenit, formations schisteuses et argileuses métamorphisées du bassin de Gourma en bordure de l'Adrar des Iforas, faciès carbonatés du seuil de Hombori-Douentza.

c) Cambrien

Il affleure le long de la frontière mauritanienne. Il est essentiellement constitué par plus de mille mètres de schistes, shales, et argilites avec intercalations de grès et calcaires dolomitiques.

d) Primaire de Taoudenit

Il affleure à l'extrémité Nord du Mali et comprend:

- les faciès pélitiques du Cambro-Silurien, dont l'épaisseur dépasse 1200 mètres,
- les calcaires, marnes et argiles à niveaux de gypse du Dévonien dont l'épaisseur peut atteindre 1500 mètres,
- les calcaires marins du Viséens et les faciès continentaux du Namurien représentant le Carbonifère. La puissance des calcaires varie de 600 à plus de mille mètres. Les faciès continentaux ont une épaisseur supérieure à 1000 mètres.

e) Intrusions doléritiques

Mises en place au Permien et au Trias, elles regroupent des roches volcaniques diverses, notamment des gabbros et des basaltes.

Dans les formations gréseuses ces intrusions sont présentes sous forme de dykes, alors que, dans les formations schisteuses du Cambrien et de l'Infracambrien, elles constituent des systèmes volcaniques dont l'épaisseur peut dépasser 150 mètres sur plusieurs centaines de km².

f) Continental intercalaire

Il est constitué de formations continentales déposées au cours de l'Ere Secondaire avant la transgression du Crétacé moyen:

- grès du bassin d'Azaouad,
- sables, grès et argiles bariolées du fossé de Nara,

- grès et conglomérats continentaux de la bordure Nord-Ouest de l'Adrar des Iforas.
- grès, argiles, et formations argilo-sableuses de la bordure Sud-Est de l'Adrar des Iforas.

g) Crétacé supérieur - Eocène inférieur

Il s'agit de sédiments marins ou lagunaires déposés au Nord-Ouest de l'Adrar:

- grès argileux du Sénonien-Maëstrichtien,
- calcaire du Paléocène inférieur,
- calcaire et calcaire marneux du Paléocène supérieur,
- schistes papyracés de l'Eocène inférieur.

L'épaisseur totale de la série n'excède pas 80 mètres.

Plus au Sud le Sénonien-Maëstrichtien s'épaissit fortement et comprend des argilites et des grès.

h) Continental Terminal

Il est constitué de dépôts continentaux miocènes et pliocènes représentés par des niveaux sablo-argileux et sableux ainsi que d'horizons latéritiques. Son épaisseur est généralement d'une centaine de mètres au niveau du delta intérieur. Elle atteint mille mètres dans la fosse de Gao.

i) Formations de recouvrement

On distingue:

- les formations latéritiques qui couvrent la majeure partie du socle birrimien,
- les dépôts alluviaux bien développés dans le delta intérieur,
- les formations lacustres caractérisant les zones interdunaires,
- les formations dunaires.

1.8. Hydrologie

Les bassins des fleuves Sénégal et Niger couvrent la presque totalité du territoire Malien. Seule, la partie qui est soumise au climat sub-désertique, ne peut-être considérée comme faisant partie de ces bassins. Les écoulements qui s'y produisent sont principalement endoréiques.

La majeure partie des volumes qui transitent à travers les deux fleuves proviennent des versants Nord et Ouest du massif du Fouta Djallon situé en Guinée.

1.8.1. Fleuve Sénégal

Il est constitué principalement du Bafing et des ses affluents principaux, Bakoyé et Baoulé en rive droite puis Faleme en rive gauche. Les débits du fleuve sont contrôlés en grande partie par le barrage de Manantali, sur le Bafing. Cet ouvrage, d'une capacité proche de 12 milliards de m³, permettra dès l'hivernage 1992 d'effectuer une régularisation interannuelle des débits du fleuve au niveau de Kayes et à l'aval, dans la vallée sénégalo-

mauritanienne. Le Tableau 1.8.1 contient les principales caractéristiques physiques du bassin versant du fleuve Sénégal :

TABLEAU 1.8.1 - Principales caractéristiques du bassin versant du fleuve Sénégal

Cours d'eau	Station	Superficie (km ²)	Pente (m/km)
BAFING	DAKKA SAIDOU	15700	1.59
	MAHINA	38400	1.01
FALEME	KIDIRA	28900	1.50
BAKOYE	OUALIA	84700	0.38
	TOUKOTO	16500	1.03
BAOULE	SIRAMAKANA	59500	0.52
SENEGAL	BAFOULABE	124700	0.48
	KAYES	157400	0.49

Le module annuel moyen à Kayes atteint 545 m³/s pour la période 1905/1990. Ce domaine sera développé au chapitre 2.

1.8.2. Fleuve NIGER

C'est le plus grand cours d'eau du Mali, il parcourt 1700 km à travers le pays. On distingue:

- le cours supérieur du fleuve qui est limité par la frontière de Guinée et la ville de Ségou. Dans cette partie le NIGER reçoit les eaux du Sankarini sur lequel est érigé le barrage de Sélingué (retenue de 2.10⁹m³).
- le Delta Central s'étend vers l'aval jusqu'au niveau de Tombouctou. Le fleuve Bani joint ses eaux à celle du bras principal du Niger à Mopti.
- le Lac Debo concentre les eaux du fleuve, puis, deux bras importants, l'Issa Ber au Nord et le Bara Issa dans le centre du delta drainent la zone deltaïque aval. De chaque côté, de grands lacs servent de déversement pendant la crue et capturent ainsi environ la moitié des eaux du fleuves qui ne sont plus disponibles à l'aval.
- à l'aval de Tombouctou, le fleuve s'engage dans la boucle, au milieu des sables. Le décors ne changera pratiquement pas jusqu'à sa sortie du Mali, à l'aval d'Ansongo.
- à Koulikoro, station principale observée depuis 1907, les débits sont bien connus, le module annuel moyen est de 1500 m³/s. Les apports du Bani, mesurés à Douna, correspondent à un module annuel moyen de 576 m³/s. La somme des modules entrant dans le Delta Intérieur est donc de l'ordre de 2080 m³/s.

A la sortie du Delta, à Dire, on observe un module de 1085 m³/s et à TOSSAYE, dans la boucle, il passe à 1020 m³/s. A Niamey, à la sortie de la boucle, il est descendu à 975 m³/s. Les pertes lors du passage dans le Delta et dans la Boucle sont donc de l'ordre de 53% en moyenne.

1.9. Hydrogéologie

a) Formations aquifères

La synthèse réalisée par la DNHE dans le cadre du projet PNUD/DCTD MLI 84/005 constitue un ouvrage de référence réalisé à partir de toutes les informations disponibles sur l'ensemble du territoire malien.

Cette synthèse hydrogéologique du Mali distingue neuf systèmes aquifères profonds dont la nomenclature est présentée dans le Tableau 1.9.1. Chacun de ces systèmes a été découpé en unités hydrogéologiques et secteurs hydrogéologiques, comme cela est indiqué dans l'Annexe D.

Les aquifères de type fissuré sont semi-continus ou discontinus suivant la densité, l'extension et l'interconnexion des réseaux de fissuration. Ils sont constitués par les formations cristallines et sédimentaires du Précambrien et du Primaire.

Les aquifères de type généralisé sont associés à des formations peu ou pas consolidées à porosité intergranulaire. Ils sont associés aux dépôts d'origine continentale accumulés dans de vastes bassins depuis le Secondaire.

b) Paramètres hydrodynamiques

La distribution des transmissivités selon les différents aquifères fait l'objet de la Figure 1.9.1.

Celle des coefficients d'emmagasinement est reportée sur la Tableau 1.9.2

c) Piézométrie régionale

La piézométrie du Mali est caractérisée par de vastes dépressions piézométriques situées dans la plaine sahélienne qui couvre les régions centrales et orientales du pays:

- bassin moyen du Niger: elle est la plus étendue et couvre le fossé de Nara, la plaine de Ségala-Guiré, le Méma-Dioura, la plaine alluviale de Katiéna-Sy entre le Niger et le Bani, les bassins Nord et Sud de l'Azaoua et le Gourma central.
- dépression de Gao, couvrant le détroit soudanais et le Gourma oriental.
- dépression du Gondo.

TABLEAU 1.9.1 - Principaux systèmes aquifères du Mali

Type d'aquifère	Etage stratigraphique	SIGLE GEOL.	Lithologie dominante	Superficie (km ²)	% superf. du Mali
Aquifères généralisés	Continental terminal et Quaternaire	CTQ	Argiles, argiles sableuses, sables, latérites	202830	16
	Crétacé supérieur et Eocène inférieur	CSE	Calcaires, marnes	138910	11
	Continental terminal et Continental Intercalaire	CIT	Sables, argiles sableuses, argiles	208870	17
	Continental intercalaire	CIN	Sables, grès, conglomérats	82320	7
					----- 51
Aquifères fissurés	Primaire Taoudenit	PRI	Calcaires, grès	112700	9
	Cambrien	CAM	Schistes, shales, calcaires, grès	6600	5
	Infracambrien tabulaire	ICT	grès, grès schisteux, schistes	174810	14
	Infracambrien plissé métamorphique	ICP	Schistes, calcaires, quartzites	97420	8
	socle granitique et métamorphique	SOC	Granites, grauwackes, micaschistes, schistes	156080	13
					----- 49
Aquifères superficiels	Quaternaire	QUAT	Latérites, argiles, sables, graviers	Dispersée	-

FIGURE 1.9.1 - Distribution des transmissivités

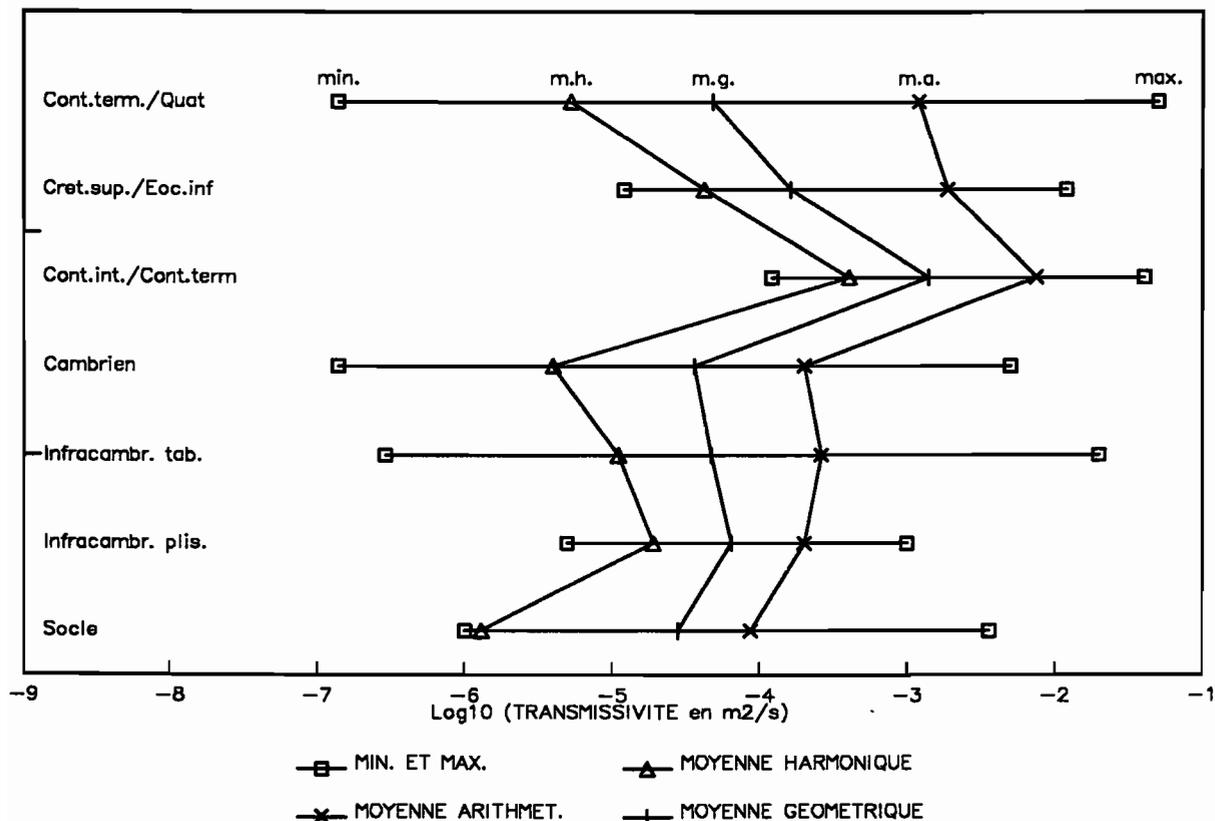


TABLEAU 1.9.2 - Distribution des coefficients d'emmagasinement

AQUIFERE Unité Hydrogéologique	Nombre de données	S min.	S moy.	S max.
CONTINENTAL TERMINAL/ QUATERNAIRE				
Fossé de Gao	1		1E-04	
Azaouad Sud	1		6E-04	
Delta intérieur	2	1E-04	1E-04	1E-04
CAMBRIEN				
Ouagadou	4	1E-05	6E-06	2E-05
Kaarta	1		4E-06	
INFRACAMBRIEN TABULAIRE				
Bani moyen	6	6E-05	5E-04	1E-03
Est plateau Mandingue	49	4E-07	8E-03	1E-01
Baoulé (Sénégal)	20	2E-05	4E-03	5E-02
Bakoye	5	2E-06	7E-05	3E-04
Bafing	4	2E-06	2E-04	8E-04
SOCLE				
Baoulé (Niger)	2	3E-05	1E-04	2E-04

Source: PNUD/DCTD MLI 84/005

Toutes ces dépressions sont localisées dans la zone climatique sahélienne et désertique caractérisée par des pluies de 200 à 300 mm et une ETP supérieure à 2 500 mm.

Elles se sont développées dans des aquifères de type intergranulaire ou dans des zones d'altération épaisses.

d) Fonctionnement des systèmes aquifères

Les mécanismes de recharge sont constitués par:

- l'infiltration d'une partie des pluies,
- l'infiltration des eaux de surface en particulier: écoulements pérennes ou non pérennes, zones lacustres du delta intérieur, plaines d'inondation.

L'infiltration a été estimée à partir des fluctuations piézométriques saisonnières qui caractérisent les aquifères discontinus et les aquifères de recouvrement:

$$I = 0,11 \times P + 63, \text{ pour } P > 700 \text{ mm}$$
$$I = 0,30 \times P - 70, \text{ pour } 300 \text{ mm} < P < 700 \text{ mm}$$

avec I : infiltration annuelle en mm

P : hauteur annuelle des précipitation en mm

Une autre relation a été identifiée entre la lame d'eau infiltrée et la profondeur de la nappe. Ces deux relations ne sont pas indépendantes car la profondeur des nappes est liée à la hauteur de pluie annuelle.

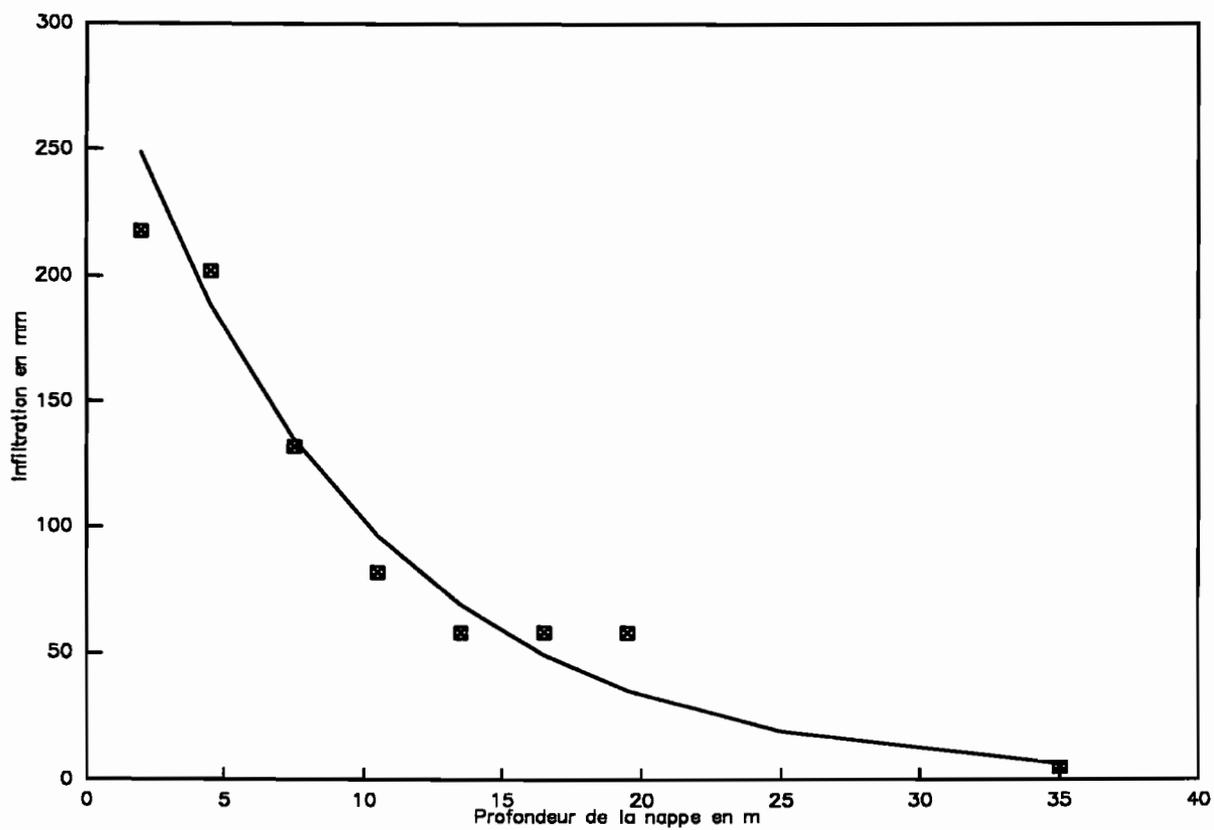
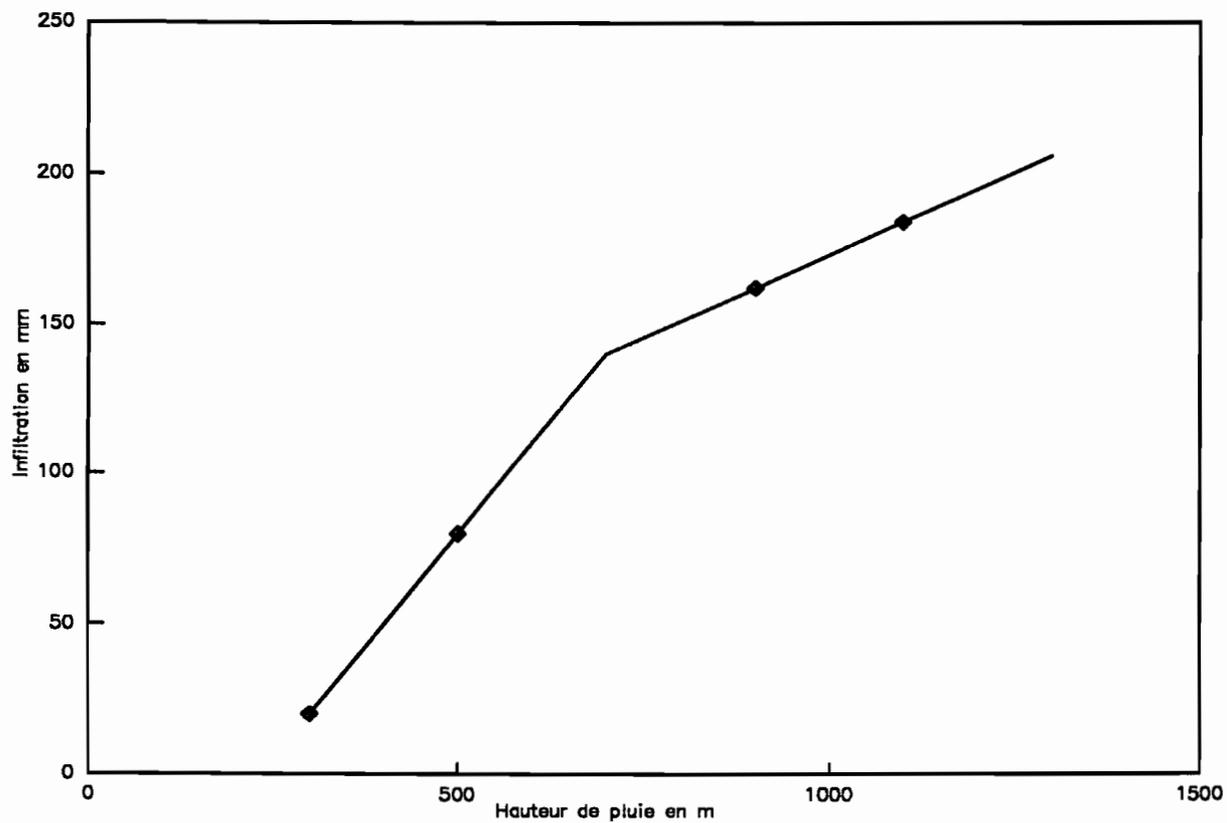
Ces deux relations font l'objet de la Figure 1.9.2.

Les mécanismes d'exhaure comprennent:

- le drainage par les cours d'eau qui permet l'existence d'un débit de base dans les rivières au cours de la saison sèche,
- l'évapotranspiration de l'eau contenue dans les formations aquifères,
- l'exploitation des eaux souterraines.

L'évapotranspiration semble être un des principaux mode de vidange des aquifères même pour ceux dont le niveau statique est relativement profond. L'existence de dépressions piézométriques fermées, les résultats des analyses en isotopes stables, les données concernant les écoulements souterrains tendent à confirmer son rôle.

FIGURE 1.9.2 - Variation de l'infiltration en fonction de la pluie et de la profondeur de la nappe - aquifères fissurés



Source: FNUD/DCID MLI 84/005

CHAPITRE 2

MOBILISATION DES RESSOURCES

2.1. Evaluation des ressources en eau de surface

La presque totalité des ressources en eau de surface du Mali, en ce qui concerne les écoulements, provient des bassins des deux grands fleuves Sénégal et Niger. Nous estimerons cette ressource au niveau des stations les plus représentatives, soit Koulikoro et Douna sur les bassins du Niger et du Bani et Kayes sur le Sénégal.

2.1.1. Niger

Le meilleure estimation des volumes transités est effectuée à la station de Koulikoro, dont les observations ont débutés en 1907. La superficie du bassin est de 120 000 km².

La Figure 2.1.1 montre l'évolution des volumes annuels écoulés à la station de Koulikoro depuis 1907 (les volumes sont calculés par année hydrologique : 1/05 au 30/04). Cette Figure traduit graphiquement les valeurs contenues dans le Tableau 2.1.1.

La Figure 2.1.2 présente les variations des débits moyens mensuels pour toute la période des observations.

FIGURE 2.1.1 - Volumes écoulés à Koulikoro

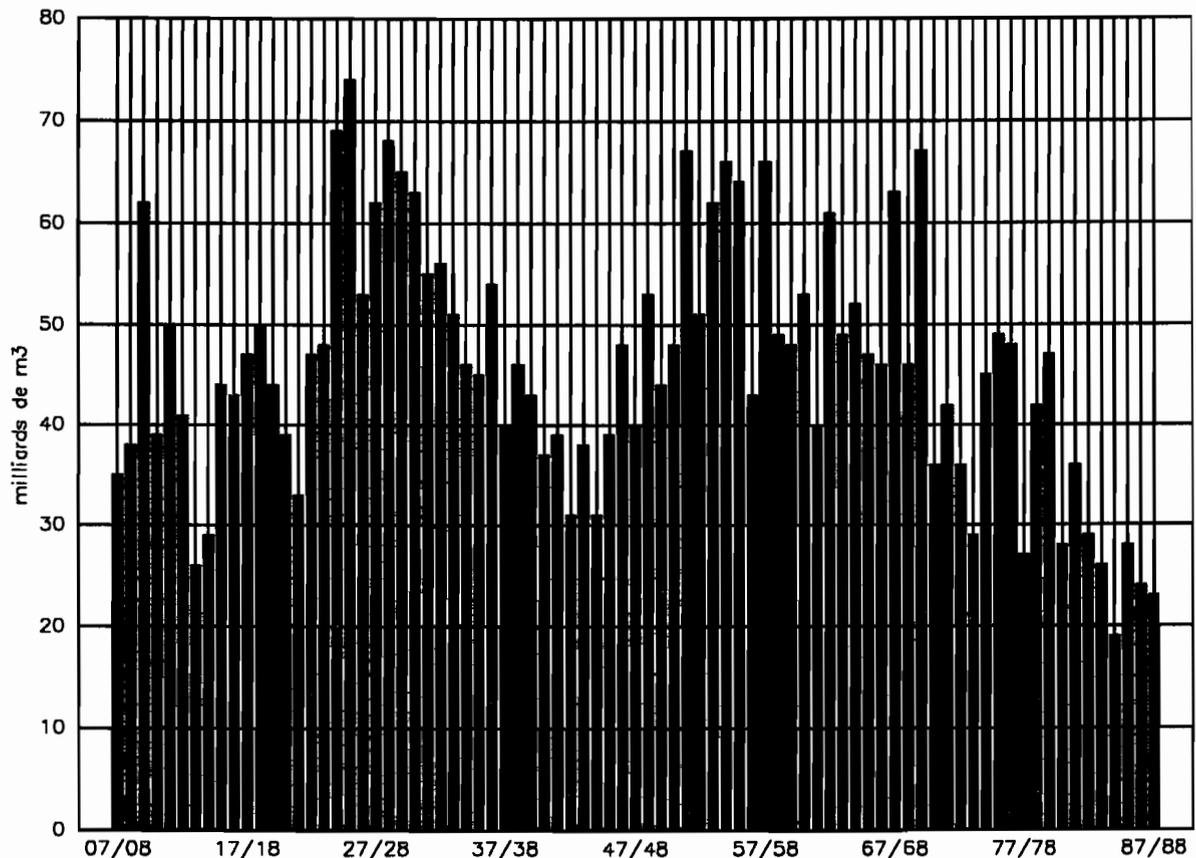
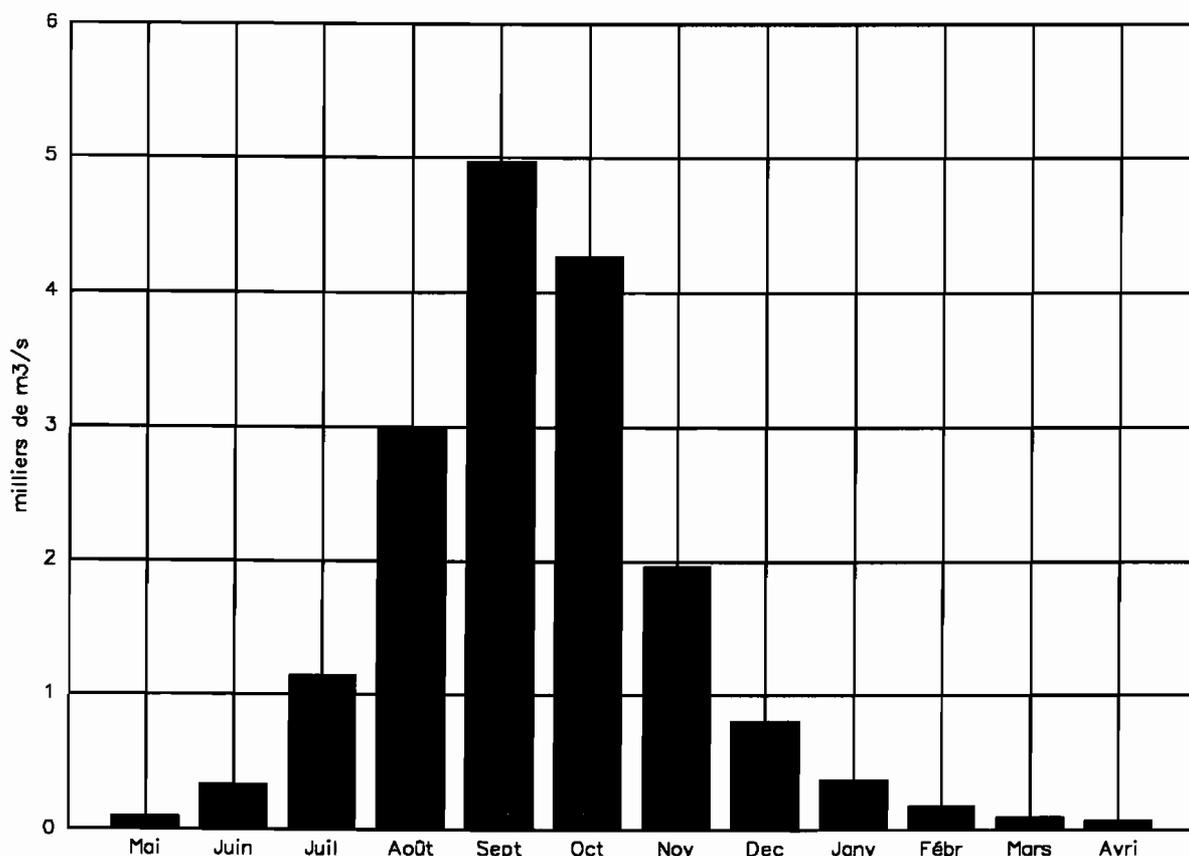


TABLEAU 2.1.1 - Débits moyens mensuels, annuels, et volumes annuels à Koulikoro
 Débits en m³/s, Volumes en 10⁺⁹ m³/s

	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avr	Moyen.	Vol.
1906/07	-	-	-	-	-	-	-	-	327	144	76.9	46.8	-	-
1907/08	53.8	266	828	1900	3750	3080	1990	925	338	153	70.9	38.6	1120	35
1908/09	35.8	196	664	2300	4110	4050	1680	794	302	156	87.8	60	1200	38
1909/10	178	900	1930	4880	6280	4530	2690	1140	504	183	83	53.9	1930	62
1910/11	49.2	185	851	3030	4510	3680	1440	565	237	83.9	49.9	34.3	1230	39
1911/12	53.9	294	1210	4080	6250	4100	1760	783	351	156	80.9	40.9	1600	50
1912/13	29.6	82.6	944	2300	4550	4660	1690	672	354	147	51.2	26.3	1290	41
1913/14	30	126	654	1300	3080	2310	1400	505	194	59.7	44.4	47.1	813	26
1914/15	85.1	275	596	1230	3640	3160	1180	380	190	65.9	32.8	30.3	922	29
1915/16	102	609	1610	2880	4830	3740	1500	651	332	158	66.5	40	1380	44
1916/17	47.2	140	1440	3350	5070	4140	1260	474	225	112	72.7	23.6	1360	43
1917/18	45	238	784	3590	5910	3740	1520	966	453	222	115	118	1480	47
1918/19	166	909	1700	3980	4590	4140	1850	860	385	184	115	49.3	1580	50
1919/20	59.2	592	1620	3230	4710	3760	1450	631	280	118	64	48.8	1380	44
1920/21	69.7	376	1530	2630	4390	3150	1480	623	253	112	71.7	45.2	1230	39
1921/22	44.8	103	708	2380	4010	2840	1250	579	212	100	48	33.8	1030	33
1922/23	91.2	210	615	2280	4490	5680	2400	1130	459	179	84.6	132	1480	47
1923/24	93.2	317	1390	3000	5000	4230	2440	1020	461	246	110	45.6	1530	48
1924/25	38.5	228	1880	5060	7300	7010	2600	1080	537	260	127	69.2	2180	69
1925/26	84.9	466	1610	4090	6800	8450	3890	1380	669	346	145	75.3	2330	74
1926/27	61	558	2190	3770	5910	4020	1810	945	445	186	80.1	44.7	1670	53
1927/28	91.2	283	1580	3200	5620	6220	4070	1350	610	274	114	61	1960	62
1928/29	125	398	1300	5060	7630	6010	2930	1140	601	254	156	101	2140	68
1929/30	114	787	2340	4220	6230	6340	2530	1030	515	281	146	81.4	2050	65
1930/31	85.5	933	1820	4630	6110	5860	2640	1020	549	259	121	110	2010	63
1931/32	31.6	948	1720	3930	5560	4700	1700	893	543	260	130	112	1730	55
1932/33	159	560	1780	3220	6560	4740	2180	982	474	218	135	84	1760	56
1933/34	89.5	498	2020	3930	6180	3490	1500	898	420	193	96.8	62.2	1620	51
1934/35	53.7	139	965	3600	5020	4140	2060	810	368	187	76.7	56.8	1460	46
1935/36	41.8	97.9	1140	3990	5180	4120	1500	629	270	123	76.1	46	1440	45
1936/37	365	714	1400	2990	5480	5770	2100	1020	431	198	108	89.6	1720	54
1937/38	94.3	207	877	2300	4750	3990	1840	675	294	126	82.7	59.6	1280	40
1938/39	56.4	184	771	3090	5280	4760	2160	741	316	135	67.8	42.2	1470	46
1939/40	73.1	262	688	2260	4560	4870	2030	861	376	157	83	47.7	1360	43
1940/41	49	181	928	2650	3470	3600	1870	675	301	139	60.6	34.4	1160	37
1941/42	43.2	219	966	2410	5340	3070	1510	728	328	148	65.8	48.2	1240	39
1942/43	118	293	769	2240	4060	2160	1230	614	235	104	50.4	46.3	993	31
1943/44	72.8	164	687	2150	4720	3950	1500	553	247	102	46.3	30.8	1190	38
1944/45	51.8	108	482	1850	4410	2810	1350	542	200	90.7	42	23.1	997	31
1945/46	35.9	115	442	2750	4540	4220	1640	609	219	99	43.3	43.8	1230	39
1946/47	77.9	290	977	2990	4790	5230	2450	878	376	153	63.9	26.6	1530	48
1947/48	32.4	167	923	2580	4960	4310	1250	493	182	83.8	50.2	34.1	1260	40
1948/49	53.9	331	1660	3840	6090	4490	2090	779	370	191	104	94.3	1670	53
1949/50	81	118	630	3310	6270	3450	1450	674	290	143	74.7	46.1	1380	44
1950/51	67	126	747	2510	5160	5520	2380	790	379	204	133	84.7	1510	48
1951/52	211	558	1590	3710	5320	5380	5410	1820	773	426	209	113	2130	67
1952/53	96.3	186	1220	3190	5100	5490	2310	929	521	240	141	81	1630	51
1953/54	93.6	573	2180	4390	6570	5120	2370	1090	625	328	190	182	1980	62
1954/55	206	661	1950	4230	6130	5110	3240	1690	783	440	288	203	2080	66
1955/56	218	690	2040	4030	6050	5930	2740	1260	680	381	236	167	2040	64
1956/57	120	194	1000	2260	4770	4520	1740	792	401	186	103	58.3	1350	43
1957/58	72.1	328	1350	3810	6410	6860	3550	1270	646	382	162	137	2080	66
1958/59	270	844	1500	2210	4480	4390	2240	1410	628	336	170	83.8	1550	49
1959/60	99	324	1420	3010	5720	4470	1870	789	375	181	88.1	62.3	1530	48
1960/61	85.1	305	1440	3780	5950	4900	2240	874	379	173	82	38.7	1690	53
1961/62	74	97.4	983	2990	5410	3340	1320	505	210	94.1	45.4	35.3	1260	40
1962/63	112	212	1130	3330	7110	6060	2820	1210	511	272	174	70.8	1920	61
1963/64	130	137	671	2480	4850	5950	2810	897	373	168	75.5	46.4	1550	49
1964/65	46.2	421	1230	3730	5440	5120	1840	969	524	253	139	95	1650	52
1965/66	87.4	342	1840	2760	4800	4590	1940	708	298	170	100	82	1480	47
1966/67	76.6	193	614	2810	4630	5070	2460	897	400	189	110	58.8	1460	46
1967/68	105	142	956	3350	6020	8030	3050	1100	544	290	163	105	1990	63
1968/69	116	742	1170	3350	4490	3890	1830	924	429	195	114	85.3	1450	46
1969/70	62.4	302	1860	3750	6960	5780	4390	1280	606	279	139	95.9	2130	67
1970/71	81.9	181	537	2490	5260	2950	1210	635	242	110	60	38.6	1130	36
1971/72	54.6	109	743	3460	5500	3620	1160	669	266	117	54.8	43.8	1320	42
1972/73	170	679	1330	2440	3700	2760	1390	650	270	115	45.6	20	1130	36
1973/74	18.5	146	365	2760	3660	2240	1250	421	181	72.5	34	27.5	931	29
1974/75	26.9	72.1	1020	3360	5640	4640	1560	551	224	99.4	42.1	35.2	1440	45
1975/76	93.8	231	1190	3220	5620	5270	1800	735	334	139	54.4	30.7	1560	49
1976/77	64.8	272	813	2550	3430	4680	3970	1270	600	273	109	43.9	1510	48
1977/78	39.5	171	609	1580	3310	2650	1050	391	161	79.3	41.4	46.7	844	27
1978/79	113	447	1160	2530	4250	4260	1900	727	350	159	61.4	41.3	1330	42
1979/80	60.8	364	1540	4300	5230	3460	1700	706	317	155	62.6	24.5	1490	47
1980/81	28.5	119	351	1810	3860	2060	1270	608	223	85.4	31.4	21.1	872	28
1981/82	133	252	942	2960	4390	2910	1110	419	169	94.3	80	82.9	1130	36
1982/83	148	466	889	1920	3470	2050	1120	376	162	98.2	80.5	72.4	904	29
1983/84	93.2	315	940	1870	2950	2280	766	325	149	86.6	83.3	87.1	829	26
1984/85	123	243	598	1700	1660	1810	640	262	119	77.3	77.4	82.2	616	19
1985/86	90.7	130	469	2050	3960	2740	755	264	109	84.9	81.6	93.1	902	28
1986/87	112	156	370	1210	3150	2270	908	294	139	107	103	115	745	24
1987/88	155	233	427	1510	2140	2410	982	325	140	102	72.2	66.4	714	23
1988/89	86	111	523	1680	3130	1670	635	215	-	-	-	-	-	-
Moy	94.4	331	1140	2990	4970	4260	1960	804	369	177	94	65.2	1450	46

FIGURE 2.1.2 - Le Niger à Koulikoro - Variation des débits des débits moyens mensuels - Période 1907/1989



Le module moyen interannuel qui était de 1510 m³/s lors de la publication de la Monographie du fleuve en 1978 n'est plus que de 1450 m³/s en 1989, valeur calculée sur 83 ans. Ce module présente un coefficient d'irrégularité interannuelle de 1.79 (1092 m³/s en décennal sec et 1953 m³/s en décennal humide). Le volume moyen transité à Koulikoro est de 47 milliards de m³. Ce volume atteint 62 milliards de m³ en année décennale humide, il n'est que de 34 milliards de m³ en année décennale sèche. Le maximum de crue observé et d'environ 9500 m³/s (1925). Le minimum observé en 1973 était de 13 m³/s.

2.1.2. Bani

Le bassin versant du Bani à la station de Douna couvre 101 600 km². Il draine la partie Sud-Ouest du Mali (80%) et le Nord de la Cote d'Ivoire (20% environ). Les caractéristiques de l'écoulement sont les suivantes:

- Module interannuel : 478 m³/s contre 503 m³/s pour la période 1907-1979, soit en volume 15 milliards de m³ contre 15.9.
- Coefficient d'irrégularité : 3.33
- Maximum annuel observé : 3540 m³/s en 1964
- Minimum observé : débits nul à différentes reprises (1980/1990)

La Figure 2.1.3 montre les variations du module annuel de 1925 à 1983. La Figure 2.1.4 contient les débits moyens mensuels calculés sur la même période que ci-dessus.

FIGURE 2.1.3 - Volumes annuels transités à Douna

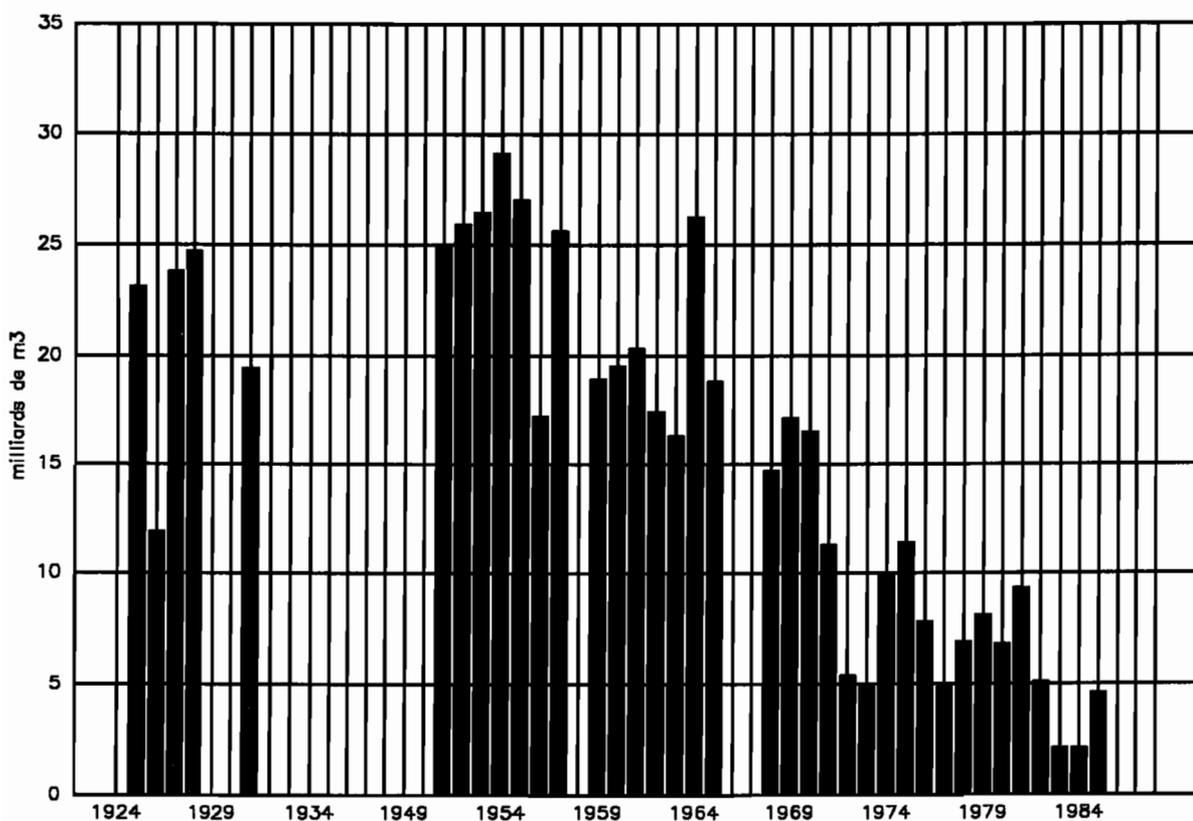
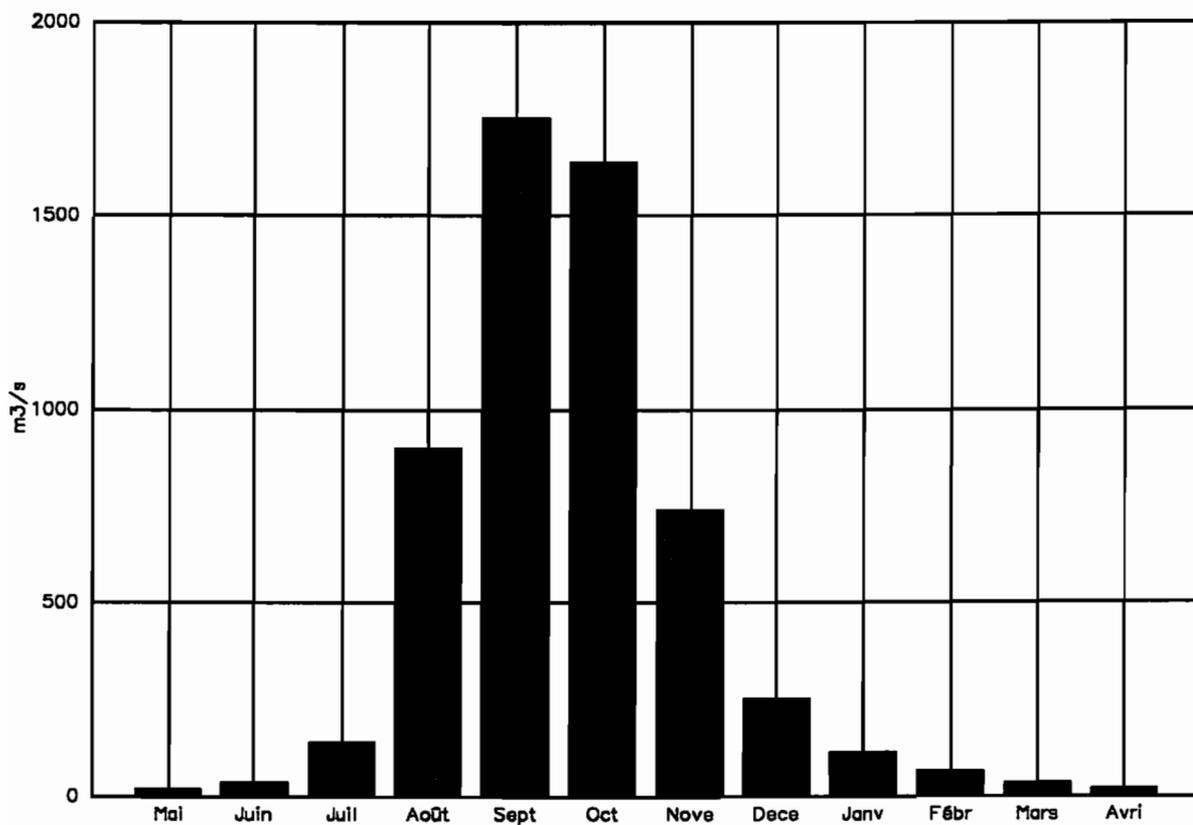


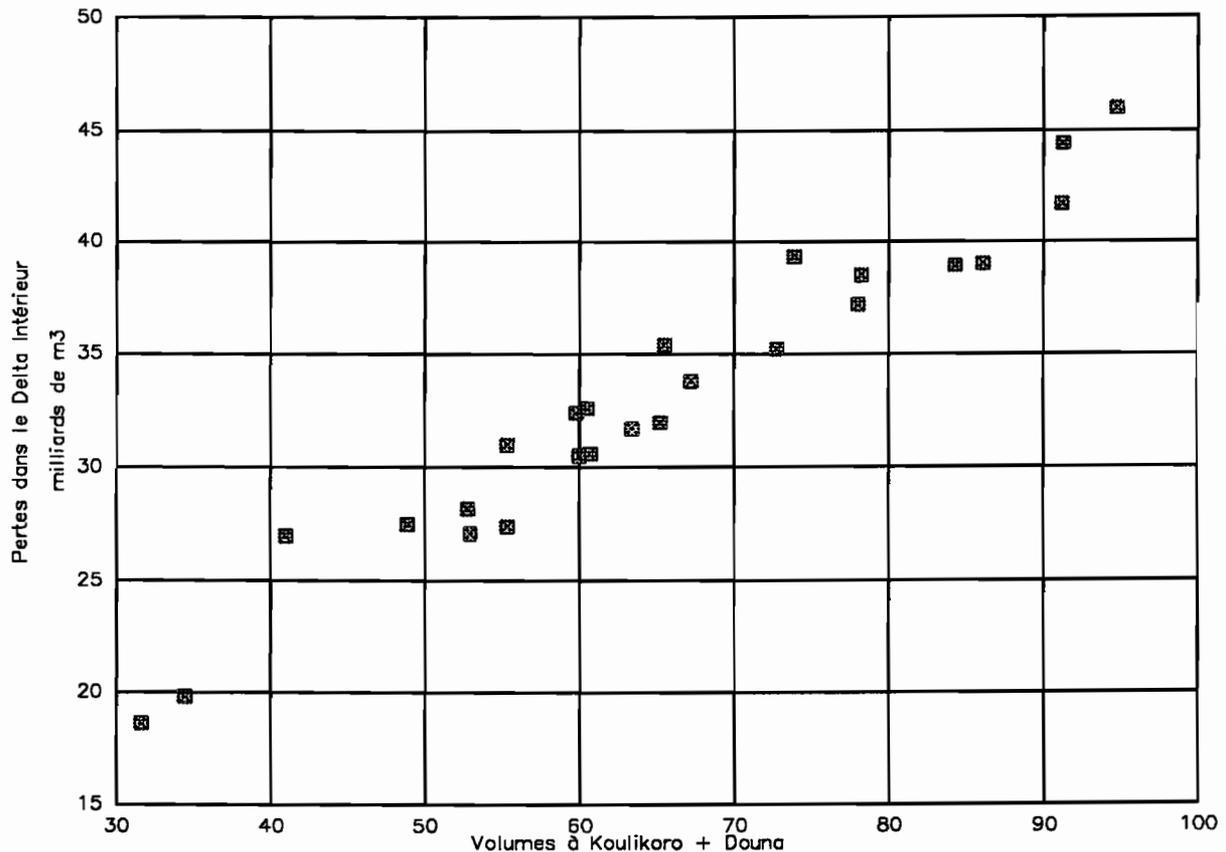
FIGURE 2.1.4 - La Bani à Douna - Débits moyens mensuels



2.1.3. Pertes dans le Delta Intérieur du Niger

La Figure 2.1.5 donne la relation entre le volume des pertes annuelles provoquées par la traversée du Delta et la somme des volumes annuels des crues à Koulikoro et Douna. Ces pertes proviennent de l'évaporation et des captures par les lacs situés dans le lit majeur du fleuve.

FIGURE 2.1.5 - Variation des pertes dans le Delta Intérieur du Niger



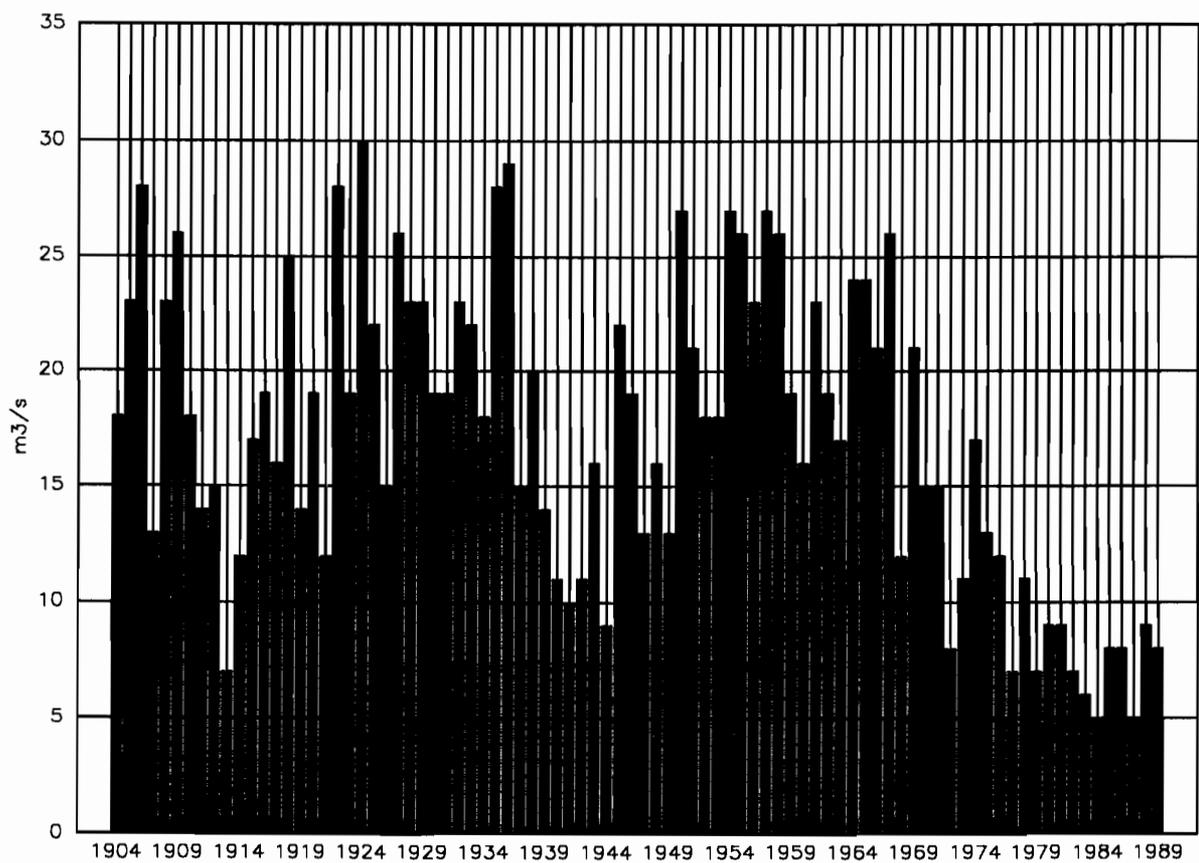
2.1.4. Sénégal à Kayes

Le bassin versant du Sénégal à Kayes couvre une superficie de 157400 km². Le Bafing et le Bakoye confluent au niveau de Bafoulabé pour former le fleuve Sénégal. La plus grande partie des volumes qui transitent à la station de Kayes proviennent du versant Nord du massif du Fouta Djallon en Guinée. Les caractéristiques des écoulements à ce niveau sont les suivants :

Module interannuel (1905-1989) :	545 m ³ /s soit un volume annuel de 17.2 milliards de m ³
Module décennal sec :	284 m ³ /s
Module décennal humide :	829 m ³ /s
Coefficient d'irrégularité :	2.92
Module maximum observé :	966 m ³ /s en 1924
Module minimum observé :	162 m ³ /s en 1987
Débit moyen journ. max :	5960 m ³ /s (crue 1958/59)
Débit minimum :	Nul en 1985 (du 13 au 28 Juin)

Pour la période récente, soit 1968/1989, le volume annuel moyen transité à Kayes n'est plus que de 10.5 milliards de m³. La Figure 2.1.6 montre l'évolution de ces volumes durant toute la période d'observation.

FIGURE 2.1.6 - Volumes annuels transités à Kayes



2.2. Ressources en eau souterraines

2.2.1 Bilan des systèmes aquifères

Une première approche du bilan des différents systèmes aquifères a été établie au moyen d'un modèle de l'ensemble des aquifères du Mali, réalisé par le Projet MLI 84/005. Les termes de ce bilan sont rassemblés dans le Tableau 2.2.1 et la Figure 2.2.1. Le bilan par unité hydrogéologique fait l'objet de l'Annexe E.

TABLEAU 2.2.1 - Bilan des systèmes aquifères - Flux exprimés en $10^{+6} \text{ m}^3/\text{an}$

SYSTEMES AQUIFERES	FLUX ENTRANT			FLUX SORTANT		
	Infil. pluie	Infil. eau de surface.	Apports aux limites	Rivi- ères	ETR	Limites
Socle soudanien SOC	17408	0	3	-5267	-12141	-3
Socle Adrar SOC	9	0	0	0	-9	0
Infracambrien plissé métamorphique ICP	6	0	0	0	-6	0
Infracambrien tabulaire ICT	31978	0	3	-3532	-28445	0
Cambrien CAM	7379	0	0	-252	-7121	-3
Primaire Taoudenit PRI	0	0	13	0	-13	0
Cont.Interm. CIN	3	0	0	0	-3	0
Cont.Interm./ Terminal CIT	0	0	13	0	-22	0
Crétacé sup./ Eocène Inf. CSE	9	0	9	0	-16	-3
Cont.ter. Quatern. CTQ	7670	1640	0	0	-9303	-3
TOTAL	64463	1640	41	-9051	-57080	-13

Les débits mis en jeu par l'exploitation des ressources en eaux souterraines reste encore marginaux, si on les compare aux autres flux. L'exploitation actuelle des eaux souterraines est distribuée selon les aquifères comme indiqué sur le Tableau 2.2.2.

TABLEAU 2.2.2 - Exploitation des eaux souterraines par système aquifère, en 10+3 m3/an

USAGES	Domes- tique	Bétail	Irri- gation + autres	Total	%
AQUIFERES					
Continental terminal/ Quaternaire	11.800	11.000	5.900	28.700	27,1
Crétacé sup./ Eocène inf.	400	650	250	1.300	1,2
Continental intercalaire	300	800	250	1.350	1,3
Cambrien (1)	4.000	3.950	2.000	9.950	9,3
Infracambrien tabulaire (1)	20.400	12.400	8.600	41.400	38,9
Infracambrien plissé (1)	1.950	3.100	1.200	6.250	5,9
Socle (1)	7.150	6.800	3.400	17.350	16,3
TOTAL	46.000	38.700	21.600	106.300	100,0

(1): y compris les aquifères superficiels surmontant les aquifères profonds

2.2.2 Débits exploitables ponctuellement

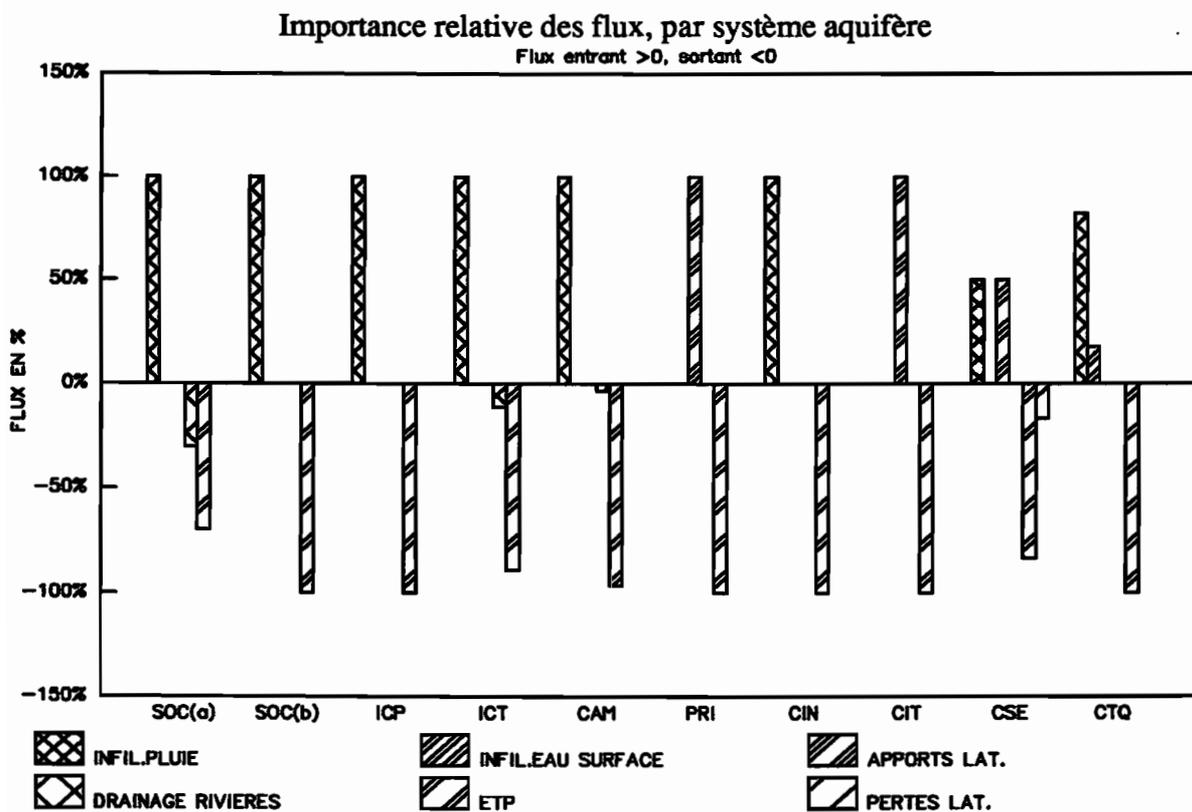
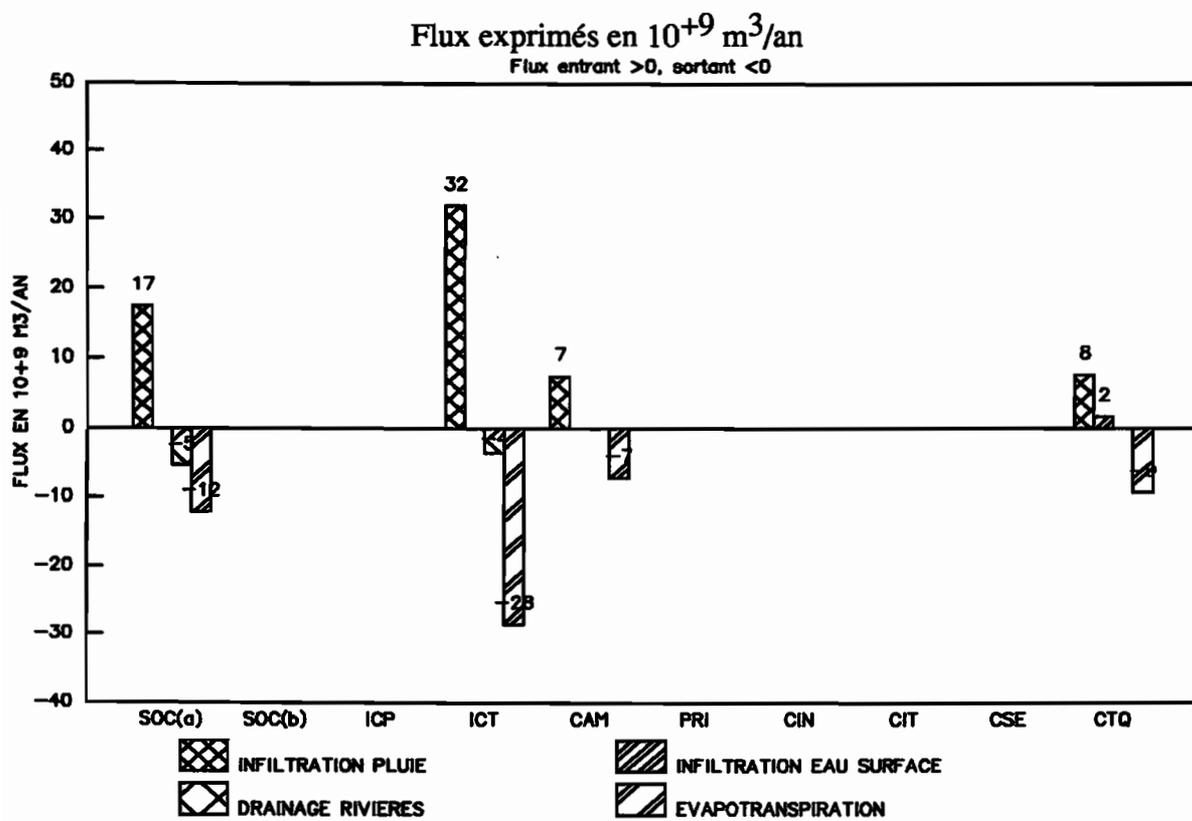
a) Aquifères fissurés

Compte tenu de la nature discontinue de ces aquifères, le Schéma Directeur retient les valeurs suivantes indiquées sur le Tableau 2.2.3.

TABLEAU 2.2.3 - Estimation du débit d'exploitation ponctuel - Aquifères fissurés

Aquifères	Zone influencée par pompage km ²	Recharge unitaire 10 ³ m ³ /an/km ²	Ressource	
			10+ ³ m ³ /an	exploitable m ³ /j
Cambrien	0,3 - 3	15 - 50	4,5 - 150	12 - 410
Infracam. tabulaire	0,3 - 10	30 - 70	9,5 - 700	25 - 1900
Socle	0,3 - 3	40 - 90	12 - 270	33 - 740

FIGURE 2.2.1 - Bilan des flux des systèmes aquifères



b) Aquifères généralisés

L'exploitation peut être plus concentrée que dans le cas de figure précédent et atteindre localement quelques dizaines à quelques centaines de m³/h.

Ce type d'aquifère est généralement caractérisé au Mali par une recharge faible et des réserves importantes. L'exploitation sollicitera donc essentiellement ces dernières. Les résultats indiqués dans le Tableau 2.2.4 ont été présentés dans le Schéma Directeur pour une période de 10 ans avec un rabattement de 30 mètres à 1 mètre de l'axe du forage (afin d'éliminer l'effet des pertes de charge).

TABLEAU 2.2.4 - Fourchette de débit exploitable ponctuellement - Aquifères généralisés

Paramètres	Hypothèse basse	Hypothèse haute
Transmissivité	$5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	$8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
Coefficient d'emménagement	3×10^{-2}	8×10^{-2}
Débit	42 m ³ /h	385 m ³ /h

2.2.3 Qualité de la ressource

Le Tableau 2.2.5 regroupe les concentrations moyennes, par région, des principaux ions et cations. Une représentation graphique en est donnée sur la Figure 2.2.2. Leur examen permet de formuler les remarques suivantes:

- Régions Administratives 1, 2, 3, 4: les points d'eau exploitent exclusivement des aquifères fissurés ou des aquifères constitués par des altérites. Les eaux y sont généralement peu minéralisées.
- Région Administrative 5: les échantillons prélevés proviennent essentiellement du Continental intermédiaire et du Continental terminal. Les salinités y sont généralement plus élevées que dans les régions ci-dessus.
- Régions Administratives 6 et 7: il s'agit d'eaux fossiles plus fortement minéralisées que celle des aquifères régulièrement rechargés. Les eaux les plus minéralisées se trouvent dans la cuvette de Taoudeni.

Les eaux à pH acide et faiblement minéralisées sont agressives. Ceci concerne essentiellement le Sud Ouest du Mali où se trouvent les aquifères du socle granitique et de l'Infracambrien.

Les eaux des 4 premières Régions Administratives ont une minéralisation inférieure aux normes de l'OMS. Dans les deux dernières régions les teneurs en sulfates et en magnésium peuvent rendre l'eau impropre à la consommation humaine et parfois même à celle du bétail.

Dans la quasi-totalité du Mali cultivable les eaux souterraines peuvent être utilisées pour l'irrigation sur la majorité des sols.

TABLEAU 2.2.5 - Caractéristiques hydro-chimiques par Région Administrative

REGION	Nb ana-lyses	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l N	TAC mg/l CaCO ₃	Cond. mhos /cm	pH
1 Kayes	1139	59,2	25,8	20,8	4,9	1,0	0,9	30,2	35,1	227,2	16,9	243,5	574	7,4
2 Koulikoro	1925	24,5	14,2	6,8	4,4	0,9	0,8	25,1	18,2	146,0	3,4	123,5	303	6,9
3 Sikasso	789	20,1	13,7	3,9	4,0	0,9	0,5	3,9	16,9	120,3	1,0	96,9	224	6,8
4 Ségou	147	15,6	13,2	23,2	13,8	1,4	0,2	12,9	67,2	84,1	7,1	67,3	307	6,3
5 Mopti	55	36,6	33,3	40,5	11,6	0,5		35,1	67,5	207,5	1,1	169,7	568	7,4
6 Tombouctou	340	64,2	34,5	59,2	51,0	2,8	0,2	297,3	135,0	196,0	8,5	157,1	1271	7,1
7 Gao	21	62,2	21,1	20,3	14,4	5,6	0,7	49,2	99,4	139,3	11,2	143,1	1217	7,2
Source: Projet PNUD/DCTD MLI 84/005														

FIGURE 2.2.2 - Caractéristiques hydro-chimiques par Région Administrative

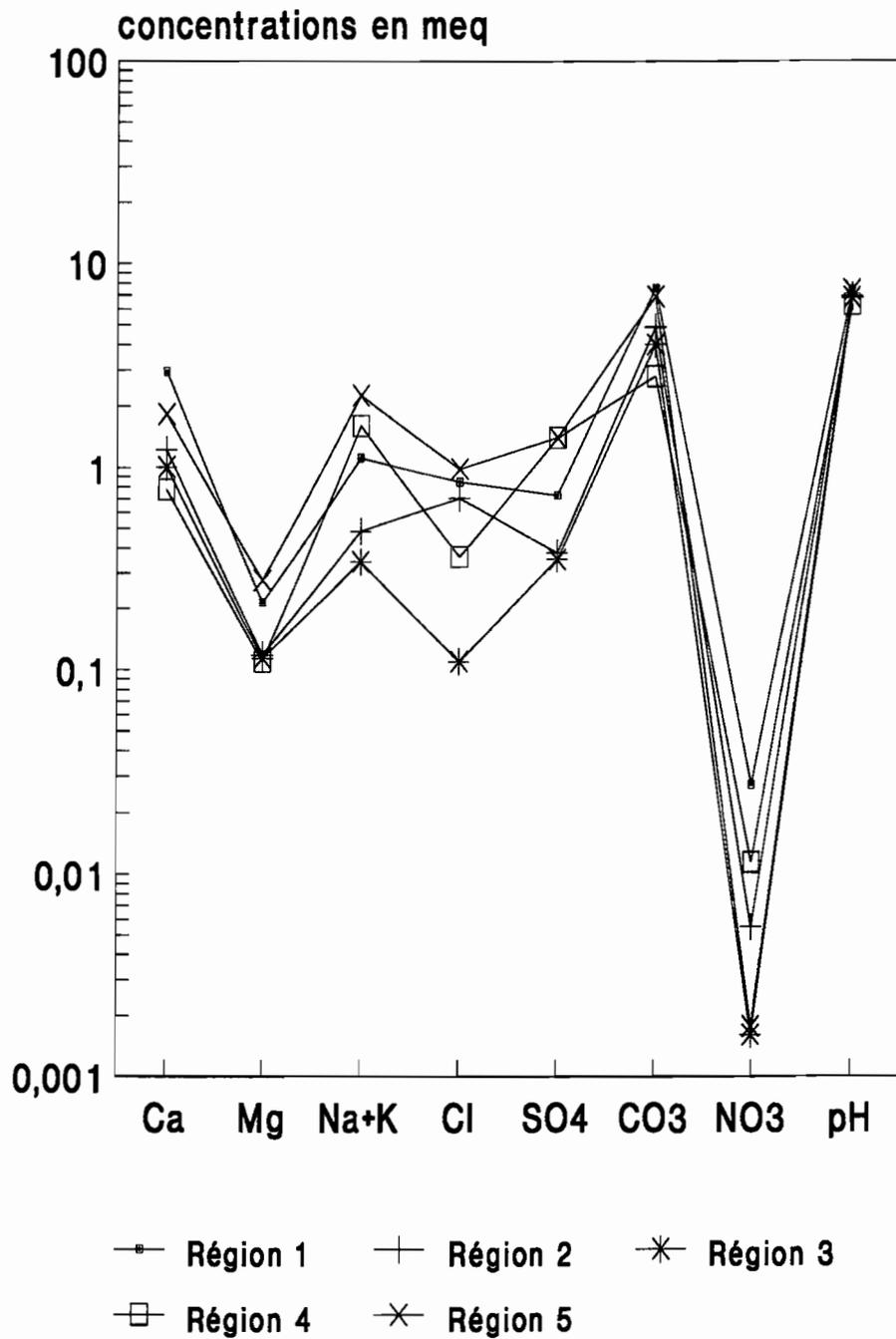
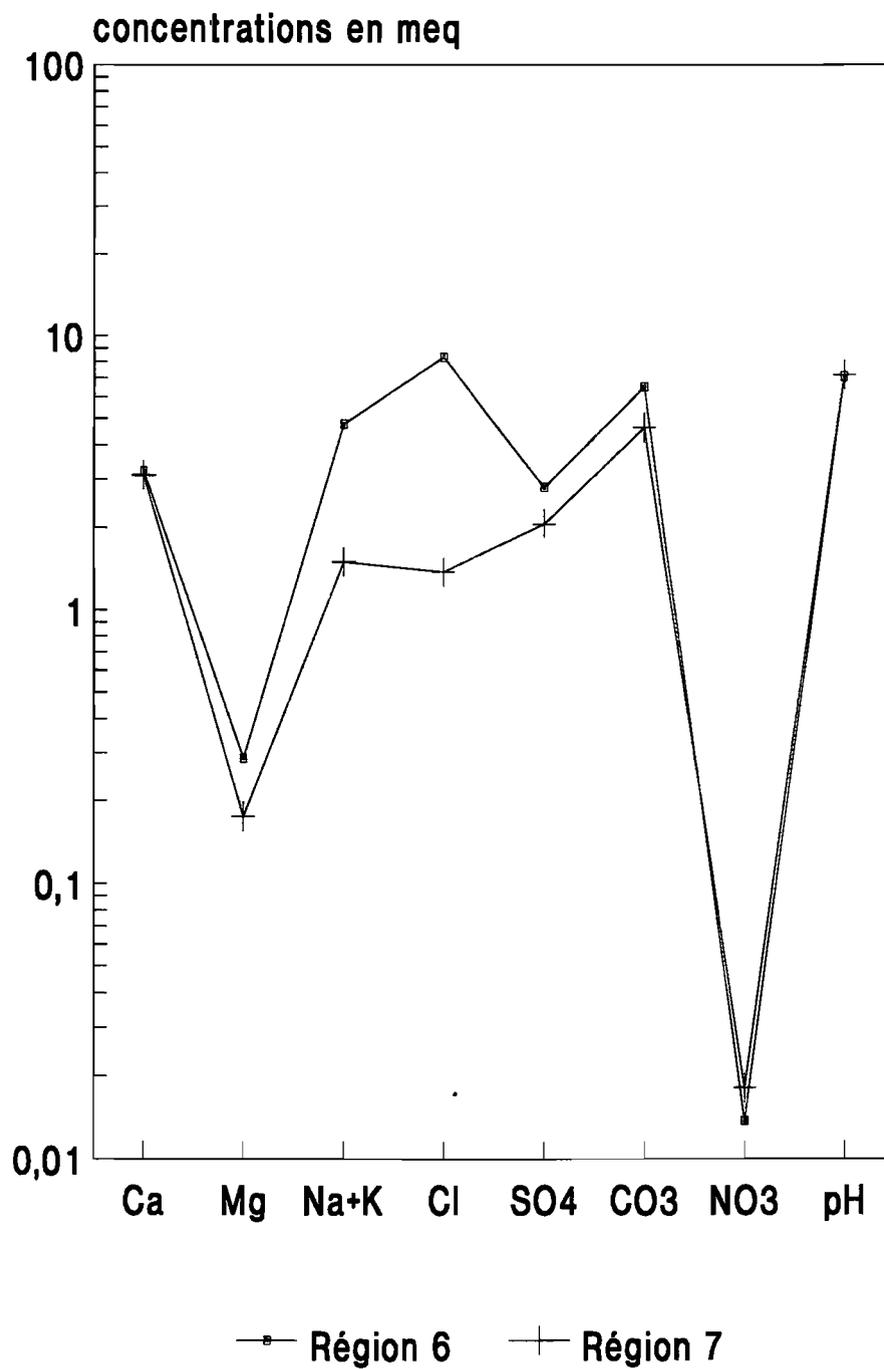


FIGURE 2.2.2 (suite) - Caractéristiques hydro-chimiques par Région Administrative



2.2.4

Aménagement existants

Les points d'eau traditionnels sont les puits villageois, les puisards, et les puits pastoraux. Ce type d'ouvrages est restreint aux formations peu ou pas consolidées. Avec ou sans soutènement sommaire en tête, les parois sont l'objet de fréquents éboulements. Ne pénétrant que peu dans la nappe, leur approfondissement est très souvent nécessaire. Cette opération n'est possible que dans la mesure où des formations consolidées ne sont pas rencontrées. Les mares appartiennent aussi à ce type de points d'eau.

Les points d'eau modernes peuvent être classés de la manière suivante:

a) Puits directs

Ils sont creusés à l'aide de moyens mécaniques, et sont cuvelés à l'aide de béton armé. Des buses crépinées sont utilisées pour le captage. Les diamètres les plus courants sont respectivement de 1,40 et 1,80 mètres.

Des puits forés en diamètres de 0,80 à 1,40 m ont été réalisés dans la région de Gao. Cette méthode devrait permettre une plus grande rapidité d'exécution.

b) Puits maraîchers

Ces ouvrages se distinguent des puits directs par leur moindre profondeur.

c) Puits citerne

Ils sont creusés à proximité ou sur l'axe d'un forage. Ils sont alimentés par ce dernier au moyen d'une prise située de 3 à 5 m sous la surface du sol. Ce type d'ouvrages est retenu au Mali, depuis quelques années, pour les puits pastoraux des aquifères à piézométrie déprimée des zones sahéliennes. On profite alors de la pression d'horizons profonds perméables dont le niveau remonte à une profondeur accessible par le puits.

d) Forages

Cette technique s'est surtout développée depuis 1980: 12 751 forages ont été recensés au 30/12/88. Depuis cette date, ils sont équipés de matériel tubulaire en PVC. Le diamètre le plus courant est de 5" ID, parfois 4"½. Un diamètre de 7" est réservé aux forages débitant plus de 5 m³/h.

L'évolution du nombre de forages fait l'objet de la Figure 2.2.3, leur destination est représentée sur la Figure 2.2.4..

Selon le Schéma Directeur un forage est déclaré positif lorsque le débit testé est supérieur à 1m³/h. De fait de nombreux ouvrages sont équipés lorsque ce débit est supérieur à 0,7 m³/h.

Le taux de réussite par unité hydrogéologique, selon le Schéma Directeur, fait l'objet de la Figure 2.2.5. La distribution des débits par unité hydrogéologique et par système aquifère font l'objet des Figures 2.2.6 et 2.2.7.

FIGURE 2.2.3 - Historique du développement des travaux de forage

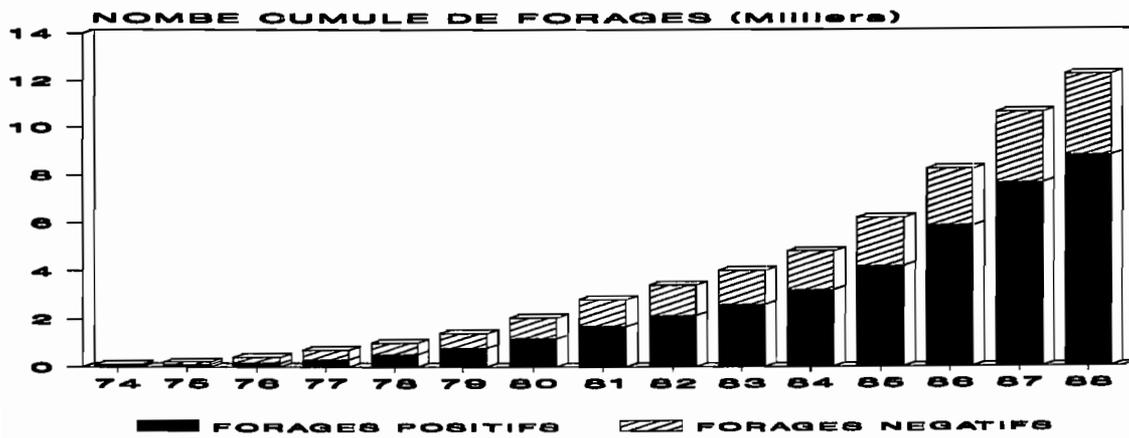
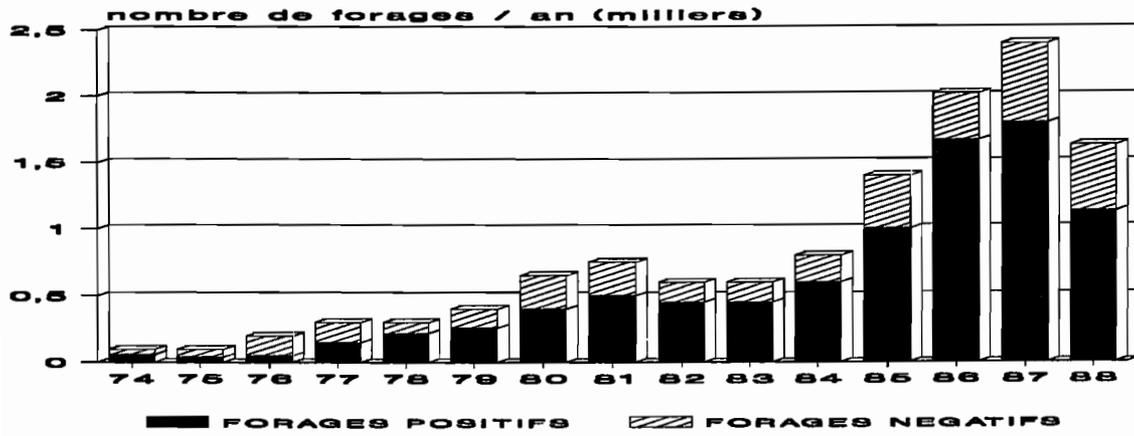


FIGURE 2.2.4 - Utilisation des forages

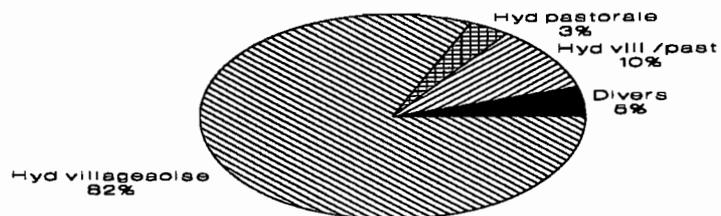


FIGURE 2.2.5 - Taux de réussite des forages, par unité hydrogéologique

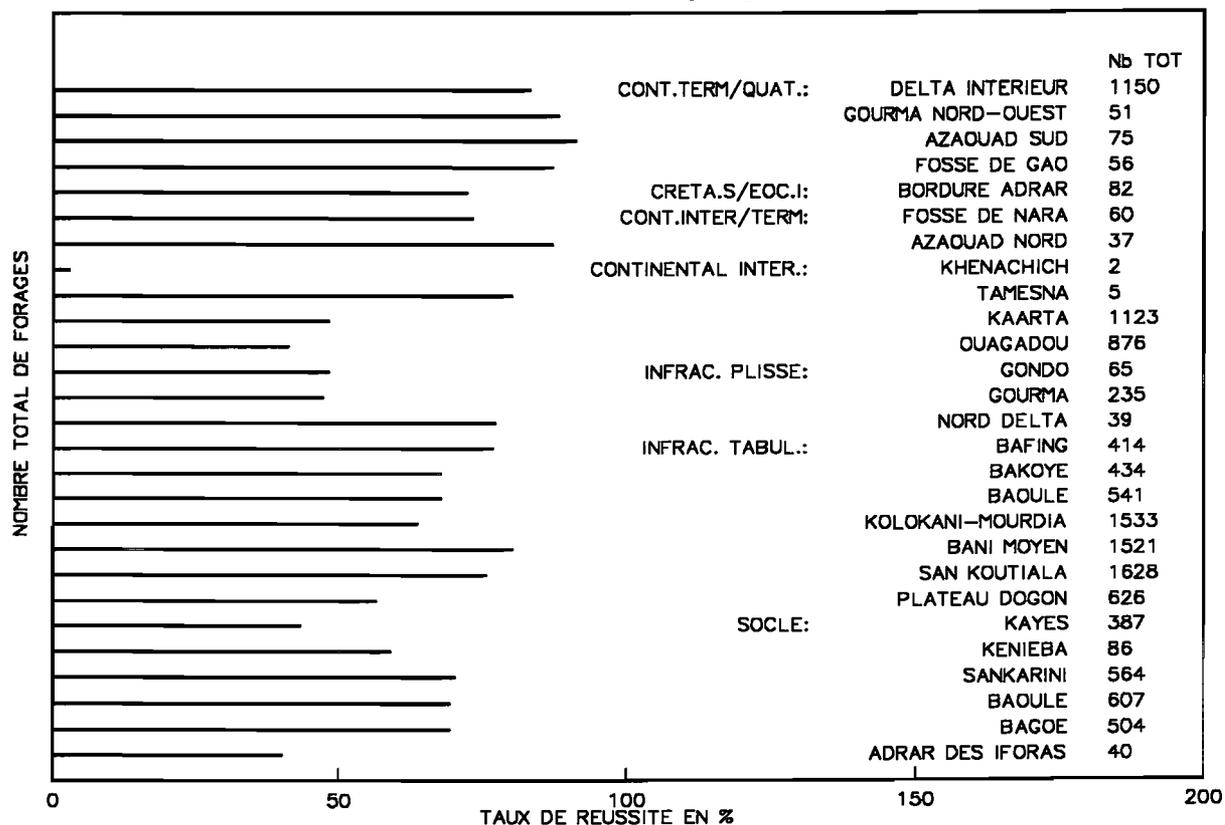
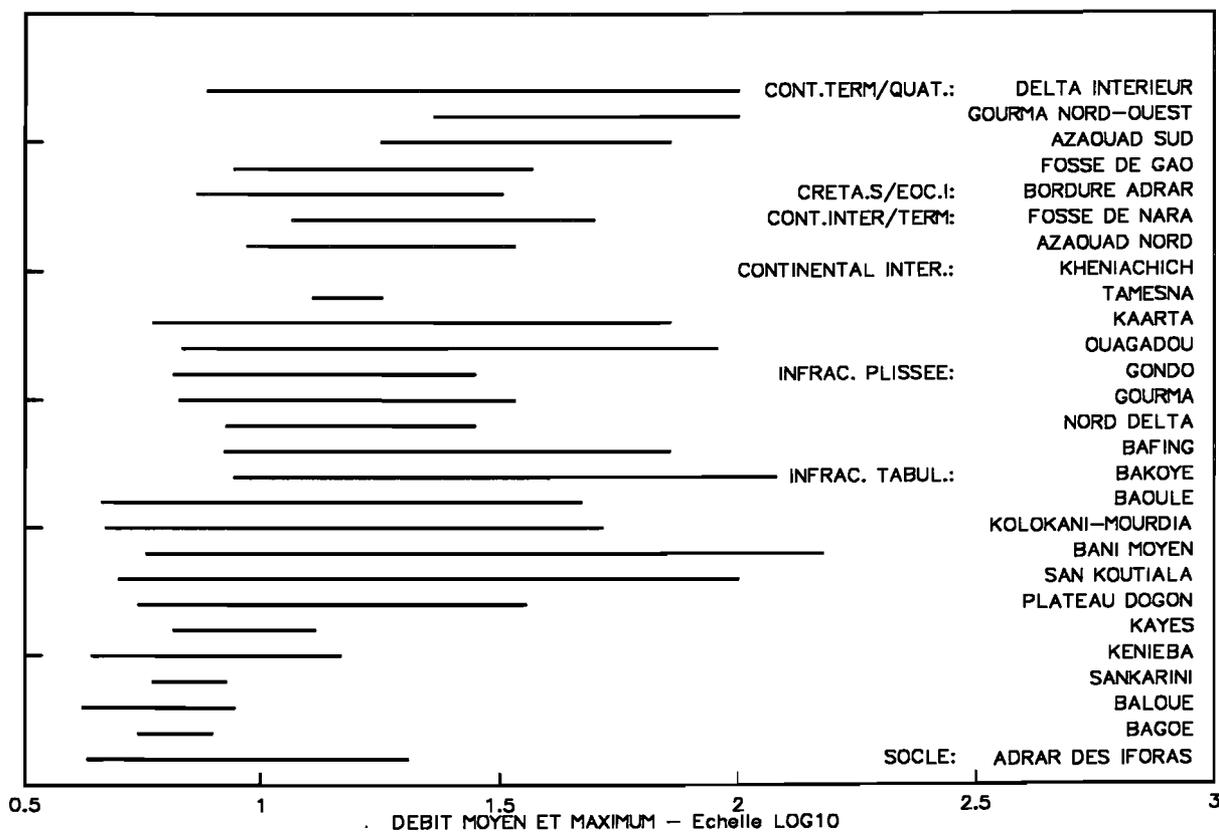
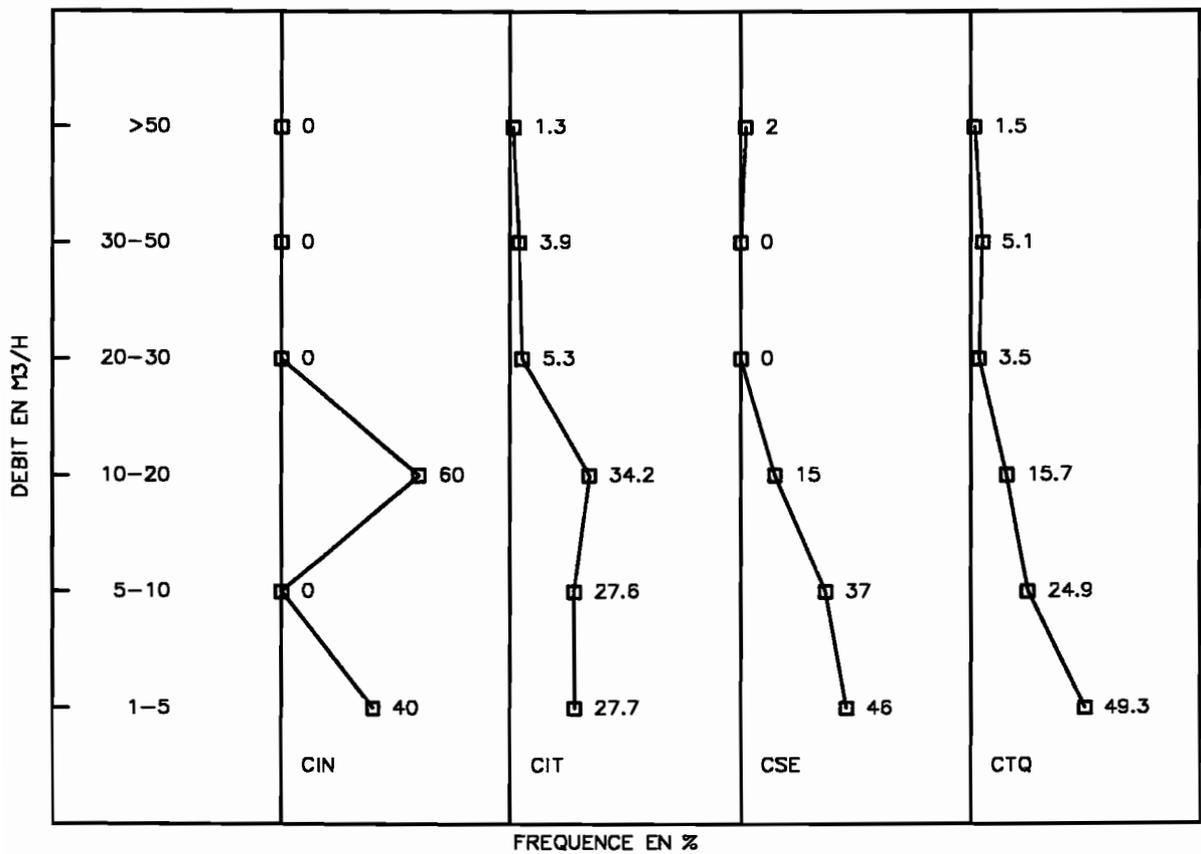
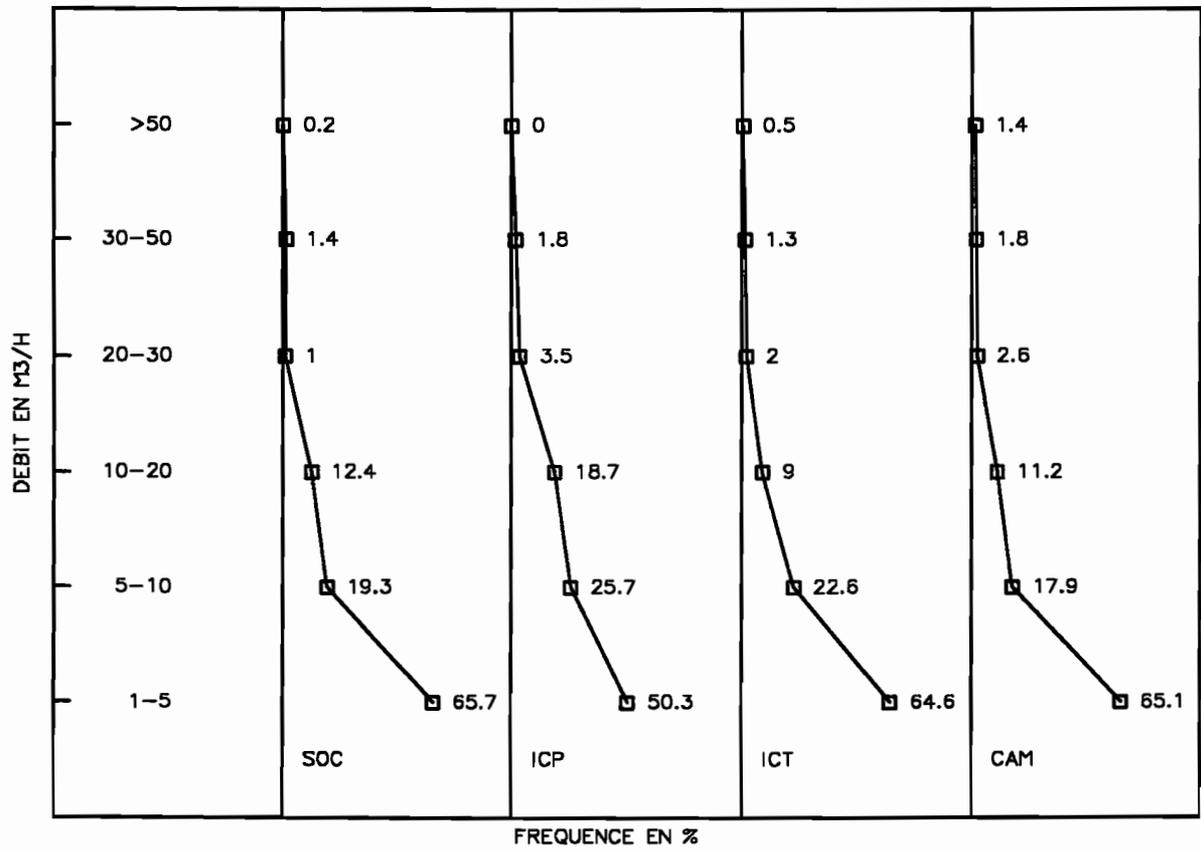


FIGURE 2.2.6 - Débits unitaires moyens et maximum par unité hydrogéologique
Débits en m³/h



Un forage est considéré positif si son débit est supérieur à 1 m³/h lors de l'essai de réception.

FIGURE 2.2.7 - Distribution du débit des forages par système aquifère



Dans de nombreux forages, le tubage est incomplet et n'atteint que la chambre de pompage. C'est en particulier le cas des ouvrages réalisés par les Projets Helvetas et KBK. On assiste alors à de fréquents comblements, à des réductions importantes de débit, et à l'impossibilité de tout prélèvement.

L'utilisation maintenant générale de matériaux en PVC est une bonne précaution qui élimine tout effet de corrosion.

e) Moyens d'exhaure

Sur les 8 480 forages productifs recensés fin 1988, lors de l'élaboration du Schéma Directeur, 6 313 avaient été équipés de pompes.

- Pompes à motricité humaine:

Elles représentent 97% des pompes installées au Mali. Les différents types de pompes sont rassemblés sur le Tableau 2.2.6.

TABLEAU 2.2.6 - Différents types de pompes à motricité humaine

Type	Fréquence %
INDIA	51,4
VERGNET	28,2
ABI-ASM	3,9
KARDIA	10,8
DUBAS	1,8
MONOFLIT	0,9
Autres	3,0

Les pompes de type INDIA sont fabriquées au Mali depuis 1984 par l'Entreprise Malienne de Maintenance (EMAMA).

- Pompes solaires:

Au 30 Juin 1986, 188 pompes photovoltaïques étaient installées. Ces pompes débitent entre 20 et 110 m³/j.

- Pompes électriques:

Une centaine de pompes submersibles électriques sont essentiellement utilisées pour les adductions d'eau urbaines et industrielles. Quelques unes ont été installées dans le cadre de Projets pastoraux et, dans une moindre mesure, pour l'irrigation de pépinières.

Dans les formations aquifères fissurées à faible minéralisation et pH acide, que l'on trouve dans le Sud-Ouest du Mali, le matériel de pompage est soumis à un phénomène de corrosion très actif. De ce fait, le corps des pompes,

la tringlerie, et le refoulement doivent être en acier inoxydable ou en matériaux plastiques, la galvanisation n'offrant pas une protection suffisante.

On utilise parfois, pour des raisons d'économie des colonnes de refoulement en acier inoxydable dont l'assemblage est réalisé au moyen de manchons vissés et soudés. Les soudures doivent impérativement être faites sous argon. Dans le cas contraire, les soudures provoquent à terme la destruction locale de l'acier de la colonne de refoulement.

Les pompes de type INDIA sont disponibles en acier inoxydables, mais dans ce cas elles ne sont pas fabriquées par l'EMAMA.

Les pompes VERGNET ne comportent pas de pièces métalliques dans le forage, et ne sont donc pas sujettes à la corrosion. Dans le passé, on a noté un vieillissement prématuré de la boudruche déformable située en pied de la colonne de refoulement. Les pompes installées depuis 1987, par le Projet Mali Aqua Viva, en particulier, ne présentent plus ce défaut.

f) Coûts

Les coûts d'investissement moyens cités dans le Schéma Directeur peuvent être résumés de la manière suivante:

- puits traditionnel	: 1,0	x 10 ⁺⁶ F.CFA
- puits moderne	: 10,0	x 10 ⁺⁶ F.CFA
- forage	: 5,0	x 10 ⁺⁶ F.CFA
- pompe manuelle	: 0,35	x 10 ⁺⁶ F.CFA
- pompe manuelle en acier inox.	: 0,45	x 10 ⁺⁶ F.CFA
- pompe VERGNET	: 0,40	x 10 ⁺⁶ F.CFA

2.3. Besoins en eau

2.3.1 Alimentation des populations

2.3.1.1 Centres urbains

L'EDM distribue l'eau dans 15 centres urbains. Parmi ceux-ci, seuls 3 sont alimentés à partir des eaux souterraines: Niéro, Gao, Tombouctou. Il est, par ailleurs, prévu que l'approvisionnement de Mopti soit complété par des prélèvements en nappe.

BAMAKO est alimentée par pompage dans le Niger, l'usine qui effectue aussi le traitement, est située à l'amont de la ville en rive gauche. Les besoins en eau traitée sont actuellement de 54 000 m³/j. La capacité de la station est de 3 250 m³/heure; elle sera portée à 5 000 m³/heure en 1995. Le schéma directeur de l'alimentation en eau des populations (AEP) de BAMAKO pour la période 1981-2005 prévoit des investissements importants (20 millions de \$ US). Il n'y est pas prévu de captage souterrain.

TABLEAU 2.3.1 - Alimentation à partir des eaux superficielles des Centres urbains, semi-urbains et ruraux.

CENTRES	Type	Population 1989 en 1000 hab.	Production 10+3 m3/an			Taux de Couverture %			Production l/j/hab.			
			B.P.	B.F.	Total	B.P.	B.F.	Total	B.P.	B.F.	Total	
URBAINS	CP	Bamako	710	6315	439	6754	23	27	50	106	6	52
EDM	R	Kayes	75	450	4	454	23	12	35	71	1	47
	R	Koulikoro	21	190	18	208	31	27	58	80	9	47
	R	Sikasso	74	235	15	250	9	7	16	97	8	58
	R	Ségou + Markala	106	605	63	668	11	18	29	142	9	60
	R	Mopti	76	440	7	447	17	2	19	93	13	85
	C	Kita	22	110	24	134	32	32	64	43	9	26
	C	Kati	35	220	22	242	31	20	51	56	9	37
	C	Bouguini	23	55	2	57	25	1	26	26	24	26
TOTAUX/MOYENNES		1142	8620	594	9214	21	22	43	98	7	52	

R= Chef Lieu de Région, C= de Cercles, A= d'Arrondissement

B.P.= branchement privé, B.F.= borne fontaine

Ségou et Markala sont alimentées par la même système d'adduction.

La production en l/j/h inclut l'eau destinée à la population, l'industrie, l'administration ...

TABLEAU 2.3.2 - Alimentation à partir des eaux souterraines des Centres urbains, semi-urbains et ruraux.

CENTRES	Type	Population 1989 en 1000 hab.	Production 10+3 m3/an			Taux de Couverture %			Production l/j/hab.		
			B.P.	B.F.	Total	B.P.	B.F.	Total	B.P.	B.F.	Total
URBAINS EDM	R Tombouctou	33	165	20	185	21	18	39	65	9	39
	R Gao	56	300	2	302	19	1	20	77	10	74
	C Nioro	18	125	2	127	35	1	36	54	30	54
	C San										
URBAINS DNHE	C Bandiagara	11	0	33	33	0	26	26	0	32	32
	C Djenne	13	10	89	99	5	95	100	42	20	21
	C Dire	10	0	64	64	0	52	52	0	34	34
SEMI- URBAINS DNHE	C Yelimane	8	0	25	25	0	100	100	0	9	9
	C Kangaba	5	0	38	38	0	100	100	0	21	21
	C Nara	7	10	45	55	8	49	57	49	36	38
	C Douentza	8	0	81	81	0	22	22	0	126	126
	C Koro	8	0	22	22	0	24	24	0	31	31
RURAUX DNHE	C Yorosso	3	0	22	22	0	95	95	0	21	21
	C Iominian	2	0	22	22	0	98	98	0	31	31
	A Hombori	3	0	11	11	0	78	78	0	13	13
TOTAUX/MOYENNES		185	610	476	1086	14	29	43	67	24	37

R= Chef Lieu de Région, C= de Cercles, A= d'Arrondissement

B.P.= branchement privé, B.F.= borne fontaine

La production en l/j/h inclut l'eau destinée à la population, l'industrie, l'administration ...

La DNHE est responsables de l'approvisionnement en eau de 3 centres urbains, de 5 centres semi-urbains, et de 3 centres ruraux. L'ensemble de ces centres exploite les eaux souterraines.

Ainsi, sur l'ensemble du Mali, les eaux souterraines sont utilisées pour l'alimentation de 15 centres: 7 urbains, 5 semi-urbains, 3 ruraux.

Les conditions actuelles d'alimentation des centres font l'objet des Tableaux 2.3.1 et 2.3.2.

2.3.1.2 Milieu rural

Les conditions actuelles d'alimentation en eau font l'objet du Tableau 2.3.3.

L'évolution des besoins de la population a été évaluée de deux manières:

- avec les besoins unitaires retenus par le Schéma Directeur,
- avec les besoins optimaux per capita élaborés par les Comités de développement des différentes Régions du Mali.

Dans les deux cas, les pertes des systèmes de distribution ne sont pas prises en compte. Ces normes sont reproduites dans le Tableau 2.3.4.

L'évolution prévue des besoins en eau de la population est représentée sur la Figure 2.3.1.

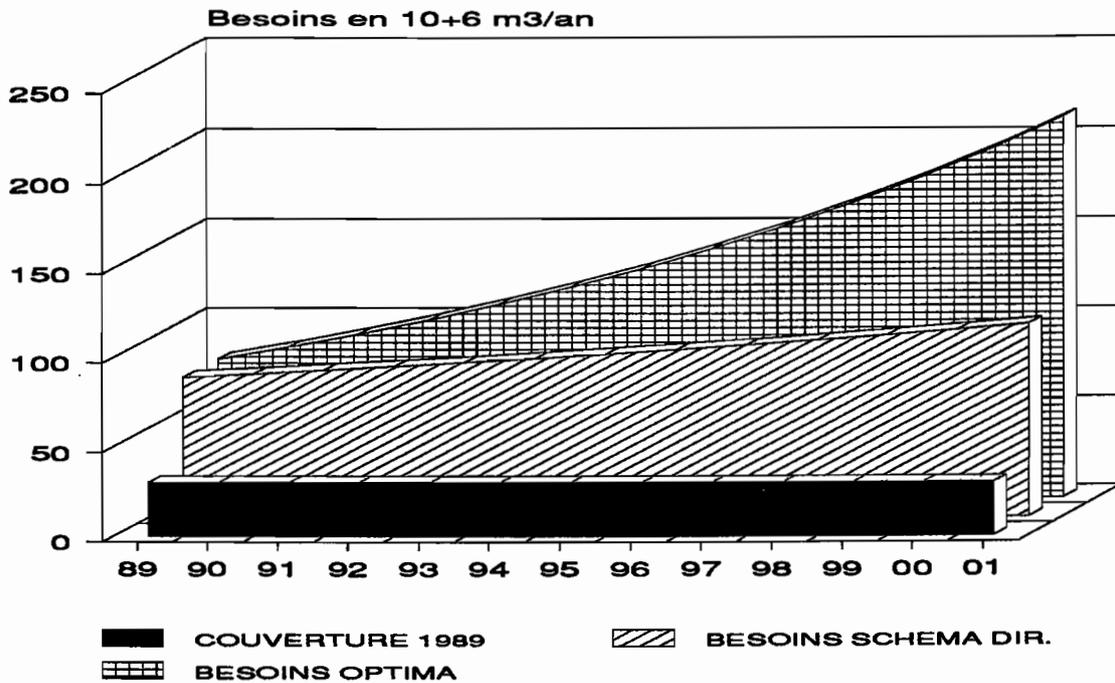
TABLEAU 2.3.3 - Situation actuelle de l'hydraulique villageoise

REGIONS	POPULATION RURALE 1989	POINTS D'EAU					
		MODERNES EQUIPES Norme: 20l/j/hab.			TRADITIONNELS Norme: 15l/j/hab.		
		Débit 10+3m3 /an	Popul. couverte (arrondi) hab.	%	Débit 10+3m3 /an	Popul. couverte (arrondi) hab.	%
1 KAYES	973769	2950	404000	41	3120	570000	59
2 KOULIKORO	1082885	4280	586000	54	2710	495000	46
3 SIKASSO	1159388	3520	482000	42	3720	679000	59
4 SEGOU	1153755	4600	630000	55	2870	524000	45
5 MOPTI	1129034	1100	151000	13	5350	977000	87
6 TOMBOUCTOU	366737	450	62000	17	1670	305000	83
7 GAO	321057	100	14000	4	1670	305000	95
TOTAUX/ MOYENNES	6186625	17000	2329000	38	21110	3855000	62

TABLEAU 2.3.4 - Normes de besoin en eau utilisées pour le Schéma Directeur de Mise en Valeur des Ressources en Eau du Mali

Catégories de populations	Normes du Schéma Directeur l/j/hab.	Besoins optim. l/j/hab
Bamako	54	100
Centres urbains	46	80
Centres semi-urbains	31	55
et ruraux Villages	20	45

FIGURE 2.3.1 - Evolution des besoins en eau



2.3.2 Agriculture

2.3.2.1 Irrigation

En 1984, les périmètres irrigués à partir des fleuves prélevaient un total de $3,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$.

A long terme, la mise en oeuvre du domaine irrigable nécessaire pour atteindre l'autosuffisance alimentaire du Mali, nécessiterait le prélèvement de $10,10^9 \text{ m}^3/\text{an}$ sur le Sénégal, le Bani et le Niger. Ce volume représenterait 5 à 20% des volumes écoulés par ces fleuves.

On ne possède que très peu d'informations sur les prélèvements d'eaux souterraines destinées à l'irrigation.

Deux administrations, l'Office du Niger (ON) et la Direction Nationale du Génie Rural (DNGR) géraient les aménagements hydro-agricoles. Plus récemment, en 1969, la culture irriguée a connu une grande extension avec les créations d'Opération Riz (Mopti - Ségou - Sikasso) et l'implantation de périmètres irrigués villageois.

Actuellement d'importants programmes de réhabilitation des grands périmètres (ON) sont exécutés; d'autres programmes sont en cours de réalisation (Sélingué : 12 000 ha.) ou vont commencer dans la vallée du Sénégal à la suite de la mise en activité de la gestion du barrage de Manantali.

a) Production agricole

Ce secteur joue un rôle prépondérant dans l'économie du Mali. Il représente 53% du PNB, emploie 83% de la population active et fournit environ 75% des recettes d'exportation. 2 000 000 d'ha sont cultivés chaque année; 96% de cette surface sont occupés par une agriculture de type pluviale.

- Systèmes d'irrigation

Il dépend des possibilités d'aménagement en fonction de la topographie et de l'hydrographie de l'environnement.

- Périmètre de submersion contrôlée

Ils représentent environ 62% des superficies aménagées. Ils utilisent des endiguements pour réguler les crues du Niger. Ces périmètres sont principalement destinés à la culture du riz (OR SEGOU et OR MOPTI), mais ils permettent aussi la culture du sorgho de décrue. Ils ont beaucoup souffert de la sécheresse. La taille des surfaces mises en culture et les rendements de ces dernières varient énormément en fonction de la hauteur des crues. Par exemple, à Mopti, au cours des 5 dernières années les surfaces cultivées ont varié entre 15 500 ha et 29 800 ha. et à Ségou, entre 18 000 et 28 000 ha.; les rendements ont varié entre 48 et 960 kg/ha à MOPTI et 737 à 1030 à Ségou. Pour cela, les aménagements de submersion contrôlée sont en général considérés comme des échecs, les investissements étant orientés vers la maîtrise totale de l'eau.

- Maîtrise totale de l'eau

30% environ des périmètres irrigués utilise cette technique. L'irrigation est réalisée par écoulement gravitaire à partir d'ouvrages réalisés sur les cours d'eau. Les périmètres de l'Office du Niger sont les plus connus. En 1961 42 000 ha étaient cultivés à l'ON, mais le manque de gestion couplé à un mauvais entretien des réseaux, plus particulièrement du drainage, et un manque d'incitation des producteurs ont amené une réduction des rendements (1.3 tonne/an) et des territoires exploités. A partir de 1985, le bailleurs de fonds (BM, France, etc...) ont permis de réhabiliter 10 000 ha du réseau et de dépasser les niveaux de production des années 60. Les rendements de paddy atteignent, sur certains périmètres 5 tonnes/ha en hivernage et 3 tonnes/ha en contre-saison.

Les petits périmètres irrigués villageois : ils représentent probablement 2% des périmètres irrigués. Ils ont été développés au cours de la dernière décennie, par exemple Tombouctou et Gao.

Les petits et moyens périmètres irrigués privés ne représentent guère plus de 3%. Ils utilisent généralement la maîtrise de l'eau par pompage. Ils sont réalisés à partir d'initiatives privées provenant soit d'individus, soit de groupements d'individus utilisant leurs propres ressources financières. *Les aménagements de bas-fonds* (2% des périmètres) sont localisés dans le Sud du pays où la pluviométrie est suffisamment élevée. Il s'agit d'une irrigation traditionnelle, assez mal contrôlée et peu encadrée, basée sur la culture du riz en variété pluviale ou semi-pluviale. Ils sont quelquefois appuyés par des ONG. Cette technique présente l'inconvénient majeur d'être très dépendante de la pluviométrie et les rendements dépassent rarement 1.5 tonne/ha de paddy.

- Superficies et production

Les estimations des superficies irriguées varient selon les sources d'information : DNHE (1989) = 190 000 ha et DNGR (1988) = 176 000 ha. Selon la DNHE 99% de ces périmètres ont des tailles supérieures à 100 ha (l'ON représente 1/3 de cette superficie). En fait plus de 50 000 ha d'aménagements ont été abandonnés et il faudrait réhabiliter plus de 60% des périmètres en exploitation (selon la DNGR).

TABLEAU 2.3.5 - Superficies agricoles aménagées

REGION	Grands et Moyens aménagements		Petits périmètres irrigués		Total	
	Superficie aménagée	Superficie exploitée	Superficie aménagée	Superficie exploitée	Superficie aménagée	Superficie exploitée
KAYES	185	185	437	287	622	472
KOULIKORO	8000	4100			8000	4100
SIKASSO	7470	7470	60	60	7530	7530
SEGOU	101782	68960			101782	68960
MOPTI	38735	22000	200	200	38935	22200
TOMBOUCTOU	19885	15200			19885	15200
GAO	13785	10100	730	730	14515	10830
TOTAL	189842	128015	1427	1277	191269	129292

(Source : DNHE, décembre 1989)

La superficie totale irriguée en production, y inclus les doubles cultures et les aménagements privés aurait représenté, selon le CILSS, près de 273 000 ha en 1987. La répartition par variété de culture en 1986/87, selon le CILSS fait l'objet du Tableau 2.3.6.

TABLEAU 2.3.6 - Production agricole

Estimation des superficies irriguées au Mali			
Production	Superficie (en ha)	Production (en tonnes)	Rendements (tonne/ha.)
Riziculture	193000	209000	1.1
Canne à sucre	3200	198000	61.9
Thé	102	410	4.2
Tabac	214	460	2.2
Maraéchages	1150	13600	11.2
Sorgho de décrue	73700	19240	0.3
Blé	2190	1908	0.9
Total	273556		
(Source : CILSS/Club du Sahel)			

La riziculture domine donc largement. Elle représente 70% des surfaces irriguées. La production aurait atteint 286 000 tonne de paddy en 1988/89 avec un rendement moyen de 1.35 tonne/ha, cette production est estimée à 330 000 tonne en 1989/90. L'augmentation de production entre 1986/87 et 1989/90 serait de l'ordre de 57%.

b) Potentialités en terres irrigables

Le Mali, par rapport à ses voisins sahéliens est relativement bien pourvu en matière de terres irrigables. Selon certaines études (PNUD/FAC/BIRD), le potentiel irrigable atteindrait 2.200.000 ha . En outre, les prélèvements supplémentaires qui résulteraient de l'aménagement de ce potentiel ne poserait pas de problème technique majeur, mis à part qu'il pénaliserait sûrement les pays situés à l'aval, dans la vallée du fleuve Niger. La DNGR a estimé que plus de 330.000 ha de terres potentiellement irrigables ont déjà fait l'objet d'identification ou de projet. Ces superficies pourraient être aménagées à moyen terme, ce qui porterait le potentiel aménageable à plus de 560.000 ha qui se répartiraient comme suit :

TABLEAU 2.3.7 - Superficies irrigables

Cultures	Existant(a) (1000 ha)	En projet(b) (1000 ha)	(a)/(b) (en %)	Total (1000 ha)
Riz-Maîtrise totale	70	80	114	150
Riz - Maîtrise partielle	79	154	195	233
Autres - Maîtrise totale	15	42	280	57
Autres - Maîtrise partielle	12	114	950	126
	176	390	221	566
(Source : DNGR, 1989)				

c) Contraintes liées aux ressources

Les principales contraintes sont en fait liées aux modes d'exploitation de ces ressources puisque, selon les estimations, celles-ci sont présentes en quantité suffisantes. Les contraintes proviennent donc soit du mode de captage des eaux pérennes pour la maîtrise totale, soit de l'irrégularité des crues pour la submersion contrôlée.

Le potentiel en eaux de surface est très important. Les eaux pérennes se localisent principalement autour des fleuves Niger et Sénégal et de leurs affluents. Le fleuve Sénégal nécessite des aménagements importants pour être utilisé, du fait de son lit très encaissé.

Les ouvrages construits pour utiliser les eaux de surface non pérennes concernent des petits bassins versants n'excédant pas 200 km².

L'exploitation et la mise en valeur de ces eaux de surface pose de nombreux problèmes liés à l'irrégularité du régime pluviométrique et hydrologique, aux problèmes d'évaporation sur les retenues d'eau, aux caractéristiques physiques des bassins versants ainsi qu'à la géologie.

2.3.2.2 Elevage

Le nombre de points d'eau modernes réalisés pour le bétail comprend environ un millier de puits et quelques centaines de forages équipés de groupes moto-pompes. Les puits sont soit des puits directs, soit des puits citernes alimentés par des forages.

En dehors de ces points d'eau, le bétail s'abreuve au mares lacs et rivières, localisés dans le Sud du pays. A cause de la sécheresse, le nombre de points d'eau est en forte diminution depuis le début des années 1970.

Le surcreusement des mares ou la création de mares artificielles et la construction de points d'eau modernes restent encore trop rares pour permettre de valoriser l'important potentiel fourrager du Mali. Le cheptel actuel consommerait $58 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$, dont on estime que 39 proviennent des eaux souterraines et 19 des eaux de surface.

A l'horizon 2001 les besoins en eau s'élèveraient à $73,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. L'accroissement de $15,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ pourrait être obtenu de la manière suivante:

	Eaux souterraines	Eaux de Surface
- à l'horizon 1996:	$4,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	$3,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$
- à l'horizon 2001:	3,0	4,0
	<hr/>	<hr/>
	$7,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	$7,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$

2.3.3 Hydroélectricité

- Barrage de Sélingué

Cet ouvrage est situé sur le Sankarani , affluent de rive droite du Niger, à l'amont de Bamako. La retenue a un volume de 2 milliards de m³. La puissance installée est de 40 MW. La gestion de l'aménagement est confiée à l'OERHN. La première mise en eau a eu lieu en 1982. Le débit turbiné en saison sèche (100/150 m³/s) soutient de façon sensible le débit d'étiage jusqu'à Markala, Ansongo et Niamey. La gestion de la réserve de Sélingué doit être optimisée afin de répondre à deux contraintes qui ne sont pas toujours complémentaires : soutenir l'étiage et optimiser la production d'électricité.

- Barrage de Manantali

Il est implanté sur le fleuve Bafing, principal bras formant le Sénégal après sa confluence avec le Bakoye à Bafoulabé. Le volume de sa retenue approche 12 milliards de m³, dont 7.85 constitue la tranche utile. Il est destiné à la régularisation des crues du Sénégal pour le moment, tant qu'il n'est pas équipé de turbines hydrauliques. La retenue a atteint sa cote de remplissage en septembre 1991. A partir cette date il doit pouvoir, dans un premier temps, assurer une crue artificielle permettant de cultiver 50.000 ha en culture traditionnelle de décrue. L'OMVS (Organisation pour la Mise en valeur du fleuve Sénégal), organisation regroupant le Mali, la Mauritanie et le Sénégal (la Guinée est observateur) gère les eaux du bassin du Sénégal. L'OMVS a confié à l'ORSTOM la réalisation d'un système de gestion en temps réel des débits du fleuve Sénégal; ce projet consiste en un système de télétransmission par satellite (ARGOS) des hauteurs d'eau du fleuve nécessaires au fonctionnement d'un modèle de prévision et de gestion (dont la mise au point fait partie du contrat ORSTOM). Une centrale de réception couplée à un ordinateur permet d'effectuer les lâchures au niveau de Manantali pour répondre aux contraintes en débit fixées au niveau de Bakel. Un programme de formation à l'entretien des plates-formes de télétransmission a été dispensé aux Agents de l'OMVS. De même le modèle de gestion a fait l'objet d'un cycle de formation permettant aux Agents de l'OMVS de transmettre les consignes de gestion à Manantali par BLU. Un modèle de simulation de scénarios a aussi été réalisé par l'ORSTOM pour l'OMVS afin de tester les différentes variantes de gestion que l'on pourrait imaginer, sur la série historique de données observées. Pour cela, une banque de débits journaliers à toutes les stations du bassin du fleuve a été réalisée, elle contient tous les débits moyens journaliers observés ou reconstitués depuis 1904.

- Centrale hydraulique de Sotuba

Il s'agit d'une centrale au fil de l'eau, La possibilité de modulation des débits de l'ouvrage ne dépasse quelques heures. Elle a été installée en 1966. La puissance installée atteint 5.5 MW fourni par deux groupes qui produisent de 35 à 37 GWh/an. A la suite de la régularisation en étiage, la puissance doit être renforcée par 7 MW supplémentaire, ce qui portera le total à 12.5 MW qui seront susceptibles de produire 70 à 75 GWh/an.

- Rapides de KENIE

Le site est situé à 35 km de Bamako. Le projet ENERGIE II de la Banque Mondiale prévoit l'étude de factibilité de l'aménagement de ce site qui pourrait fournir de 200 à 300 GWh/an pour une puissance de 30 à 40 MW installée.

- Barrage de Tossaye

Le défilé de Tossaye est situé sur le Niger, à 30 km à l'amont de Bourem. L'étude de factibilité de cet ouvrage a conclu à une possibilité d'installer 30 à 40 MW. Le volume de la retenue pourrait atteindre 4 milliards de m³ avec une régularisation du débit à 300 m³/s en étiage.

- Sites du haut Bani

3 sites sont reconnus sur le Baoulé. Le site de Baoulé 3 doit faire l'objet d'une étude de factibilité.

CHAPITRE 3

CLIMATOLOGIE

3.1. Structure

3.1.1. Organisation

Le réseau des stations pluviométriques et climatologiques est géré par la Direction de la Météorologie Nationale sous la tutelle du ministère du transport et du tourisme. Située à l'ancien aéroport de Bamako, elle est constituée des 4 divisions suivantes :

- Réseau et matériel,
- Météorologie aéronautique,
- Climatologie,
- Agrométéorologie.

A ceci est adjoit un secrétariat, un centre de calcul informatique et la documentation.

La division "Réseau et matériel" installe, entretient les stations et gère le parc d'appareils.

La division "Climatologie" réceptionne, dépouille et archive les données (support papier et informatique). Parallèlement, elle effectue des études statistiques.

La division "Agrométéorologie" collecte les informations agronomiques auprès du ministère de l'Agriculture et des opérations de développement rural afin de publier divers bulletins.

Enfin, la division "Météorologie aéronautique" située à l'aéroport international de Bamako-Sénou réceptionne les données des stations synoptiques et effectue les prévisions météorologiques dans le cadre du réseau mondial en association avec l'ASECNA.

3.1.1.1. Budget de la Direction de la Météorologie Nationale

Il comprend principalement la contre-partie de la République malienne à la troisième phase du programme AGRHYMET (s'achevant fin 1991) (40 millions F. C.F.A. / an).

3.1.2. Personnel

Actuellement, les effectifs s'élèvent à 189 agents (y compris les observateurs sur le terrain des stations climatiques) dont environ 15 cadres de classes 1.

La formation des cadres supérieurs est assurée dans les écoles suivantes :

- EAMAC (Ecole Africaine de Météorologie Aéronautique et Civile, Niamey, Niger),
- AGRHYMET (Niamey, Niger),
- I.H.F.R. (Institut Hydrométéorologique pour la Formation et la Recherche, Oran, Algérie),
- Ecole de la Météorologie (France),

-Ecoles en U.R.S.S..

Les deux informaticiens présents à la cellule de calcul ont suivi un enseignement de 3 ans (graduate: équivalent bac plus deux) aux Etats-Unis.

La division "Climatologie" comprend 15 personnes dont deux ingénieurs et un technicien. Le chef de cette division va régulièrement effectuer des travaux de recherche au Centre International de Physique théorique de Trieste.

La division "Agrométéorologie" regroupe 11 personnes: 5 ingénieurs et 6 techniciens. Un ingénieur part effectuer un stage d'un mois à Trieste sur le sujet : "Qualités et défauts des stations climatologiques automatiques".

La division "Réseau et matériel" comprend 4 personnes dont un ingénieur.

3.2. Réseaux

3.2.1. Réseau synoptique

Géré par l'ASECNA, il comprend 22 stations fonctionnant en permanence.(Cf. Tableau 3.2.1). Les données sont transmises par radio B.L.U. au Centre Météorologique Principal. Le personnel des 9 stations synoptiques principales (Bamako Sénou, Gao, Kayes, Kidal, Mopti, Nara, Ségou, Tessalit, Tombouctou) est de 4 ou 3 agents. A ces stations, les observations sont effectuées toutes les heures et les sondages toutes les trois heures. Aux autres stations ne comportant que deux agents, les relevés de 21h et 24h sont supprimés.

3.2.1.1. Equipements

Conformément aux normes O.M.M., les paramètres suivants sont relevés :

- pluviométrie totale et intensité,
- températures :
 - humide, sèche,
 - extrêmes,
 - au sol et à 10, 20, 50 et 100 cm de profondeur,
 - à la surface de l'eau.
- vitesse du vent et direction,
- pression atmosphérique,
- évaporation bac,
- durée d'insolation.

La vitesse maximale du vent est mesurée aux stations de Bamako Senou, Hombori, Kidal, Mopti, Nara et Tombouctou. Il n'y a pas de bac de classe A ou l' appareil est en panne aux stations de Bamako Senou, Hombori, Kenieba, Menaka, Nara, Nioro du Sahel, San, Tessalit et Tombouctou.

La liste de l'appareillage par station n'est pas disponible.

3.2.2. Le réseau climatologique

Il comprend 50 stations climatologiques et agrométéorologiques (Cf. Tableau 3.2.1). Les observations aux 9 stations agrométéorologiques sont effectuées à 6h, 12h et 18h par un seul agent. Dans le cadre du programme "AGRHYMET", ces stations étaient munies de radio B.L.U.. Le matériel d'origine américaine n'a pu être entretenu. Les données sont maintenant transmises mensuellement par la poste.

3.2.2.1. Equipements

L'équipement serait le même qu'aux stations synoptiques. Cependant, la liste des équipements par station n'a pas pu nous être communiquée.

3.2.3. Réseau pluviométrique

Sur 241 postes dénombrés (Cf. Tableau 3.2.1), 129 sont en fonctionnement en 1989. Les observateurs sont bénévoles et indemnisés (2000 F. C.F.A. / mois).

3.2.3.1. Equipement

Le pluviomètre utilisé est le modèle "Association", placé à 1,5 m au dessus du sol.

3.3. Maintenance des réseaux

Elle est assurée par la division "Réseau et matériel". Aucune tournée annuelle n'est programmée. La division ne possède pas de voitures propres. La maintenance est assurée dans le cadre des missions d'observations phénologiques du programme AGRHYMET durant l'hivernage avec deux véhicules tout-terrains. Le stock d'appareils et de consommables est important. Par contre, l'atelier de maintenance est vétuste et mal équipé.

3.4. Collecte traitement archivage

Les données des stations synoptiques sont quotidiennement transmises par radio B.L.U. au Centre Météorologique Principal de l'aéroport de Bamako-Sénou.

L'ensemble des documents originaux écrits de la main des observateurs (fiches pluviométriques, cahiers et carnets d'observations climatologiques) et les pluviogrammes sont reçus mensuellement à la division Climatologie. Ces documents sont contrôlés puis archivés dans une salle trop exigüe maintenant et non climatisée.

3.4.1. Archivage sur support informatique

L'archivage informatique est effectué à la Cellule de calcul, non rattachée à la division climatologie mais dont le personnel de saisie provient de cette division. La cellule informatique est installée au rez-de-chaussée de la division climatologie dans trois pièces climatisées protégées de l'extérieur par un sas. Elle dispose de 8 micro-ordinateurs dont 7 compatibles I.B.M. associés à 8 imprimantes matricielles diverses.

TABLEAU 3.2.1 - Inventaire des stations pluviométriques du Mali

Nom	Type	Code CLICOM	Code ORSTOM	Code pluvi.	Code synop.	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Date de création	Période saisie sur support informatique	Disponible 87/88/89
BAMAKO AERO (FERME)	SYNO	27013200	1270000100	E141	61290	12,38,N	008,02,W	332	19190401	-89	oui
BAMAKO SENOU	SYNO	27013100	1270003000	E140	61291	12,32,N	007,57,W	377	19750001	75-89	oui
BAMAKO VILLE	SYNO	27000700	1270002900	E 0		12,38,N	008,01,W	331	19540501	54-61,75-80.	non
BOUGOUNI	SYNO	27016200	1270007600	E175	61296	11,25,N	007,30,W	350	19190901	21-89	oui
DIDIENI	SYNO		1270276000			13,53,N	008,05,W				non
DIOILA	SYNO	27014100	1270009700	E151		12,29,N	006,48,W	315	19390401	39-89.	oui
GAO	SYNO	27002500	1270014500	E 21	61226	16,16,N	000,03,E	258	19190801	19-83,85-89.	oui
HOMBORI	SYNO	27003600	1270016900	E 36	61240	15,17,N	001,42,W	287	19200101	20-25,36-80.	oui
KAYES	SYNO	27006300	1270020800	E 67	61257	14,26,N	011,26,W	46	18950001	1895-14,20-23,25-89.	oui
KENIEBA	SYNO	27011800	1270021700	E126	61285	12,48,N	011,21,W	136	19420601	42-84,88-89.	non
KIDAL	SYNO	27001700	1270022000	E 8	61214	18,26,N	001,21,E	458	19230101	23-86,88-89.	non
KITA	SYNO	27010700	1270022900	E112	61270	13,04,N	009,27,W	328	19310101	31-82,84-89.	oui
KOUTIALA	SYNO	27014400	1270028300	E154	61293	12,24,N	005,28,W	344	19210701	21-88	oui
MENAKA	SYNO	27002900	1270031300	E 28	61250	15,52,N	002,13,E	288	19230301	23-88	oui
MOPTI	SYNO	27006000	1270031900	E 64	61265	14,31,N	004,06,W	271	19210501	21-89.	oui
NARA	SYNO	27004000	1270032800	E 40	61233	15,10,N	007,17,W	263	19210701	21-26,28-69,77-89.	oui
NIRO DU SAHEL	SYNO	27003800	1270035800	E 38	61230	15,14,N	009,36,W	235	19190701	1919-1989.	oui
SAN	SYNO	27010000	1270040000	E105	61277	13,17,N	004,54,W	283	19210701	21-89.	oui
SEGOU	SYNO	27009600	1270041500	E101	61272	13,24,N	006,09,W	288	19190801	07-14,19-29,35-86,88-89.	oui
SIKASSO	SYNO	27016500	1270042100	E179	61297	11,21,N	005,41,W	374	19190801	07-12,19-89	oui
TESSALIT	SYNO	27001600	1270044200	E 4	61202	20,12,N	000,59,E	493	19471101	48-89.	oui
TOMBOUCTOU	SYNO	27002100	1270045400	E 16	61223	16,43,N	003,00,W	263	18970001	1897-02,04-14,22,49-89.	oui
BAFOULABE	CLIM	27008400	1270001900	E 89		13,48,N	010,50,W	104	19310801	31-83,85,88.	non
BAMAKO IFAC-CNRF-SRFM	CLIM	27013300	1270002700	E142		12,38,N	008,01,W	323	19640101	64-80.	oui
BAMAKO ZOO IFAN	CLIM	27012800	1270002800	E137		12,40,N	007,59,W	362	19510401	51-76.	non
BANAMBANI	CLIM			E239							non
BEMA	CLIM		1270003000	E 71		15,02 N	009,23 W	281	19759999	76,78-80.	non
BOUREM-SIDI AMAR	CLIM	27018900		E018		16,21,N	003,21,W	365	19799999		non
CINZANA-NATIA	AGRC		1270244200	E270		13,17,N	005,57,W	281	19859999		non
DIANKABOU	CLIM	27019400	1270275000			14,34,N	003,03,W	287	19789999		non
DILLY APS	CLIM	27004400	1270009400	E 44		15,00,N	007,40,W	256	19630101	63-71,73-80.	non
DINANGOUROU	CLIM	27019500	1270278000			14,26,N	002,15,W	274	19789999	72-76.	non
DIRE	CLIM	27002400	1270010300	E 20		16,16,N	003,24,W	265	19351001	35-79,84-89.	oui
DOGO TENENKOU	CLIM	27004100	1270011200	E 41		15,10,N	004,26,W	264	19500101	49-80.	non
DOUGABOUGOU	CLIM	27018700	1270011400	E114		13,51,N	006,09,W	280	19710701	70-80	non
FALADYE	CLIM	27010600	1270012400	E111		13,08,N	008,21,W	337	19310101	31-82.	non
FARAKO	CLIM	27016800	1270013100	E182		11,13,N	005,29,W	377	19680301	68-80.	non
KARA	CLIM	27006900	1270019600	E 74		14,09,N	005,01,W	271	19510801	51-78.	non
KATIBOUGOU	AGRC	27011400	1270020200	E121		12,56,N	007,32,W	326	19370601	37-80.	non
KAYO	CLIM	27007800	1270021100	E 83		13,54,N	005,37,W	278	19510101	51-70.	non
KITA PAR	CLIM	27019600	1270455000	E207		13,04,N	009,43,W	333	19799999		non
KOGONI	AGRC	27005300	1270023500	E 53		14,44,N	006,02,W	273	19530101	51-85,87-88.	non
KOLOMBADA	CLIM	27019700	12700024000	E000		12,41,N	007,02,W	351	19829999		non
KOLONGOTOMO	CLIM	27008100	1270024300	E 86		13,54,N	005,40,W	279	19729999		non
KOULA	CLIM	27019800		E237		12,45,N	004,17,W	339	19829999		non
LONGOROLA	CLIM	27019900	1270029000	E201		11,21,N	005,41,W	350	19739999	73-88.	non
M'PESOBA	CLIM	27013600	1270032500	E145		12,37,N	005,42,W	302	19500101	50-67,69-78.	non
MADINA DIASSA	CLIM	27017400	1270029500	E188		10,49,N	007,44,W	361	19600401	60-61,63-70,77-80.	oui
MAHINA	CLIM	27018500	1270029900	E217		13,44,N	010,50,W	99	19799999		non
MANANTALI	CLIM	27020000	1270030200	E211		13,11,N	010,27,W	445	19799999		non
MARENA	CLIM	27020100	1270615000			14,32,N	011,02,W	60	19809999		non
MOPTI-ADRAO	CLIM	27019100	1270103000	E063		14,29,N	004,12,W	266	19779999	50-87,89.	non
N'TARLA I.R.C.T.	AGRC	27012100	1270036100	E129		12,42,N	005,45,W	304	19680101	67-80.	non
NAMPALA	CLIM	27003700	1270033300	E 37		15,17,N	005,33,W	266	19700001	70-74,76-80.	non
NIAFUNKE	CLIM	27002800	1270034300	E 25		15,56,N	003,59,W	271	19190701	-80	non
NIONO	CLIM	27006700	1270035500	E 72		14,15,N	005,59,W	277	19500101	50-80.	non
SAMANKO I PAR	CLIM	27018800		E232		12,33,N	008,07,W	345	19670501		non
SAMANKO II CE	CLIM	27012900	1270039600	E138		12,32,N	008,05,W	345	19680101	67-73,78-80.	non
SAME	CLIM	27018400	1270779500	E221		14,27,N	011,30,W	32	19809999	79-80.	non
SANZANA	CLIM	27020200	1270040700	E172		11,45,N	005,58,W	345	19749999	76-80.	non
SELINGUE	AGRC	27019200		E245		11,39,N	008,14,W	330	19859999		non
SENDEGUE	CLIM	27020300	1270779000	E236		15,15,N	003,56,W	264	19779999		non
SIENKORO	CLIM		1270777000	E222		12,40,N	007,42,W	320	19840101		non
SOTUBA	AGRC	27013000	1270043600	E139		12,39,N	007,56,W	320	19510301	1950-1980.	non
TAOUDENI	CLIM					22,41,N	003,59W				non

TABLEAU 3.2.1 (suite) - Inventaire des stations pluviométriques du Mali

Nom	Type	Code CLICOM	Code ORSTOM	Code pluvio	Code synop.	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Date de création	Période saisie sur support informatique	Disponible 87/88/89
TENENKOU	CLIM	27006200	1270043900	E 66		14,27,N	004,55,W	272	19630101	63-70,72-76,80.	non
TIEROUALA	AGRC	27019300	1270906000	E 174		11,21,N	006,02,W	419	19819999	79-80.	non
TILLEMBEYA	CLIM	27007000	1270044800	E 75		14,09,N	004,59,W	273	19450401	45-67.	non
TONKA (LAC HORO)	CLIM		1270046000	E271		16,09,N	003,46W	262	19849999		non
YELIMANE	CLIM	27020400	1270047200	E 42		15,07,N	010,34,W	97	19809999		non
ABEIBARA	PLUV			E 07		19,18,N	001,47,E	600	19799999		non
AGUELHOK	PLUV	27000100	1270000300	E 06		19,30,N	000,52,E	435	19390101	39-47.	non
ALMOUSTARAT	PLUV		1270108000	E 13		17,22,N	000,04,E	315	19819999		non
AMBIBEDI	PLUV	27005500	1270000400	E 55		14,35,N	011,47,W	30	19510501	51-73,75-80.	non
ANDERABOUKAN	PLUV		1270109000	E 27		15,25,N	003,01,E	255	19799999		non
ANEFIS	PLUV		1270000600	E 10		18,02,N	000,36,E	327	19799999		non
ANSONGO	PLUV	27003100	1270000700	E 30		15,40,N	000,30,E	246	19230301	23-76,78,82.	non
AOUROU	PLUV	27004600	1270001000	E 46		14,58,N	011,35,W	65	19510101	51-61,63-80.	non
ARAOUANE	PLUV	27001100	1270001100	E 0		18,54,N	003,33,W	280	19260601	26-46.	non
BABALA	PLUV		1270120000	E 73		14,12,N	011,36,W	173	19519999		non
BADJILA	PLUV	27015300	1270001300	E164		12,06,N	007,21,W	325	19610101	60-80.	non
BAFING MAKANA	PLUV	27013800	1270001600	E147		12,33,N	010,15,W	239	19630101	63-77.	non
BAGUINEDA	PLUV	27013500	1270002200	E144		12,37,N	007,47,W	320	19520401	52-61,64-67,69-80.	non
BALLE	PLUV	27003500	1270002500	E 35		15,20,N	008,35,W	285	19540301	54-61,63-64,66-80.	non
BAMBA	PLUV	27001800	1270003100	E 11		17,02,N	001,24,W	259	19190701	19-25,53-60,64-80.	non
BAMBARA MAOUNDE	PLUV	27003400	1270003400	E 34		15,51,N	002,47,W	261	19530101	53-61,63-80.	non
BANAMBA	PLUV	27009000	1270003700	E 95		13,33,N	007,27,W	379	19330101	33-82,84-85.	non
BANBA MANANKORO	PLUV	27018200	1270000400	E197		10,23,N	007,09,W	400	19600001	66-69,71-80.	non
BANDIAGARA	PLUV	27006400	1270004300	E 68		14,21,N	003,37,W	392	19190501	07-09,-80.	non
BANGASSI	PLUV	27000300	1270004500	E 0		13,10,N	008,55,W	320	19510501	51-56.	non
BANIKANE	PLUV			E 22		16,02,N	003,36,W	262	19809999		non
BANKASS	PLUV	27007300	1270004800	E 78		14,04,N	003,31,W	294	19520401	52-89.	oui
BANKOUMANA	PLUV	27014900	1270004900	E159		12,12,N	008,16,W	336	19600601	60-82,84-85.	non
BARA	PLUV		1270005100	E 227		15,49,N	000,20,E	320	19799999		oui
BAROUELI	PLUV	27010800	1270005200	E113		13,04,N	006,50,W	309	19320601	32-77,80-83,85,87-89.	oui
BASHAN	PLUV										non
BATIMAKANA	PLUV	27010400	1270005500	E109		13,15,N	009,23,W	319	19620501	62-80.	non
BAYE	PLUV	27008700	1270005800	E 92		13,37,N	003,22,W	251	19631001	63-80.	non
BELEKO	PLUV	27014200	1270006100	E152		12,29,N	006,25,W	306	19460101	46-86,89.	non
BILIKOUATE	PLUV	27018600	1270006400	E 33		15,33,N	011,36,W	74	19620001		non
BIN	PLUV		1270150000								non
BINTABOUGOU	PLUV			E 253		16,45,N	003,46,W	275	19759999		non
BLA	PLUV	27011300	1270006700	E119		12,57,N	005,46,W	291	19600601	60-89.	non
BLENDIO	PLUV		1270155000			11,38,N	006,21,W	337	19819999		non
BOBOLA ZANGASSO	PLUV	27000900	1270007000	E149		12,32,N	004,69,W	310	19510901	51-62,64-80.	non
BOLLE	PLUV		1270160000								oui
BORON	PLUV		1270007400	E 220		14,00,N	007,30,W	381	19799999		non
BOUDJIGUIRE	PLUV		1270007500	E 224		14,53,N	006,52,W	367	19799999		non
BOUKOURA	PLUV	27013400	1270007300	E143		12,38,N	005,05,W	297	19590501	59-78.	non
BOUREM	PLUV	27001900	1270007900	E 12		16,57,N	000,21,E	273	19260101	26-61,64-83,85-87,89.	non
BOURESSA	PLUV		1270008000	E 05		19,57,N	001,53,E	650	19819999		non
CINZANA-CAR	PLUV	27010500	1270008200	E110		13,15,N	005,58,W	281	19620401	61-86,88-89.	non
DANDRESSO	PLUV		1270008400	E 38		11,32,N	005,29,W	374	19739999	75-80.	oui
DEMBELA	PLUV	27016000	1270008500	E171		11,44,N	006,22,W	337	19600401	60-62,64-80.	non
DIA	PLUV	27000500	1270008700			14,19,N	004,59,W	276	19360501	36-45.	non
DIALAFARA	PLUV		1270010500	E 215		13,30,N	011,22,W	424	19819999		oui
DIALAKOROBA	PLUV		1270270000	E 249		12,16,N	007,56,W	430	19849999		non
DIALLAN	PLUV		1270270500	E 234		14,05,N	009,58,W	300	19819999		non
DIAMOU	PLUV	27007100	1270008800	E 76		14,06,N	011,16,W	60	19510601	51-80.	oui
DIELI	PLUV		1270008900	E 210		13,10,N	005,02,W	300	19819999		non
DIEMA	PLUV	27005900	1270009100	E 59		14,33,N	009,11,W	252	19410501	73,77-78,80-82,84-86,88-	oui
DIGATO	PLUV					12,29,N	008,06,W	330	19849999		non
DILLY VILLAGE	PLUV		1270009400	E 269		15,01,N	007,40,W	256	19639999		non
DIOURA	PLUV	27005000	1270010000	E 50		14,49,N	005,15,W	268	19550601	55-80.	non
DJENNE	PLUV	27007900	1270010600	E 84		13,54,N	004,34,W	278	19210601	21-80,82-88.	non
DJOLIBA	PLUV		1270278500								non
DOGO BOUGOUNI	PLUV	27015600	1270010900	E167		11,53,N	007,20,W	400	19620501	62-80,82,84,86-87.	non
DOKOLO BAMANA	PLUV		1270279000						19829999		non
DOMBIA	PLUV		1270011300	E 125		12,48,N	011,02,W	590	19819999		non
DOUENTZA	PLUV	27004500	1270011500	E 45		14,59,N	002,57,W	305	19260501	26-77.	non
DOUNA	PLUV					13,12,N	005,55,W	272	19719999		non
DOUNFING	PLUV	27012600	1270011800	E134		12,41,N	008,03,W	389	19530501	53-80.	non

TABLEAU 3.2.1 (suite) - Inventaire des stations pluviométriques du Mali

Nom	Type	Code CLICOM	Code ORSTOM	Code pluvio	Code synop	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Date de création	Période saisie sur support informatique	Disponible 87/88/89
DOUSSOUDIAGNA	PLUV		1270011900	E 200		11,10,N	007,50,W	420	19819999		oui
DYELIBA	PLUV		1270012000	E 205		12,20,N	008,08,W	336	19819999		non
DYOUMARA	PLUV			E 274		14,32,N	008,33,W	242	19839999		non
FADIOLA	PLUV		1270316500								non
FAKOLA	PLUV	27017900	1270012100	E194		10,32,N	006,54,W	400	19660101	66-80.	non
FALEA	PLUV	27014700	1270127000	E157		12,16,N	011,17,W	455	19560301	56-85.	non
FALOU	PLUV		1270012800	E 61		14,36,N	007,56,W	280	19809999		non
FANA	PLUV	27011900	1270013000	E127		12,47,N	006,57,W	329	19600601	60-72,74-88.	non
FANI	PLUV		1270317000	E 213		13,22,N	005,11,W	280	19819999		non
FARABA	PLUV		1270317500	E 136		12,27,N	010,52,W	195	19819999		non
FARABANA	PLUV		1270320000	E 233		12,20,N	010,36,W	336	19819999		oui
FARI	PLUV		1270013200	E 163		12,10,N	10,36,W	435	19819999		non
FAYA PONT	PLUV		1270325000	E252		12,38,N	007,34,W	330	19849999		non
FERENTOUMOU	PLUV	27014000	1270013300	E150		12,30,N	008,10,W	365	19540101	54-75.	non
FILAMENA	PLUV	27018000	1270013600	E195		10,30,N	007,57,W	411	19600401	60,64-80.	oui
FINKOLO	PLUV		1270330000	E 265		11,13,N	005,29,W	377	19849999		non
FORGHO	PLUV		1270013800	E 230		16,30,N	000,11,W	258	19819999		non
FOUNIA	PLUV		1270335000	E 262		12,55,N	009,29,W	272	19849999		non
FOUROU	PLUV	27017700	1270013900	E192		10,44,N	006,08,W	343	19600301	60-80.	non
GABERO	PLUV	27001300	1270014100	E 0		16,02,N	000,04,E	263	19540501	54-66.	non
GALOUGO	PLUV	27008300	1270014200	E 88		13,50,N	011,04,W	91	19510601	51-82,84-88.	non
GARALO	PLUV	27017100	1270014800	E185		10,59,N	007,26,W	360	19600301	60-80,87.	non
GARGOUNA	PLUV		1270014900	E 228		15,55,N	000,12,E	320	19819999		non
GOGUI	PLUV		1270385000	E 226		15,37,N	009,21,W	230	19819999		non
GOSSI	PLUV		1270015600	E 26		15,37,N	009,21,W	230	19760101	76-80.	non
GOUALALA	PLUV	27016600	1270015100	E180		11,13,N	008,14,W	350	19450101	45-82,84-89.	oui
GOJENDO	PLUV		1270390000								oui
GOUNDAM	PLUV	27002300	1270015400	E 19		16,25,N	003,40,W	269	19190601	-89	oui
GOURBASSI	PLUV	27009400	1270015700	E 99		13,24,N	011,38,W	79	19560601	56-85.	oui
GOURMA-RHAROUS	PLUV	27002000	1270016000	E 14		16,53,N	001,56,W	266	19260101	26-82,84-86.	non
GUELELINKORO	PLUV		1270015000	E 189		11,09,N	008,31,W	339	19719999		non
GUENE-GORE	PLUV	27012200	1270016300	E130		12,44,N	011,01,W	240	19560501	56-80.	oui
GUIRE	PLUV		1270016400	E 60		14,39,N	006,41,W	290	19819999		non
HAOUSSA-FOULANE	PLUV	27002700	1270016600	E 24		15,59,N	000,08,E	254	19660101	66-80.	oui
IBETEMI	PLUV	27005800	1270017200	E 58		14,34,N	004,12,W	260	19650001		non
INADIATAPHANE	PLUV		1270417000			15,40,N	002,18,W	290	19780101	78-80.	non
IN-TILLIT	PLUV			E 225		15,31,N	000,28,E	295	19799999		non
KABALABOUGOU	PLUV		1270435000	E 272		12,33,N	008,03,W	333	19839999		oui
KABARA	PLUV	27002200	1270017800	E 17		16,42,N	002,59,W	267	19230101	23-85,87-89.	non
KADIANA	PLUV	27017600	1270018100	E191		10,45,N	006,30,W	340	19621001	62-69,72-80.	non
KADIOLO	PLUV	27017800	1270018400	E193		10,33,N	005,46,W	350	19530301	53-88,90.	oui
KALABAN-KORO	PLUV		1270440000	E 240							non
KALANA	PLUV	27017500	1270018700	E190		10,47,N	008,12,W	379	19510401	51-80.	oui
KALANA CAR	PLUV		1270018700	E 266		10,48,N	008,13,W	379	19839999		non
KAMI	PLUV	27005700	1270019000	E 57		14,34,N	004,13,W	272	19550101	50-78.	non
KANGABA	PLUV	27015500	1270019300	E166		11,56,N	008,25,W	370	19390701	39-88.	non
KANKELA	PLUV								19819999		non
KARANGASSO	PLUV	27014600	1270019900	E156		12,17,N	005,16,W	392	19510901	51-80.	oui
KASSAMA	PLUV		1270020100	E 206		13,04,N	011,07,W	530	19819999		oui
KATH-HAUT	PLUV	27012300	1270020500	E131		12,44,N	008,04,W	430	19600401	58-60,62-75,78.	non
KE-MACINA	PLUV	27007600	1270021400	E 81		13,57,N	005,22,W	277	19260501	26-84,86-87,88.	non
KENIEROBA	PLUV		1270450000	E 248		12,06,N	008,19,W	330	19819999		oui
KIGNAN	PLUV	27015800	1270022300	E169		11,51,N	006,01,W	348	19530301	53-67,69-80.	oui
KIMPARANA	PLUV	27011700	1270022600	E124		12,50,N	004,56,W	297	19540101	54-80.	oui
KINTA BAMANA	PLUV			E 231		13,10,N	005,18,W	290	19819999		non
KLELA	PLUV	27016100	1270023200	E173		11,42,N	005,40,W	340	19610501	61-80.	oui
KODALA	PLUV		1270460000								non
KOFILABEN	PLUV		1270465000								non
KOKENI	PLUV										non
KOKOFATA	PLUV		1270023600	E 241		12,55,N	010,00,W	300	19809999		non
KOLOKANI	PLUV	27008900	1270023800	E 94		13,35,N	008,02,W	399	19230101	23-28,31-87.	non
KOLONDIÉBA	PLUV	27016900	1270024100	E183		11,06,N	006,54,W	328	19600401	60-80.	non
KOLONI	PLUV	27012000	1270024400	E128		12,47,N	005,20,W	294	19620401	62-80.	oui
KONIAKARY	PLUV	27005600	1270024700	E 56		14,34,N	010,54,W	81	19550701	55-80.	oui
KONNA	PLUV	27004700	1270025300	E 47		14,57,N	003,54,W	267	19540101	54-71,73-77.	oui
KONBOUGOU	PLUV	27008600	1270025000	E 91		13,40,N	006,03,W	283	19610101	60-85,87-89.	oui
KONODIMINI	PLUV	27008900	1270025600	E104		13,20,N	006,25,W	283	19610501	61-74,76-80.	non
KONSEGUELA	PLUV	27014300	1270025800	E153		12,24,N	005,53,W	346	19520101	52-80.	non

TABLEAU 3.2.1 (suite) - Inventaire des stations pluviométriques du Mali

Nom	Type	Code CLICOM	Code ORSTOM	Code pluvio	Code synop.	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Date de création	Période saisie sur support informatique	Disponible 87/88/89
KOPROKENEIPE	PLUV	27019000	1270500000	E247		14,08,N	003,18,W	267	19769999	77-85	non
KORIENTZE	PLUV	27009800	1270026200	E103		15,23,N	003,47,W	264	19540101	54-80.	oui
KORO	PLUV	27007400	1270026500	E 78		14,04,N	003,04,W	253	19580501	58-80.	non
KOTERA	PLUV	27005100	1270026800	E 51		14,46,N	012,10,W	27	19590501	59,65-77.	non
KOULALA	PLUV		1270520800	E120		13,01,N	006,55,W	309	19799999	79-80	non
KOULIKORO	PLUV	27000200	1270027000	E 257		12,58,N	007,22,W	320	19170101	10-23-25.	non
KOULOUBA	PLUV	27012700	1270027100	E135		12,40,N	008,01,W	485	19480601	48-78,80.	non
KOUMANTOU	PLUV	27016300	1270027400	E176		11,25,N	006,51,W	335	19600401	60-80.	oui
KOUORO	PLUV		1270525000	E 263		12,01,N	005,43,W	290	19729999		non
KOUROUNINKOTO	PLUV	27008000	1270027700	E 85		13,52,N	009,35,W	267	19510401	51-57,59-61,63-80.	non
KOURSALE	PLUV		1270027800	E 204		12,15,N	008,11,W	336	19819999		non
KOUSSANE	PLUV	27004800	1270028000	E 48		14,53,N	011,14,W	86	19590501	59-80.	non
LAKAMANE	PLUV		1270028500	E223		14,31,N	009,55,W	350	19730101	73-74,78-80.	non
LELEHOYE	PLUV		1270604700	E255		15,31,N	000,32,E	260	19799999	79-80.	non
LERE	PLUV		1270605000	E 62		15,43,N	004,53,W	266	19789999	79-80.	non
LERNEB-TILEMSI	PLUV		1270605000	E 254		16,18,N	004,52,W	350	19789999		non
LEYA	PLUV	27004300	1270028600	E 43		15,06,N	011,50,W	52	19590001	68-69.	non
LOBOUGOULA	PLUV	27017000	1270028900	E184		11,02,N	005,59,W	355	19610301	60-80.	non
LOULOUNI	PLUV	27017200	1270029200	E186		10,54,N	005,36,W	360	19600401	59-80.	non
MADINA FOULABOUGOU	PLUV	27009500	1270029600	E100		13,24,N	008,51,W	382	19690101	66-70.	oui
MADINA SACKO	PLUV		1270029700	E 218		13,48,N	007,33,W	400	19799999		oui
MAHOU	PLUV	27015100	1270029800	E161		12,08,N	004,38,W	330	19510901	51-80.	oui
MAKADIAMA	PLUV		1270610000			12,19,N	008,21,W				non
MANANKORO	PLUV	27018100	1270030100	E196		10,27,N	007,27,W	360	19600701	60-80.	oui
MANDIAKUY	PLUV	27011000	1270030400	E116		13,02,N	004,28,W	305	19540101	54-80.	oui
MARKALA	PLUV	27008500	1270030700	E 90		13,41,N	006,05,W	287	19400101	40-88.	oui
MASSANTOLA	PLUV			E 246		13,24,N	007,28,W	415	19849999		non
MASSIGUI	PLUV	27015700	1270031000	E168		11,52,N	006,46,W	345	19600401	60-80.	non
MISSENI	PLUV	27018300	1270031600	E198		10,18,N	006,05,W	347	19600301	60-88.	non
MORO MORO	PLUV		1270630000								non
MOURDIAH	PLUV	27006100	1270032200	E 65		14,28,N	007,28,W	314	19300101	30-87.	non
N'DAKI	PLUV			E 256		15,14,N	000,62,W	271	19789999		non
NGOUMA	PLUV	27003300	1270034000	E 32		15,38,N	003,22,W	267	19540401	54-61,63-80.	oui
NTIERESSO	PLUV		1270670000						19819999		non
NTILLET	PLUV		1270036200								non
NANGUILA	PLUV	27015200	1270033400	E162		12,07,N	008,16,W	350	19600401	60-80.	non
NARENA	PLUV	27014800	1270033100	E158		12,14,N	008,38,W	380	19650101	64-71,73-80.	non
NEGALA	PLUV	27000600	1270033700	E 0		12,52,N	008,27,W	350	19540401	54-80.	non
NEGUJELA	PLUV	27011600		E123		12,52,N	007,30,W	290	19540001		non
NEGUENA	PLUV	27001200	1270033800	E 0		13,05,N	005,49,W	280	19510901	51-60,66-76.	non
NGWENDO	PLUV					12,55,N	007,08,W	476			non
NIANASSOBALA	PLUV								19799999		non
NIENA	PLUV	27016400	1270034600	E177		11,25,N	006,21,W	348	19530301	53-80,85-87.	non
NIENEBALE	PLUV	27011500	1270034900	E122		12,55,N	007,30,W	290	19230101	23-32,36-38,41-80.	non
NIENTJILA	PLUV	27015900	1270035200	E170		11,48,N	006,33,W	340	19600401	60-80.	non
NIOGOMERA	PLUV					15,06,N	010,30,W	97			non
NYAMINA	PLUV	27010100	1270036400	E106		13,19,N	006,59,W	292	19360601	36-80,82-83,88-89.	non
OUALIA	PLUV	27008800	1270036700	E 83		13,36,N	010,23,W	130	19590101	59-80.	oui
OUATAGOUNA	PLUV	27003900	1270037000	E 39		15,11,N	000,44,E	250	19540201	54-80.	oui
OUELESSEBOUGOU	PLUV	27015400	1270037300	E165		11,59,N	007,55,W	356	19540101	54-87.	non
OULOUMA	PLUV	27006800	1270037600	E 73		14,12,N	011,36,W	173	19510501	51-60,63-80.	non
OUSSOUBIDIAGNA	PLUV	27006600	1270037900	E 70		14,15,N	010,28,W	259	19510501	51-76.	non
PEL	PLUV	27007200	1270038200	E 77		14,05,N	003,16,W	259	19600101	60-61,63-80,82-88.	oui
POGHO	PLUV		1270038400	E 219		13,56,N	005,55,W	279	19799999		non
RA-EL-MA	PLUV		1270038300	E 15		16,37,N	004,28,W	255	19799999		non
SABOUCIRE	PLUV	27006500	1270038500	E 69		14,19,N	011,17,W	50	19600601	60-61,63-67,69-70.	non
SABOUGOU	PLUV		1270776000								non
SADIOLA	PLUV	27007700	1270038800	E 82		13,54,N	011,42,W	120	19590501	59-70,72-85.	non
SAGABARI	PLUV	27013700	1270039100	E146		12,36,N	009,48,W	332	19520801	59-80.	oui
SAH	PLUV	27003200	1270039400	E 31		15,38,N	004,03,W	264	19520801	52-57,59-61,64-80.	non
SAMAKOLE	PLUV										non
SAMAYANA	PLUV		1270039500	E 203		12,24,N	008,08,W	336	19819999		non
SANANDO	PLUV	27011100	1270039700	E117		12,58,N	006,24,W	307	19610101	60-79.	non
SANANKOROBA	PLUV		1270039800	E244		12,24,N	007,58,W	347	19709999	71-80.	non
SANDARE	PLUV	27005400	1270040300	E 54		14,43,N	010,18,W	281	19540301	54-59,61,63-80.	non
SANSANDING	PLUV	27012400	1270040500			13,47,N	005,51,W	0	19360001	36-39.	non
SANTIGUILA	PLUV	27001400	1270040600	E132		12,43,N	007,27,W	355	19540401	54-63,65-80.	non
SARAFERE	PLUV	27003000	1270040900	E 29		15,48,N	003,42,W	261	19360501	36-60,64-82,84-89.	oui

TABLEAU 3.2.1 (suite) - Inventaire des stations pluviométriques du Mali

Nom	Type	Code CLICOM	Code ORSTOM	Code pluvio	Code synop.	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Date de création	Période saisie sur support informatique	Disponible 87/88/89
SARRO	PLUV		1270778000	E216		13,43,N	005,15,W	270	19779999	77,	oui
SATADOUGOU	PLUV	27001000	1270041000			12,36,N	011,24,W	150	19190701	-42	non
SEBEKORO	PLUV	27011200	1270041200	E118		12,57,N	008,59,W	360	19510101	51-57,59-76	non
SEGALA	PLUV	27000400	1270041400	E102		14,34,N	010,58,W	60	19510401	51-55.	oui
SEGUE	PLUV	27008200	1270041800	E 87		13,51,N	003,45,W	464	19500301	50-80	oui
SEQUELA	PLUV	27009700	1270041900	E102		13,24,N	006,53,W	293	19680101	68-72	non
SELINKEGNI	PLUV			E 267		11,39,N	008,15,W	330	19699999		non
SIRAKORO	PLUV	27012500	1270042400	E133		12,41,N	009,14,W	369	19510501	51-80.	non
SIRAKOROLA	PLUV		1270042500	E 212		13,19,N	007,34,W	493	19799999		oui
SIRAKORONI	PLUV			E 259		12,52,N	007,11,W	476	19869999		oui
SOFARA	PLUV	27007500	1270042700	E 80		14,01,N	004,14,W	271	19360401	36-88	non
SOKOLO	PLUV	27005200	1270043000	E 52		14,44,N	006,08,W	273	19360101	36-62,64-89.	oui
SONINKOURA	PLUV	27009300	1270043300	E 98		13,27,N	006,15,W	284	19610101	52-80.	oui
SOROBASSO - KOUTIALA	PLUV		1270043400	E242		12,32,N	005,15,W	300	19799999	79.	non
SOUGOULA	PLUV		1270838000	E 243		11,55,N	005,41,W	300	19849999		non
SOUROUKOULA	PLUV	27001500	1270043700			10,48,N	007,10,W	345	19700301	70-72.	non
SOUMPI	PLUV					15,50,N	004,20,W	265	19859999		non
TABAKORO	PLUV										non
TACHARANE	PLUV		1270892500	E229		16,11,N	000,03,E	250	19799999	79-80.	non
TADJEDJOMET	PLUV			E 03		20,17,N	001,33,E	700	19799999		non
TAMBACARA	PLUV			E261		15,04,N	010,50,W	97	19849999		non
TANAINAIT	PLUV			E 09		18,54,N	001,53,E	500	19799999		non
TENE	PLUV		1270043800	E214		13,24,N	004,35,W	290	19799999		non
TIBI	PLUV	27010300	1270044500	E108		13,16,N	005,05,W	279	19640401	64-80.	non
TIENKOUKOBA	PLUV		1270044700	E199		11,10,N	006,27,W	309	19729999	76-80.	non
TILEMSI	PLUV										non
TINKAR	PLUV		1270045000	E 002		19,27,N	000,22,W	460	19719999		non
TOGO	PLUV	27009100	1270045100	E 96		13,32,N	004,31,W	273	19540101	54-80.	oui
TOGUERE COUMBE	PLUV	27004900	1270045300	E 49		14,55,N	004,46,W	269	19700001	70-80.	oui
TOMINIAN	PLUV	27010200	1270045700	E107		13,17,N	004,36,W	298	19590301	59-79.	oui
TONKA	PLUV	27002600	1270046000	E 23		16,08,N	003,45,W	262	19610301	61-68,70-80.	non
TONTO	PLUV								19819999		non
TOUBA (BANAMBA)	PLUV		1270916000	E258		13,29,N	007,23,W	379	19799999	79-80.	oui
TOUKOROBA	PLUV		1270046200	E 235		12,37,N	007,02,W	361	19819999		non
TOUKOTO	PLUV	27009200	1270046300	E 97		13,27,N	009,53,W	177	19320701	32-43,80-85,87.	non
TOUSSEQUELA	PLUV		1270917000	E 260		11,05,N	006,37,W	328	19859999		non
WOLODO	PLUV		1270947000	E 275		13,12,N	007,55,W	414	19869999		oui
YANFOLILA	PLUV	27016700	1270046600	E181		11,11,N	008,09,W	335	19580501	58-80.	non
YANGASSO	PLUV	27010900	1270046900	E115		13,04,N	005,19,W	293	19540101	54-80.	non
YELIMANE	PLUV	27004200	1270047200			15,07,N	010,34,W	97	19190701	19-24,36-80,85-88.	non
YOROBOUGOULA	PLUV	27017300	1270047400	E187		10,54,N	008,08,W	391	19690201	69-80.	non
YOROSSO	PLUV	27014500	1270047500	E155		12,22,N	004,47,W	417	19610501	61-88.	non
ZANGASSO	PLUV	27015000	1270047800	E160		12,10,N	005,37,W	318	19610101	61-80.	non
ZANTIEBOUGOU	PLUV	27000800	1270048100	E178		11,24,N	007,15,W	332	19620601	62-80.	non
ZETA	PLUV	27013900	1270048400	E148		12,33,N	006,46,W	294	19600501	60-61,63-80.	non

Total : 873 années-stations saisies

Remarques:

Type : SYNO (synoptique), CLIM (climatique), AGRC(agroclimatique), PLUV (pluviométrique)

Date de création: Format AAAAMM exemple 19100315 comprendre 15 mars 1910

Le code pluvio et le code synoptique sont des codes spécifiques à la direction de la Météorologie

Par: "Disponible sur 1987,1988,1989", il faut comprendre : disponible dans chacun des 3 annuaires.

La pluviométrie journalière est saisie à l'aide d'un programme propre au service, SAISPL, depuis 1990. CLICOM est jugé trop lent pour l'enregistrement des précipitations journalières. Les précipitations sont disponibles pour 48 stations de 1950 à 1989. Sur la période 1987-1990, l'ensemble des stations du réseau complètes sur l'année est disponible.

Le chef de la division Climatologie et le responsable de la Cellule de calcul n'ont pas connaissance de la banque pluviométrique ORSTOM de l'origine des stations à 1980.

Les données climatiques sont saisies sous CLICOM.

Faute de matériel (table à digitaliser) et de logiciel, les pluviogrammes ne sont pas saisis.

3.5. Qualité des données

3.5.1. Données pluviométriques

Les stations reportées dans l'annuaire correspondent aux stations dont les données sont parvenues à la Direction de la Météorologie et sont complètes sur l'année. La compilation des derniers annuaires parus (1987,88,89) permet la définition d'un indicateur sommaire de qualité (Cf. Tableau 3.2.1).

Sur 22 stations synoptiques, 18 sont présentes dans chacun des 3 derniers annuaires.

Sur 50 stations climatiques, 3 sont présentes dans chacun des 3 derniers annuaires.

Sur 241 stations pluviométriques simples, 55 sont présentes dans chacun des 3 derniers annuaires.

3.5.1.1. Critique de la pluviométrie des stations synoptiques

Pour déceler les erreurs systématiques dues à d'éventuels changement d'exploitation des pluviomètres (emplacement, éprouvette de mesure), les données annuelles ont été critiquées par la méthode du vecteur régional (BRUNET-MORET, 1979).

Trois groupes sont distingués en fonction de la pluviométrie inter-annuelle :

- supérieure à 1000 mm :

Bougouni, Sikasso, Bamako Aero, Kenieba.

- comprise entre 600 et 1000 mm environ :

Dioïla, Kayes, Kita, Koutiala, San, Segou.

- inférieure à 600 mm :

Gao, Hombori, Menaka, Mopti, Nara, Niore du Sahel, Tombouctou. Les postes de Kidal et Tessalit ont été retirés de ce groupe car leurs variations inter-annuelles sont bien trop importantes (coefficient de variation à Kidal égal à 0.39 et à Tessalit égal à 0.52).

a) Stations de précipitation supérieure à 1000 mm

Le vecteur régional a été calculé sur les années 1926-1927, 1931, 1933-1989 (Cf. Figure 3.5.1.).

- Poste de Bamako.

La station de Bamako Aero a une seule année manquante 1975. La courbe de double cumul est constituée par une série de segments parallèles reliés par des marches marquant des années aux comportements différents du vecteur régional. On peut citer 1937 (rapport station/vecteur de 0.66), 1943 (rapport de 1.29), 1951 (rapport de 0.74), 1988 (rapport de 1.43).

- Poste de Bougouni

Le poste de Bougouni est sans lacune sur la période considérée. Le double cumul vecteur-Bougouni présente deux principaux segments parallèles séparés par un segment à plus forte pente entre 1937 et 1941 (rapport des pentes 1.1594).

- Poste de Kenieba.

Les observations débutent en 1944. la station est homogène au vecteur à l'exception des années extrêmes suivantes : 1945 (rapport station/vecteur de 1.44), 1965 (1.41), 1976(0.717) et 1980 (0.736).

- Poste de Sikasso.

Sur la période retenue, l'année 1949 est manquante. La qualité est bonne. Les premières années (1926 à 1935) sont légèrement supérieures au vecteur (rapport moyen 1,12). Ensuite, seules 1968 et 1971 diffèrent notablement du vecteur (rapports de 1.48 et de 0.751).

b) Stations de précipitation comprise entre 600 et 1000 mm

Le vecteur régional a été calculé sur les années 1922 à 1989 (Cf. Figure 3.5.2.).

- Poste de Dioïla.

Les observations débutent en 1940. Malgré des lacunes de 1958 à 1964 et en 1975, 1976, la qualité de la station est bonne. En 1970, l'écart (P/Pmoyenne - Vecteur) est important (-0.24).

- Poste de Kayes.

Plus ancienne station du réseau malien (1895), le tracé de la droite de double cumul montre 2 droites parallèles séparées par un segment à plus forte pente (de 1945 à 1948). Le rapport des pentes est de 0.766. Hormis durant cette brève période, la station paraît de qualité.

FIGURE 3.5.1 - Double cumul pour les stations de précipitation inter-annuelle supérieure à 1000 mm

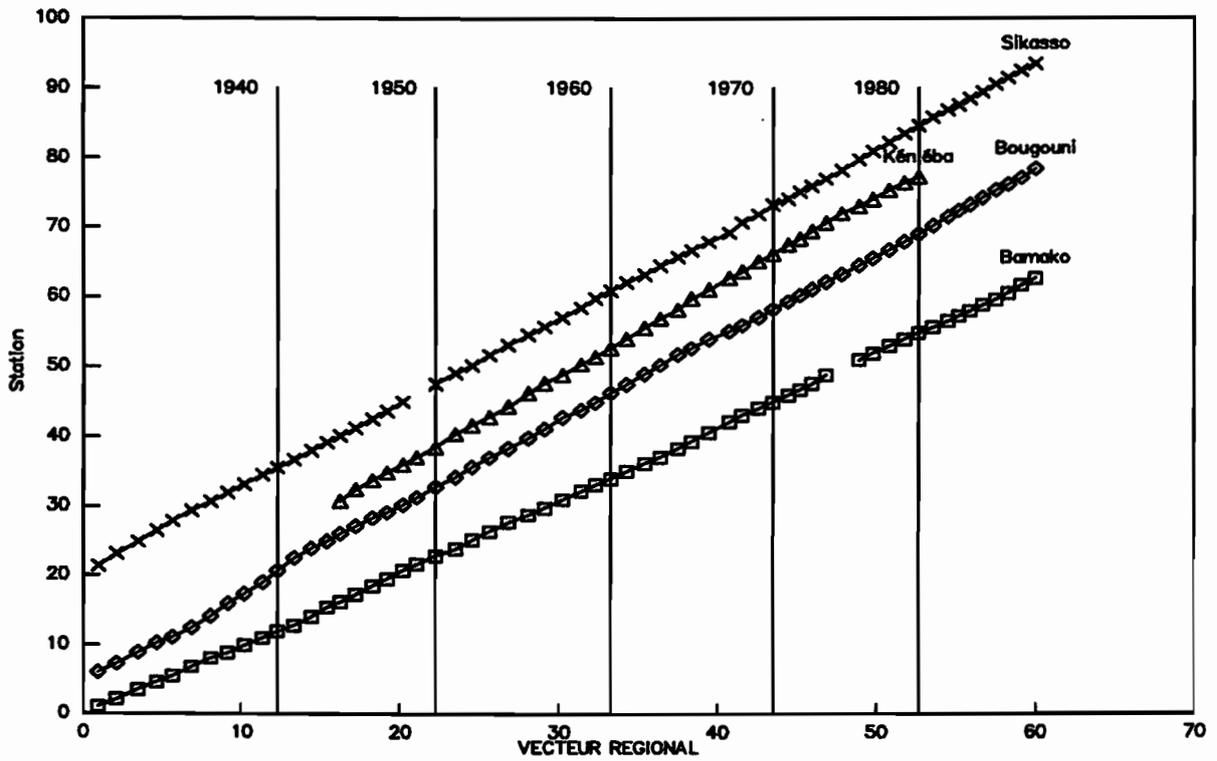
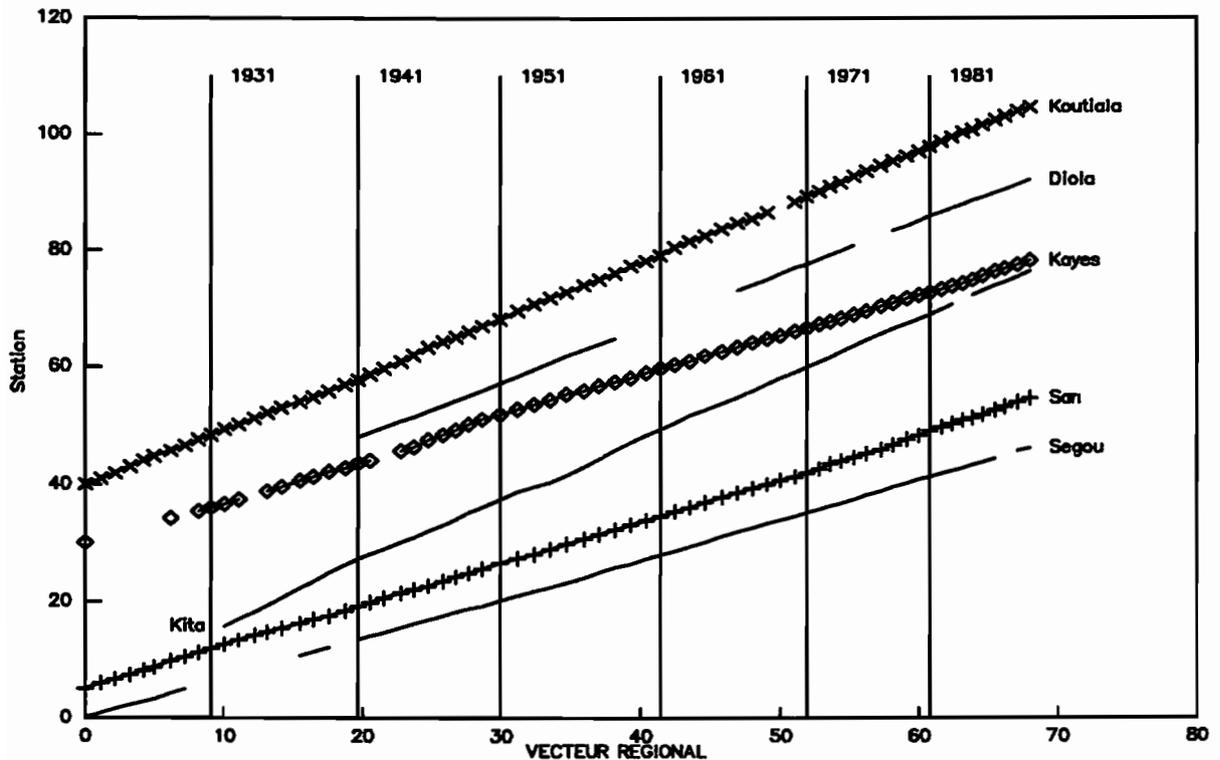


FIGURE 3.5.2 - Double cumul pour les stations de précipitation inter-annuelle comprise entre 600 et 1000 mm



- Poste de Kita.

Observée depuis 1931, la station présente une cassure en 1938. Le rapport des pentes est égal à 0.826. Ce qui indiquerait éventuellement une erreur d'éprouvette (station équipée d'un pluviomètre avec une bague totalisatrice de 400 cm² et mesurée avec une éprouvette pour un seau de 300 cm²).

- Poste de Koutiala.

Observée depuis 1922 avec une seule année manquante (1968), Koutiala est une bonne station.

- Poste de San.

Observée sans interruption depuis 1922, la station de San montre une parfaite homogénéité temporelle avec le vecteur régional.

- Poste de Segou.

Malgré des lacunes de 1929 à 1945 et en 1939 et 1987, le poste de Segou présente une bonne homogénéité au vecteur régional. En 1975 et 1988, d'importants écarts aux vecteurs (positifs) sont à noter.

c) Stations de précipitation inférieure à 600 mm.

Le vecteur régional a été calculé sur les périodes 1922-1929, 1932-1989 (Cf. Figure 3.5.3.).

- Poste de Gao.

La faiblesse des précipitations entraîne une grande irrégularité inter-annuelle. Sur l'ensemble de la chronique, on observe des années où l'écart au vecteur régional est notable (0.48, 0.34 en 1924 et 1925, 0.41 en 1987). Cependant, ces différences sont sur une, deux années et n'indiquent pas une erreur systématique d'appareillage. Hormis 4 années manquantes, la station semble bonne depuis 1922.

- Poste de Hombori.

La station est observée régulièrement depuis 1940. Elle est très homogène avec le vecteur régional à l'exception des années 1940, 1950 (rapport (P annuelle/(P moyenne*vecteur)) égal à 0.6 et 1.44 respectivement).

- Poste de Ménaka.

La station paraît de qualité. L'année 1947 est excédentaire en comparaison du vecteur (rapport station sur vecteur égal à 1.534).

- Poste de Mopti.

La station présente deux lacunes en 1924 et de 1932 à 1934. Deux années sont particulièrement excédentaires par rapport au vecteur (1929 et 1983).

FIGURE 3.5.3 - Double cumul pour les stations de précipitation interannuelles inférieures à 600 mm

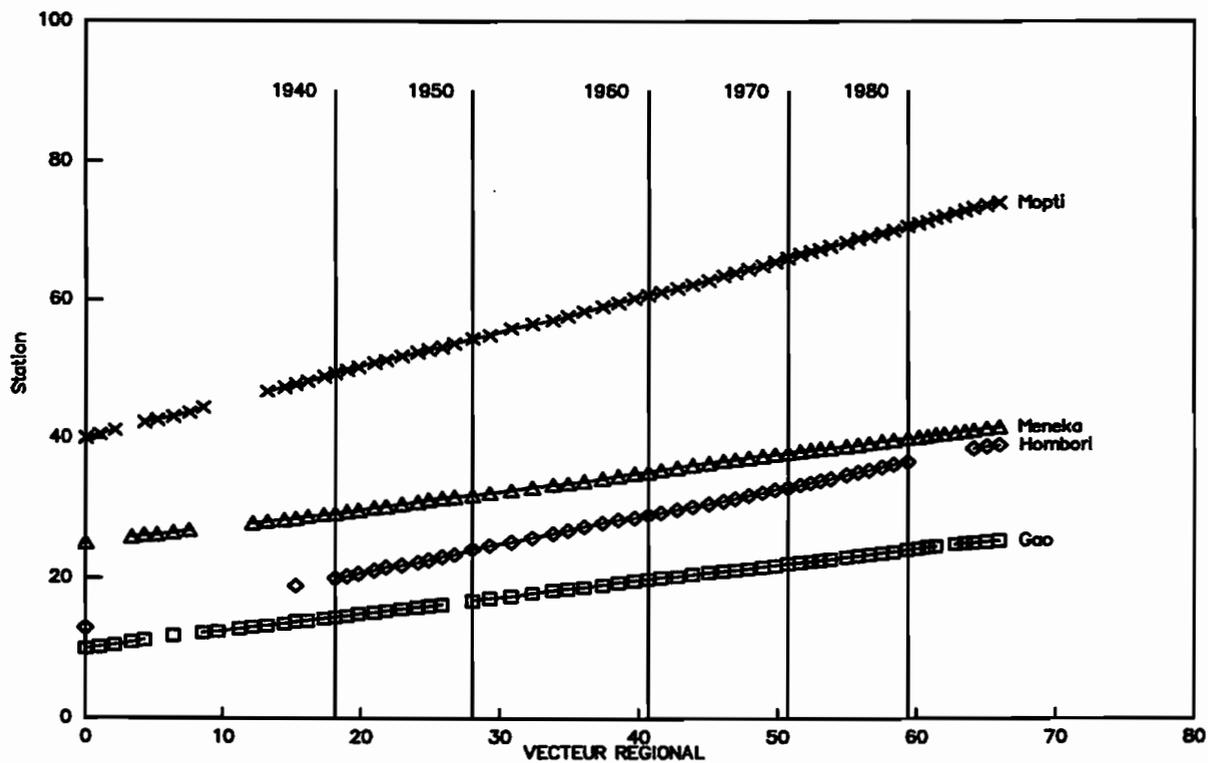
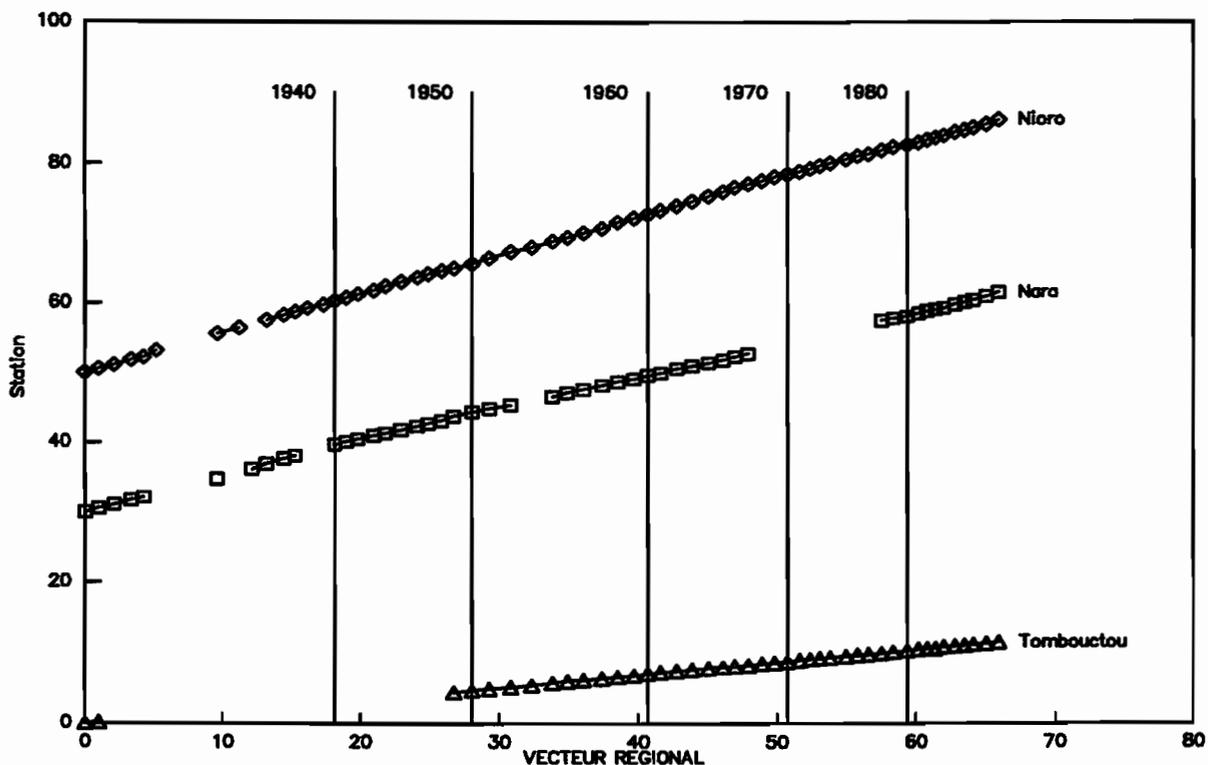


FIGURE 3.5.3 (suite) - Double cumul pour les stations de précipitation interannuelles inférieures à 600 mm



- Poste de Nara.

Ce poste présente de nombreuses lacunes. Le report des doubles cumuls indique deux droites distinctes de part et d'autre de 1940. Le rapport des deux pentes est de 1.09.

- Poste de Nioro du Sahel.

Présentant deux lacunes (1927-1931, 1934) seulement, la station de Nioro semble de qualité. Deux années s'écartent largement du vecteur (1926 excédentaire (1,8 fois le vecteur) et 1980 déficitaire (0.5 fois le vecteur)).

- Poste de Tombouctou.

Avec les mêmes réserves que pour Gao, la station de Tombouctou, installée récemment (1949), semble de qualité.

3.5.1.2. Lacunes et insuffisances du réseau pluviométrique

La Figure 3.5.4 présente le nombre de postes en activité année par année depuis la création de la première station à Kayes en 1895. Depuis 1970, le nombre de postes en activité est stabilisé autour de 165. Après 1980, la courbe représente le nombre de stations saisies sur support informatique. Depuis le commencement de la publication assistée par ordinateur à partir de 1987, le nombre annuel de stations saisies a réaugmenté. Pour les 3 dernières années, les chiffres sont probablement en deçà de la réalité car ne sont saisis que les postes où les données sont complètes sur l'année.

La densité des postes pluviométriques est de un poste pour 7500 km², cette densité est inférieure à celle recommandée par l'UNESCO/O.M.M. (un poste pour 1650 km² dans les zones où l'évaporation potentielle moyenne annuelle est supérieure aux précipitations).

En retirant le tiers nord-ouest désertique du territoire malien (au nord de 18°N et à l'ouest de 0°, 388000 km²), la densité s'élève à un poste pour 5150 km², toujours en deçà des normes.

La Figure 3.5.5 montre la répartition des postes par degré carré. A l'exception de la partie désertique du pays, les postes sont assez bien distribués.

3.5.2. Données climatologiques

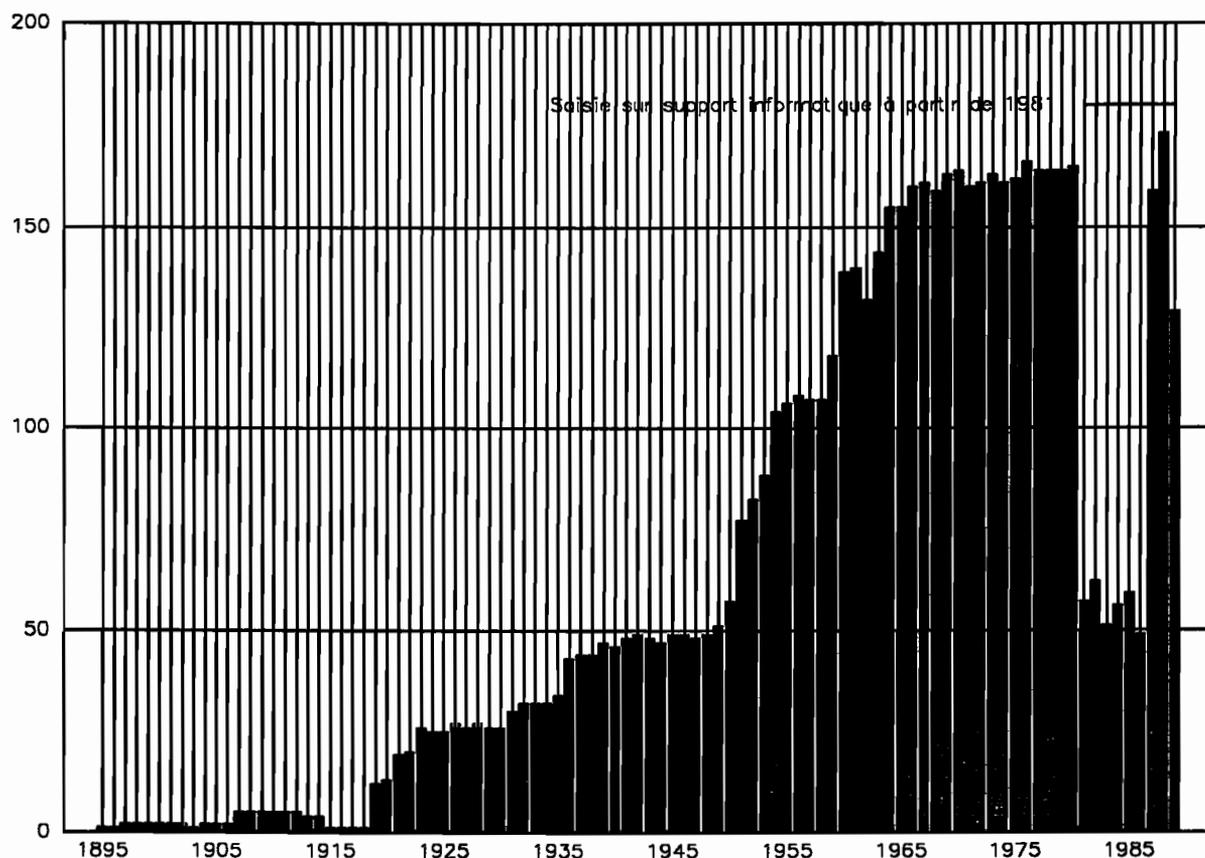
Sur les trois dernières années disponibles en annuaire, on constate qu'il manque :

- les trois années à Didieni et Dioïla,
- 1987 à Kenieba,
- 1987 et 1988 à Kidal.

Tous les paramètres nécessaires au calcul de l'évaporation PENMANN (température maximale, minimale, moyenne, humidité maximale, minimale, moyenne, insolation, vitesse moyenne du vent) sont disponibles sur les 19 stations synoptiques plus certaines stations climatiques (Cinzana, Katibougou, Mahina, N°Tarla, Niono,

Sotuba). L'abondance des stations et l'absence de lacunes importantes sont des indicateurs de la bonne qualité du réseau.

FIGURE 3.5.4 - Evolution de l'effectif pluviométrique



La densité des postes est de un poste d'évaporation pour 50 000 km² soit en deça des recommandations de l'UNESCO/O.M.M. (un poste pour 33 000 km²). En retirant le tiers nord-ouest du territoire malien, la densité s'élève à un poste pour 34 000 km², soit les recommandations.

3.5.2.1. Insuffisances et lacunes

Seules les données climatologiques des stations synoptiques et de quelques stations climatiques sont saisies et disponibles dans les annuaires. L'ETP Penmann est calculée pour ces postes. Il est regrettable que faute d'un effort de saisie plus important, l'information des autres stations climatiques ne soient pas accessible.

Les données pluviographiques ne sont pas dépouillées. La visite de la station de Bamako Aéro où le pluviographe était hors d'état de fonctionnement (mouvement arrêté et plume sèche) semble indiquer une sous-estimation par la Direction de la Météorologie de l'importance des données pluviographiques.

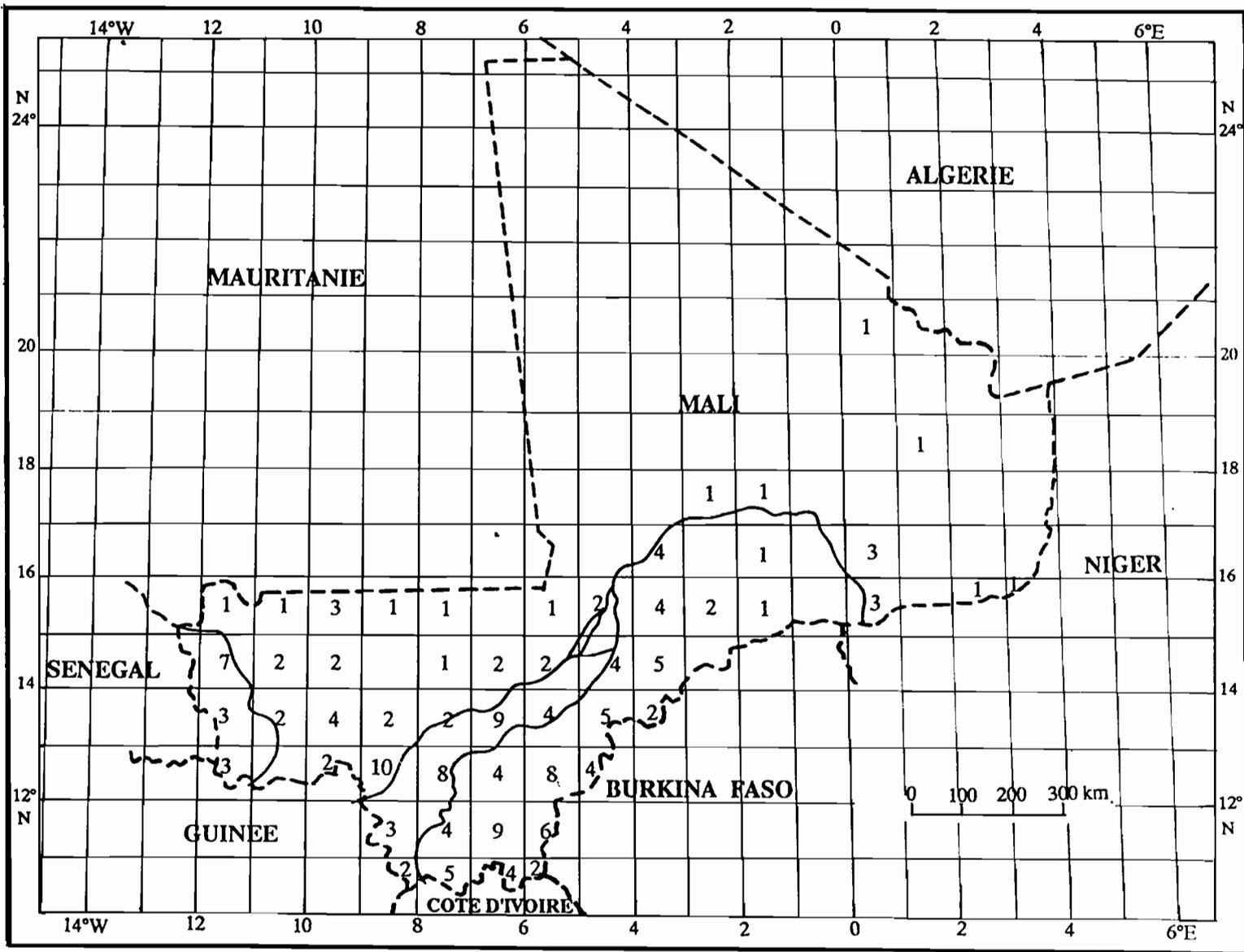


FIGURE 3.5.5 - Répartition, par degré carré, des postes pluviométriques en activité en 1980

3.6. Diffusion des données

Les publications périodiques sont les suivantes :

- bulletin météorologique quotidien diffusé à la radio,
- bulletin d'information agro-hydro-météorologique décadaire.

Il présente les principaux traits climatiques de la décade et est destiné aux décideurs. Il est également diffusé à la télévision malienne.

- bulletin agrométéorologique décadaire,

Il présente, sous forme chiffrée, l'état des cultures, des pâturages et points d'eau, la situation phytosanitaire, la pluviométrie et l'hydrologie de la décade et les perspectives de la décade suivante. Deux indices de satisfaction des besoins en eau pour les cultures mil et sorgho sont calculés (bilans FOREST et F.A.O.). Tout comme le bulletin d'information, il est publié et diffusé 5 jours après la fin de la décade concernée.

- bulletin agrométéorologique mensuel,

C'est un résumé des bulletins agrométéorologiques décadaires, plus deux cartes du territoire où sont tracées les zones très déficitaires, légèrement déficitaires, normales à excédentaires pour le mois et le cumul saisonnier. Diffusé par courrier, il est également publié dans "L'Essor", le journal national.

- bulletin pluviométrique à la mi-saison (31 août),

Il présente la situation pluviométrique des mois passés et évalue son impact sur la campagne agricole. Il est envoyé par courrier et publié dans "L'Essor".

- rapport agrométéorologique annuel.

L'ensemble de ces bulletins et rapport est publié par la division agrométéorologie.

La division climatologie publie un annuaire annuel (dernier paru 1989).

A ceci, il faut ajouter des études menées à l'occasion de stages au Centre International de Physique théorique de Trieste:

- . "Statistiques pluviométriques de quelques stations du Mali" par M. DIALLO (1990),
- . "Potentiel énergétique éolien au Mali" par M. DIALLO (1990).

Enfin, les données agrométéorologiques servent dans un programme pilote d'assistance directe aux paysans dans la zone du haut Baoulé (nord de Bamako) (in "Projet pilote en agrométéorologie, Rapport technique de la campagne agricole 1990-1991", Direction nationale de la météorologie, Institut d'économie rurale, O.H.V.-ODIPAC).

3.7. Perspectives

La 3^{ème} phase du programme AGRHYMET arrive à expiration à la fin 1991. Une quatrième phase est prévue pour 1992 avec financement en 1993. Les projets soumis par les structures météorologiques nationales (avant fin 1991) doivent porter sur la diffusion et l'utilisation des données climatiques et, notamment au Mali, sur:

- le système d'alerte précoce pour le semis, les récoltes par l'installation d'un réseau d'informations des organisations chargés du développement rural,
- la délivrance rapide d'information climatologique aux organisations chargées de la lutte anti-acridiens.

Le réseau des stations pluviométriques et climatologiques sera alors à la charge du Mali. La faiblesse de la part nationale du budget de la Direction de la Météorologie entraînera dès lors de sérieuses difficultés dans la gestion de ce réseau.

CHAPITRE 4

EAUX SUPERFICIELLES

4.1 Organisation et gestion

La gestion des eaux de surface du MALI a été confiée à la Division Hydrologie (DH) de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE). Cette création date de 1966.

4.1.1 Division Hydrologie de la DNHE

Elle est composée d'un Bureau Central à Bamako qui coordonne les activités de 6 brigades : Bamako (2) - Kayes - Tombouctou - Mopti - Sikasso, et 2 sections : Réseau et Etudes Hydrologiques (Cet organigramme doit être modifié très prochainement). Les effectifs de la DH comprennent 70 personnes.

La Division est installée dans des locaux très satisfaisants financés par le projet HYDRONIGER (1986).

La Section Réseau s'occupe de l'archivage et de la critique des données transmises par les brigades hydrologiques. Elle publie les documents suivants :

- Un annuaire Hydrologique (1990 à l'édition).
- Une note Hydrologique annuelle sur la crue du Niger .
- Un bulletin décadaire (AGRHYMET).
- Un bulletin hebdomadaire en hivernage, complété si nécessaire par des bulletins spéciaux de sécurité.

La Section Etudes Hydrologique s'occupe des études et des modèles.

Les Brigades Centrales et Régionales assurent la maintenance des stations Hydrologiques, la récupération des observations journalières qui sont centralisées à Bamako. Elles effectuent les jaugeages et leurs dépouillements.

4.1.2. Autres Organisations

La DNGR possède des stations installées sur les aménagements hydro-agricoles. Ces stations sont observées par intermittence, elles sont transmises parfois à la DNHE dans le cas d'études particulières.

Le projet HYDRONIGER a procédé à l'installation de 20 plates-formes (PCD) de télétransmission (limnigraphe à pression du type "bulle à bulle" + codeur + système de télétransmission ARGOS). Les messages émis par ces balises sont réceptionnés à BAMAKO (SRDA).

Dans le cadre de la lutte contre l'Onchocercose, l'OMS a installé un réseau de plates formes qui communiquent les hauteurs d'eau. A l'heure actuelle la liaison entre le projet OMS et la DNHE semble mal définie. Les stations n'émettent plus depuis deux ans. La DH doit se faire rétrocéder les plates-formes.

L'OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal) a fait installer par l'ORSTOM neuf balises sur le bassin du Sénégal, dont 5 sont situées en territoire Malien. Dans la prochaine phase du projet OMVS/ORSTOM, il est prévu l'installation de plates-formes supplémentaires sur le haut bassin du fleuve, en particulier en GUINEE (3 plates-formes PH18 + 3 API C11).

4.1.3. Personnel et formation

Le personnel technique de la DH est satisfaisant en nombre et en qualité de formation, il comprend :

- Un Chef de Division (Ingénieur),
- 6 Ingénieurs (Bac + 4 ou 5 ans),
- 12 Techniciens Supérieurs (bac + 2 ou 3 ans),
- 4 Agents de Maîtrise,
- 12 Aides-Hydrologues.

Deux Ingénieurs ont effectués le cycle de formation de l'ORSTOM MONTPELLIER (2 mois). Deux autres ont effectués 6 mois en BELGIQUE (IPM).

Chaque Brigade Hydrologique est constituée (lorsqu'elle est complète) :

- 1 Chef de Brigade,
- 2 Techniciens,
- 1 Aide-Hydrologue,
- 1 Manoeuvre,
- 1 Chauffeur.

Les Techniciens et Aides-Hydrologues sont souvent formés sur le terrain par leurs collègues Hydrologues expérimentés.

Les projets auxquels participe la DH prévoient des stages de formation en FRANCE, en général à l'ORSTOM MONTPELLIER. La formation continue est aussi réalisée en majeure partie dans le même service.

4.1.4. Budget

Le budget de la DH n'est pas réellement identifié au sein de la DNHE, il se monterait à environ 60 MF CFA; les contre-parties des projets se montent à environ 20 MF CFA auxquels il convient d'ajouter 4 MF CFA/mois pour les indemnités des Observateurs.

4.2. Les données hydrologiques

4.2.1. Le réseau hydrométrique

4.2.1.1. Historique

Au début des observations, la gestion était assurée par différents organismes : Mission d'aménagement du Sénégal (MAS), Mission d'Etude et d'Aménagement du Niger (MEAN) et ORSTOM. Depuis 1979 le réseau des stations d'observations hydrologiques est sous la responsabilité de la Division Hydrologie (DH) de la DNHE.

4.2.1.2. Les stations du réseau hydrométriques

En 1960 le réseau comprenait 49 stations, actuellement il en compte 89. Le tableau 4.2.1.2 contient la liste des stations actuellement observées avec leur identification :

- Le numéro de code de la station suivant la codification ORSTOM reprise par la DH,
- Le nom de la station
- Le nom de la rivière,
- Les coordonnées géographiques de la station,
- L'altitude du zéro actuel de l'échelle de crue,
- La superficie du bassin versant contrôlé,
- L'année d'ouverture de la station,
- L'existence d'un étalonnage éventuel (O à débit lorsqu'il existe un étalonnage valide).

En dehors des plates formes ARGOS, il n'existe pratiquement pas de limnigraphe. Les observations sont effectuées par lecture sur des échelles de crue, généralement installées sur des éléments de 1 mètre.

Un certain nombre de stations ont été fermées à des dates diverses. Il s'agissaient en général de stations qui faisaient double emploi avec d'autres stations du réseau ou bien d'installations temporaires réalisées pour des projets spécifiques, en particulier dans le Delta Intérieur du Niger ou dans le lit majeur du Sénégal.

4.2.1.3. Etat actuel du réseau

Le réseau est composé des 89 stations contenues dans le tableau 4.2.1.

Parmi les stations du réseau, 24 sont équipées de plates formes de télétransmission (comprenant un limnigraphe à pression pour les stations du bassin Bani-Niger et un système CHLOE à capteur de pression pour les stations du bassin du Sénégal installées par l'OMVS).

Les plates formes OMS du type PH11 ne sont pas actuellement en état de marche, lorsqu'elle ne sont pas déjà démontées.

Grâce aux différents projets récents (FAC - HYDRONIGER), l'entretien des échelles a pu être réalisé correctement.

4.2.2. Les méthodes de mesures du débit

Les débits sont calculés à partir des hauteurs observées et des étalonnage des stations.

Les étalonnages sont établis à l'aide des mesures de débits effectuées par la méthode classique du "point par point". Le nombre de points est fonction de la profondeur et de la surface à explorer. En général, les jaugeurs effectuent de 3 à 8 mesures par verticale et de 6 à 15 verticales.

Ces jaugeages sont effectués par des équipes utilisant des moulinets hydrométriques. Les mesures sont effectuées à l'aide d'embarcation, canots du type ZODIAC, lorsque les profondeurs ne permettent pas de les effectuer à pied. A ce moment-là, l'équipement de mesures, outre le moulinet, comprend un treuil et un saumon. Lorsque la

profondeur d'eau est faible, les mesures sont effectuées à pied, à l'aide d'une perche graduée sur laquelle coulisse le support du moulinet.

Tableau 4.2.1 - Stations observées en 1991
BASSIN DU NIGER

N° HYDROM	STATION	RIVIERE	LATITUDE D M S	LONGITUDE D M S	ALT.	SUP.	ANNEE	DEBIT
1271500103	AKA	ISSA BER	N 15 24 00	W 004 14 00		307000	1955	O
1271500106	ANSONGO	NIGER	N 15 40 00	E 000 30 00	242	566000	1950	O
1271500109	BAMAKO	NIGER	N 12 37 08	W 008 00 00	316	117000	1949	
1271500110	BANANKORO	NIGER	N 11 41 05	W 008 40 03	329	70740	1967	O
1271500112	BAMBA	NIGER	N 17 02 00	W 001 24 00	253		1967	
1271500118	DIRE	NIGER	N 16 17 00	W 003 24 00	258	366500	1924	O
1271500121	GAO	NIGER	N 16 15 30	W 000 03 00	245	556000	1948	
1271500124	GOURMA RHAROUS	NIGER	N 16 53 00	W 001 56 00	254	410000	1954	
1271500127	KE MACINA	NIGER	N 13 58 00	W 005 21 00	277	147000	1953	O
1271500130	KENIEROBA	NIGER	N 12 06 05	W 008 19 00	324	113000	1953	
1271500136	KIRANGO AVAL	NIGER	N 13 42 00	W 006 04 00	275	137000	1925	O
1271500137	KONNA	NIGER	N 14 57 00	W 003 54 00	263		1975	
1271500138	KORIOUME	NIGER	N 16 40 00	W 003 02 00	256	360000	1963	O
1271500139	KOUAKOUROU	NIGER	N 14 13 30	W 004 29 30	270	142000	1955	
1271500142	KOULIKORO	NIGER	N 12 51 06	W 007 33 07	290	120000	1907	O
1271500143	LABEZANGA AVAL	NIGER	N 14 28 00	E 000 41 00	227		1977	
1271500144	LELEHOYE	NIGER	N 15 33 00	E 000 29 00			1979	
1271500145	MOPTI	NIGER	N 14 30 00	W 004 12 00	261	281600	1922	O
1271500148	NANTAKA	NIGER	N 14 32 00	W 004 12 00	261	281600	1953	O
1271500151	NIAFUNKE	ISSA BER	N 15 56 00	W 003 59 00	258	348300	1926	
1271500160	SEGOU	NIGER	N 13 27 00	W 006 17 00	279	136500	1945	
1271500166	TAMANI	NIGER	N 13 20 05	W 006 50 00	282	131500	1952	
1271500172	TILEMBEYA	NIGER	N 14 09 00	W 004 59 00	267	152000	1952	O
1271500175	TINDIRMA	ISSA BER	N 16 07 00	W 003 38 00	258		1955	
1271500176	TONKA	ISSA BER	N 16 08 00	W 003 45 00	258	300000	1954	O
1271500178	TONDIFARMA AM.	ISSA BER	N 16 03 00	W 003 48 00	258		1955	
1271500179	TONDIFARMA AV.	ISSA BER	N 16 05 00	W 003 47 30	258		1955	
1271500181	TOSSAYE	NIGER	N 16 57 30	W 000 34 00	250	340000	1954	O
1271502005	GOUALA	SANKARANI	N 11 57 07	W 008 13 04		35300	1953	O
1271502010	SELINGUE	SANKARANI	N 11 38 05	W 008 13 05	325	34200	1964	O
1271502706	DALADOUGOU	YAME	N 14 40 00	W 004 05 00			1990	
1271509005	TONDIGAME	LAC FATI	N 16 16 00	W 003 39 00			1955	
1271509105	KORIENTZE	KOLI-KOLI	N 15 25 00	W 003 47 00	257		1959	
1271509201	AWOYE	BARA ISSA	N 15 24 00	W 004 07 00			1990	
1271509202	BOUGOUBERI	BARA ISSA	N 16 05 00	W 003 28 00	257		1954	
1271509203	SARAFERE	BARA ISSA	N 15 49 00	W 003 42 00	259		1954	O
1271509204	SAH	BARA ISSA	N 15 37 30	W 004 03 00	259		1976	
1271509406	KARA	DIAKA	N 14 11 00	W 005 00 00	267		1952	O
1271509703	GOUNDAM	TASSAKAN	N 16 25 00	W 003 39 00	255		1931	O
1271509805	BOUREM SIDAY	TIMBANYE	N 16 22 00	W 003 20 00	258	345000	1954	

Tableau 4.2.1 (suite 1) - Stations hydrologiques observées en 1991
BASSIN DU BANI

N° HYDROM	STATION	RIVIERE	LATITUDE D M S	LONGITUDE D M S	ALT. en m	SUP. en km2	ANNEE début	DEBIT en m3/s
1271600105	BENENY KEGNY	BANI	N 13 23 00	W 004 54 09	266	116 000	1951	O
1271600108	DOUNA	BANI	N 13 12 07	W 005 54 04	278	101 600	1922	O
1271600109	MOPTI	BANI/NIGER	N 14 30 00	W 004 12 00	261	281 600	1922	O
1271600111	SOFARA	BANI	N 14 01 00	W 004 14 30	263	129 400	1952	O
1271601202	FOUROU	BAGOE	N 10 25 00	W 006 13 00		9 800	1975	
1271601205	PANKOUROU	BAGOE	N 11 27 00	W 006 34 07	285	31 800	1956	O
1271601210	TIENKONGO	BAGOE	N 11 27 00	W 006 09 00		24 775	1971	
1271601215	TYO	BAGOE	N 12 27 00	W 006 33 00			1971	
1271601220	BANANTOU	BAGOE	N 12 28 00	W 006 34 00			1987	O
1271601505	KOUORO 1	BANIFING	N 12 01 03	W 005 41 09		14 300	1957	O
1271601510	KOLONDIEBA	BANIFING	N 11 03 06	W 006 51 01		3 050	1971	O
1271601515	KOROD. MARKA	BANIFING	N 12 27 06	W 006 14 07		18 325	1971	O
1271601517	MPIELA	BANIFING	N 12 06 00	W 007 31 00			1990	
1271601520	ZANTIEBOUGOU	BANIFING	N 11 23 03	W 007 16 07		1 665	1975	
1271602005	BOUGOUNI	BAOULE	N 11 24 04	W 007 26 09	312	15 700	1956	O
1271602010	DIOILA	BAOULE	N 12 31 01	W 006 48 03	278	32 500	1953	O
1271602015	KOKALA	BAOULE	N 12 04 02	W 007 09 07		22 100	1971	O
1271602020	MADINA DIASSA	BAOULE	N 10 47 08	W 007 40 02		7 875	1971	O
1271603005	BOWARA	KOBI	N 11 07 00	W 006 04 00		280	1976	
1271603205	ZANIENA	DEKOROBOUGOU	N 11 15 04	W 006 25 02		736	1976	O
1271603305	KLELA	LOTIO	N 11 40 00	W 005 35 04		3 685	1976	O
1271603505	BANANSO	BAFINI	N 10 53 03	W 006 01 09		3 850	1976	O
1271603510	KANKELA	KANKELABA	N 10 49 01	W 006 40 00		7 175	1971	O
1271604056	MANANKORO	DEGOU	N 10 26 50	W 007 27 15			1975	O
1271604810	BOUGOUNI	MONO	N 11 27 00	W 007 31 00		930	1975	O
1271606005	LOULOUNI	KOBAFINI	N 10 53 04	W 005 36 03	352	800	1976	O
1271606508	FINKOLO	FARAKO	N 11 16 30	W 005 31 00		745	1976	

Tableau 4.2.1 (suite 2) - Stations observées en 1991
Bassin du Sénégal

N° HYDROM	STATION	RIVIERE	LATITUDE D M S	LONGITUDE D M S	ALT. en m	SUP. en km2	ANNEE début	DEBIT en m3/s
1272600103	AMBIDEDI	SENEGAL	N 14 35 00	W 011 47	18	159000	1909	
1272600109	CHUTES DU FELOU	SENEGAL	N 14 21 00	W 011 21	24	131500	1932	O
1272600112	GALOUGO	SENEGAL	N 13 51 00	W 011 03	69	128400	1904	
1272600115	GOUINA	SENEGAL	N 14 00 00	W 011 06	48	128600	1956	O
1272600118	KAYES	SENEGAL	N 14 27 00	W 011 27	20	157400	1903	
1272601203	DAKA SAIDOU	BAFING	N 11 57 00	W 010 37	307	15700	1952	
1272601209	DIBIA	BAFING	N 13 14 00	W 010 48		33500	1956	
1272601212	MAHINA	BAFING	N 13 45 00	W 010 51	90	38400	1904	
1272601215	BAFING MAKANA	BAFING	N 12 33 00	W 010 17		21000	1954	
1272601218	MANANTALI	BAFING	N 13 12 00	W 010 27	151	27800	1986	
1272601412	OUALIA	BAKOYE	N 13 36 00	W 010 23	108	84700	1954	
1272601415	TOUKOTO	BAKOYE	N 13 27 00	W 009 53	161	16500	1954	
1272601418	DIANGOLA	BAKOYE	N 12 47 00	W 009 29	10	12100	1967	
1272601603	FADOUGOU	FALEME	N 12 31 00	W 011 23	119	9300	1952	
1272601606	GOURBASSY	FALEME	N 13 24 00	W 011 38		17100	1954	
1272601610	MOUSSALA	FALEME	N 12 31 00	W 011 18			1968	
1272601806	KABATE PONT	KOLINBINE	N 14 30 00	W 011 12	33	25285	1968	
1272604001	BAOULE GARE	BAOULE	N 12 53 00	W 008 38			1977	O
1272604005	MISSIRA	BAOULE	N 13 45 00	W 008 30			1969	
1272604006	SIRAMAKANA	BAOULE	N 13 35 00	W 009 53	157	58400	1954	
1272607809	NIORO DU SAHEL	FAKA	N 15 14 00	W 009 36		32	1978	O

Tableau 4.2.2 - Stations hydrologiques fermées

Bassin du Niger

N° HYDROM	STATION	RIVIERE	LATTITUDE D M S	LONGITUDE D M S	ALT. en m	SUP. en km2	ANNEE début
1271500107	ATTARA	NIGER (ISSA BER)		W 004 21 00	257		1972
1271500133	KIRANGO AMONT	NIGER	N 13 43 00	W 006 02 00	272		1954
1271500157	SAMA	NIGER	N 13 43 00	W 005 46 00		141500	1953
1271500163	SOTUBA RIVE GAUCHE	NIGER	N 12 38 02	W 007 55 04	308		
1271500164	SOTUBA RIVE DROITE	NIGER					
1271502007	GUELELINKORO	SANKARANI	N 11 10 04	W 008 33 03		23300	1971
1271502703	BANDIAGARA PONT	YAME	N 14 21 00	W 003 30 00			
1271502704	BANDIAGARA VILLE	YAME	N 14 21 00	W 003 36 00	0		
1271503002	YANFOLILA	OUASSOULOUBALE	N 11 08 06	W 008 11 09	338	4100	1971
1271509306	ENGURDE	KORADOU	N 15 30 30	W 003 18 00			
1271509402	BOUKARI	DIAKA	N 14 35 30	W 004 48 00			
1271509403	DIAKERA	DIAKA	N 14 03 30	W 004 59 30	272		
1271509416	MAYATAKE	DIAKA	N 14 21 00	W 004 54 30			
1271509418	MBOUROYE	DIAKA	N 14 39 00	W 004 46 00			
1271509430	PINGA	DIAKA	N 14 26 00	W 004 52 30			
1271509436	SINDE CORBO	DIAKA	N 14 30 30	W 004 49 30			
1271509443	TAGA DIABOZO	DIAKA	N 14 18 00	W 004 57 00			
1271509445	TOGUERE KOUMBE	DIAKA	N 14 55 00	W 004 36 00			
1271509501	OUVRAGE POINT A	CANAL DU SAHEL					
1271509601	SALAKOYRA	BINGA GANYA	N 16 04 00	W 003 27 30			
1271509920	SORME	MAYEL KANA					
1271519503	OUVRAGE POINT B	FALA					
1271529203	BAMBARA MAOUNDE	LAC DO	N 15 52 00	W 002 46 00			
1271529704	BINTAGOUNGOUN	LAC FAGUIBINE	N 16 44 30	W 003 44 30			
1271529808	GATIE LOUMO	LAC GOMAGA	N 15 27 30	W 004 37 00			
1271539006	DIARTOU	LAC KABARA	N 15 47 00	W 004 35 00			
1271539107	DIONA	LAC KORAROU	N 15 20 00	W 003 15 00			
1271539515	KANIOUME	LAC NIANGAYE	N 15 47 30	W 003 09 30			
1271539709	GUINDEGATA	LAC ORO	N 16 11 30	W 003 48 00			
1271539908	GATIE DJIRMA	LAC TANDA	N 15 44 00	W 004 49 30			
1271549117	LANAOUE	MAYO MAROU	N 14 06 30	W 004 29 30			
1271549316	KARBAYE	NIEMOU					
1271549706	DIAMBAKOUROU	TAKASSI					
1271549838	SOYE	TOUKOUYAORO	N 14 14 00	W 004 17 00			

Tableau n° 4.2.2 (suite 1) - Stations hydrologiques fermées

Bassin du Bani

N° HYDROM	STATION	RIVIERE	LATITUDE D M S	LONGITUDE D M S	ALT. en m	SUP. en km2	ANNEE début
1271600106	DJENNE BAC	BANI	N 13 53 00	W 004 31 00		120 000	/
1271600110	SARE MALA	BANI	N 14 18 30	W 004 12 00			/
1271601506	KOUORO 2	BANIFING					/
1271601605	PIANA	BANIFING DE SAN	N 12 51 00	W 004 45 00		2 960	1958
1271606409	BOWARA	DIAN					/

Tableau 4.2.2 (suite 2) - Stations hydrologiques fermées

BASSIN DU SENEGAL

N° HYDROM	STATION	RIVIERE	LATITUDE D M S	LONGITUDE D M S	ALT. en m	SUP. en km2	ANNEE début
1272600106	BAFOULABE	SENEGAL	N 13 49 00	W 010 50 00	89	124700	/
1272601206	DEGUERE	SENEGAL-BAFING	N 13 39 00	W 010 50 00		37900	/
1272601218	SOUKOUTALI	SENEGAL-BAFING	N 13 12 00	W 010 25 00	152	27800	/
1272601409	KALE	BAKOYE	N 13 43 00	W 010 39 00	102	85600	/
1272601410	KITA	BAKOYE	N 12 58 00	W 009 44 00			1937/
1272601803	KOLINBINE	KOLINBINE					/
1272602003	BOKEDIAMBY	KARAKORO	N 14 50 00	W 011 51 00			/
1272604003	FARENA	BAOULE					1937/
1272609503	KEROUGOU	LAC MAGUI					/

**Tableau 4.2.3 - Stations limnigraphiques télétransmises
(non comprises les stations OMS-ONCHOCERCOSE)**

N° Code	N° ARGOS	Station	Cours d'eau	Latitude	Longitude	Organisme
1271500118	8780	DIRE	NIGER	N 16 17 00	W 003 24 00	HYDRONIGER
1271502010	9520	SELINGUE	SANKARANI	N 11 38 05	W 008 13 05	HYDRONIGER
1271500130	9522	KENIEROBA	NIGER	N 12 06 05	W 008 19 00	HYDRONIGER
1271500151	9523	NIAFUNKE	ISSA BER	N 15 56 00	W 003 59 00	HYDRONIGER
1271500103	9534	AKA	ISSA BER	N 15 24 00	W 004 14 00	HYDRONIGER
1271500106	9541	ANSONGO	NIGER	N 15 40 00	E 000 30 00	HYDRONIGER
1271500110	9530	BANANKORO	NIGER	N 11 41 05	W 008 40 03	HYDRONIGER
1271500127	9525	KE MACINA	NIGER	N 13 58 00	W 005 21 00	HYDRONIGER
1271500136	9527	KIRANGO AVAL	NIGER	N 13 42 00	W 006 04 00	HYDRONIGER
1271500138	9539	KORIOUME	NIGER	N 16 40 00	W 003 02 00	HYDRONIGER
1271500142	9531	KOULIKORO	NIGER	N 12 51 06	W 007 33 07	HYDRONIGER
1271509703	9536	GOUNDAM	TASSAKAN	N 16 25 00	W 003 39 00	HYDRONIGER
1271500148	9543	NANTAKA	NIGER	N 14 32 00	W 004 12 00	HYDRONIGER
1271601205	9532	PANKOUROU	BAGOE	N 11 27 00	W 006 34 07	HYDRONIGER
1271602005	9528	BOUGOUNI	BAOULE	N 11 24 04	W 007 26 09	HYDRONIGER
1271600105	9529	BENENY KEGNY	BANI	N 13 23 00	W 004 54 09	HYDRONIGER
1271600108	9533	DOUNA	BANI	N 13 12 07	W 005 54 04	HYDRONIGER
1271601505	9540	KOUORO 1	BANIFING	N 12 01 03	W 005 41 09	HYDRONIGER
1271602010	9542	DIOILA	BAOULE	N 12 31 01	W 006 48 03	HYDRONIGER
1272600118	8785	KAYES	SENEGAL	N 14 27 00	W 011 27 00	OMVS
1272601209	8787	DIBIA	BAFING	N 13 14 00	W 010 48 00	OMVS
1272601215	8786	BAFING MAKANA	BAFING	N 12 33 00	W 010 17 00	OMVS
1272601606	8781	GOURBASSY	FALEME	N 13 24 00	W 011 38 00	OMVS
1272601412	8780	OUALIA	BAKOYE	N 13 36 00	E 010 23 00	OMVS

Tableau 4.2.4 - Bassins expérimentaux

Bassin N° CODE	Station	Cours d'eau	Latitude DMS	Longitude DMS	Sup. (km ²)	Alt. (m)	Année Début/Fin
NIGER							
1271590190	COLLECTEUR BONBONNIERE	COLLEC. BAMAKO			2.03		1978/
1271590191	SOUDAN-CINE	COLLEC. BAMAKO			0.65		1978/
1271590192	COLLECTEUR HYDRAULIQUE	COLLEC. BAMAKO			0.76		1978/
1271590193	COLLECTEUR CHEMIN DE FER	COLLEC. BAMAKO			1.04		1978/
1271599011	STATION DOUNFING	DOUNFING	N 12 40 41	W 008 02 42	17.5		1954/1955
1271599031	BASSIN AMONT	TIN ADJAR	N 16 17 53	W 001 39 54	35.5		1956/1958
1271599032	BASSIN REDUTT AVAL	TIN ADJAR	N 16 19 00	W 001 41 41	16.5		1958/1958
1271599051	DEGUELA	KOBA	N 12 01 51	W 008 22 51	92.3		1960/1960
							1968/1968
1271599052	MADINA	DJITIKO	N 12 03 16	W 008 22 38	1052		1960/1960
							1968/1968
BANI							
1271699021	STATION 1	KOUMBAKA	N 13 57 46	W 004 12 50	87		1955/1957
1271699022	SINKORONI	KOUMBAKA	N 13 54 07	W 004 13 00	8.9		1956/1957
1271699023	STATION 2 AMONT	KOUMBAKA	N 13 55 10	W 004 11 18	30.4		1956/1957
1271699041	BANANKORO	FARAKO	N 10 55 37	W 005 35 57	360	68	1959/1959

4.2.3. Equipement

4.2.3.1. Mesure des hauteurs d'eau

- *Stations limnimétriques* : Elles sont équipées de plusieurs éléments d'échelle de type "MIST - OTT" de 1 mètre. Ces éléments sont fixés sur des IPN ou UPN de tailles diverses, en général 160 mm. Les fers sont battus dans le sol et souvent scellés dans un socle en béton. Les lectures sont effectuées par un Observateur deux fois par jour, lorsque la distance à la station n'est pas trop importante, sinon une seule fois. Ces Observateurs sont rétribués par la DH.

- *PCD HYDRONIGER* : Les hauteurs d'eau sont enregistrées à l'aide d'un limnigraphe pneumatique ("bulle à bulle") SEBA équipé d'un enregistreur graphique du type table déroulante et d'une carte émettrice du modèle HYDRONIGER pour la transmission, via le système ARGOS, des données vers le centre International de Prévision (CIP) de NIAMEY et la station de réception de BAMAKO, dans les locaux de la DH. Ces stations sont doublées d'échelles de crue, lues bi-quotidiennement.

- *Plates formes PH11 et PH18* : Le système de transmission est aussi un système ARGOS, le limnigraphe est ici remplacé par un capteur de pression qui transmet des informations par impulsions électriques à une centrale CHLOE qui les codes et les transmet à la station de réception (SRDA) de la DH.

4.2.3.2. Mesure des débits

Chaque brigade possède au moins un équipement complet de jaugeages du type suivant :

- 1 moulinet OTT C31 avec jeu d'hélices,
- 1 micromoulinet OTT C1 avec jeu d'hélices,
- 1 treuil de 25 kg monté sur porte à faux,
- 1 saumon de 25 kg,
- 1 jeu de perches,
- 1 ou 2 compteur d'impulsion avec chronomètre ,
- 1 canot pneumatique,
- 1 moteur hors bord.

4.2.3.3. Pièces détachées

Il n'existe pas de stock de pièces détachées, les réparations éventuelles sont effectuées en utilisant le démontage de matériel déclassé.

4.2.3.4. Equipement informatique

L'équipement informatique comprend deux micro-ordinateurs dont un compatible PC, une table traçante et deux imprimantes.

Le logiciel HYDROM est installé sur les micro-ordinateurs, il permettra de transférer les données en format spécifique à la DH.

4.2.3.5. Moyens de déplacement

Les véhicules proviennent des projets OMM ou FAC. C'est le grand problème du fonctionnement de la DH.

4.2.4. Entretien des stations

Les tournées sont irrégulières, elles se font dans le cadre de l'entretien des balises HYDRONIGER. Les mesures de débits sont effectuées dans le cadre des projets. Heureusement les étalonnages sont très stables et les courbes de tarage sont de bonne qualité.

4.2.5. Traitement des données

4.2.5.1 Procédures

a) *Hauteurs d'eau* : Les hauteurs d'eau parviennent à la DH sous trois formes :

- Les feuilles des Observateurs qui sont reçues par les différentes brigades qui les analysent elles-mêmes avant de les expédier par la poste à la DH.
- Les hauteurs transmises par les plates formes HYDRONIGER et OMVS et par radio BLU.

La saisie s'effectuait jusqu'à présent sous une forme assez archaïque avec perte d'une partie de l'information : Les matrices de hauteurs étaient stockées sous la forme 12*31 sur disque. Chaque valeur étant la moyenne des hauteurs de la journée. Des logiciels de traitement avaient été mis au point dans le cadre des assistances FAC.

Deux Ingénieurs ayant été formés à MONTPELLIER sur le logiciel HYDROM, ce système doit être opérationnel pour réaliser la gestion des archives de la DH. La banque Sénégal est pratiquement intégralement saisie dans le système HYDROM, ce travail a été effectué dans le cadre du projet ORSTOM/OMVS. Les débits moyens journaliers ont été homogénéisés et la banque contient pour chaque station étalonnée une série complète de débits moyens journaliers couvrant la période 1904-1990.

b) *Jaugeages et courbes d'étalonnage* : Les mesures de débits sont dépouillées par l'Agent qui a réalisé la mesure. Ce travail est effectué manuellement dès le retour de la tournée de mesures. A l'heure actuelle il sera possible de vérifier ou d'effectuer les dépouillements automatiquement à l'aide d'HYDROM.

Les résultats des mesures de débit sont archivés sur des fiches (depuis 1950). Les courbes sont tracées manuellement. Les traductions des hauteurs en débits qui étaient faites par des programmes particuliers doivent être maintenant réalisées à l'aide d'HYDROM.

4.2.6. Qualité des données

La qualité des séries de hauteurs d'eau dépend du pas de temps des collectes, de la sensibilité du capteur, ou du sérieux de l'observation lorsqu'il n'y a que lectures des échelles.

Pour les débits, la qualité dépend de celle des hauteurs à laquelle il faut ajouter la qualité de la courbe d'étalonnage.

4.2.6.1. Hauteurs d'eau

En général les observations sont assez correctes.

Le système de 2 lectures quotidiennes est très suffisant sur les fleuves et les cours d'eau importants, il est notoirement insuffisant dans le cas de petits cours d'eau. Le seul moyen d'améliorer les observations dans ce dernier cas est l'installation de limnigraphes.

Le mauvais état des échelles limnimétriques est aussi à l'origine des nombreuses lacunes, lorsqu'il manque un ou plusieurs éléments.

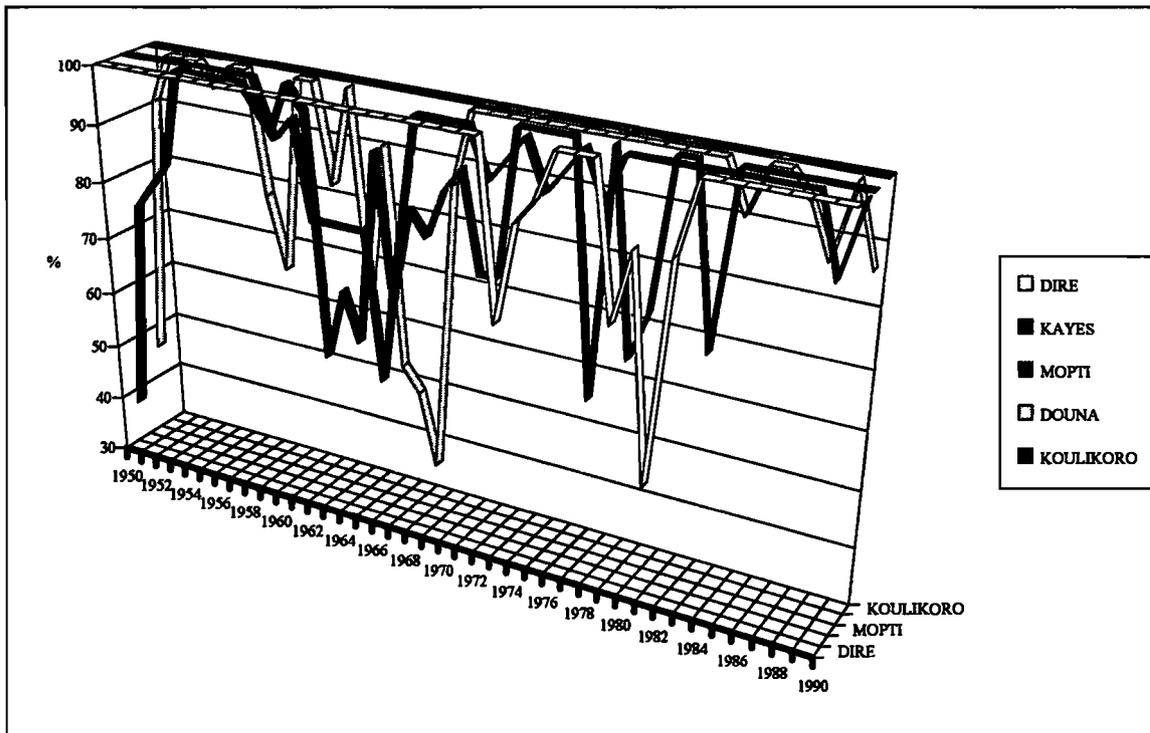
Un test a été effectué sur l'inventaire des hauteurs d'eau de 5 stations, Le tableau 4.2.6 contient les résultats de ce test réalisé en comparant pour chaque année de la période 1950/1990, et pour chaque station, le nombre de hauteurs moyennes journalières, au nombre de jour de l'année considérée. Le résultat est donné en %, chaque cellule du tableau contenant les résultats d'une station-année.

Tableau 4.2.6 - Pourcentage des hauteurs moyennes journalières observées

	DIRE	KAYES	MOPTI	DOUNA	KOULIKORO	MOYENNE
1950	100	38	100	46	100	77
1951	100	75	100	92	100	93
1952	100	79	100	100	100	96
1953	100	83	100	100	100	97
1954	100	100	100	100	100	100
1955	100	100	100	96	100	99
1956	100	100	100	100	100	100
1957	100	100	100	100	100	100
1958	100	100	100	79	100	96
1959	100	96	92	67	100	91
1960	100	92	100	100	100	98
1961	100	96	96	100	100	98
1962	100	79	54	83	100	83
1963	100	79	67	100	100	89
1964	100	79	58	67	100	81
1965	100	79	92	92	100	93
1966	100	54	67	54	100	75
1967	100	79	83	50	100	83
1968	100	100	79	38	100	83
1969	100	100	88	88	100	95
1970	100	100	92	100	100	98
1971	100	100	75	100	100	95
1972	100	92	75	100	100	93
1973	71	96	100	100	100	93
1974	88	100	100	100	100	98
1975	92	92	100	100	100	97
1976	100	96	100	100	100	99
1977	100	100	58	100	100	92
1978	100	92	100	100	100	98
1979	75	100	67	100	100	88
1980	88	100	75	100	100	93
1981	50	100	100	100	100	90
1982	88	100	100	100	100	98
1983	100	100	71	100	100	94
1984	100	100	100	92	100	98
1985	100	100	100	100	100	100
1986	100	100	100	100	100	100
1987	100	100	100	96	100	99
1988	100	100	100	88	100	98
1989	100	88	100	100	100	98
1990	100	100	100	88	100	98

La figure 4.2.1 correspondante traduit les informations contenues dans le tableau.

Figure 4.2.1



On constate que pour la période 1984-1990 il y a une nette amélioration du niveau quantitatif des observations journalières. Ceci est probablement dû aux effets conjugués de divers projets de soutien au réseau, financés par le FAC, AGRHYMET et HYDRONIGER. De plus l'Etat Malien assure le paiement régulier des indemnités des Observateurs.

4.2.6.2 Débits

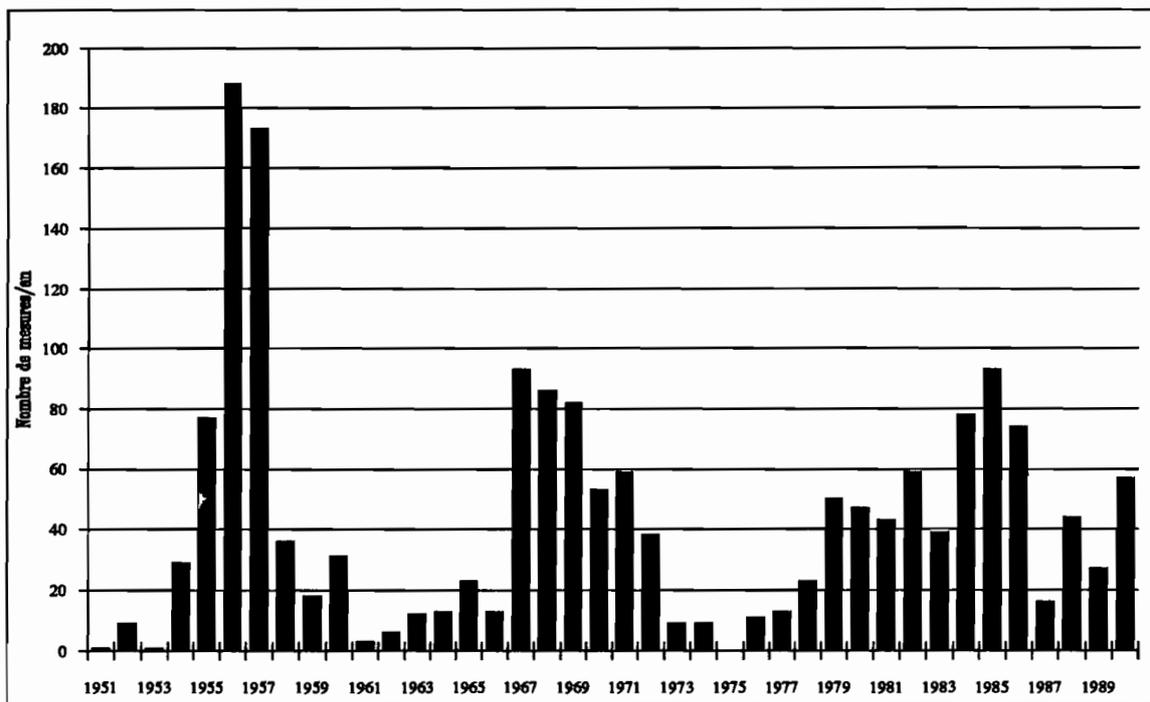
La qualité des mesures de débits est excellente, d'une part parce qu'il n'existe que très peu de détachements au MALI, d'autre part, les Hydrométristes opérant sur le réseau ont un niveau de qualification élevé.

Il n'en demeure qu'il serait souhaitable que les étalonnages des stations du Niger qui sont soumises au régime de la non bi-univocité hauteur-débit, soient revues en utilisant le système d'analyse automatique qui est actuellement opérationnel.

L'inventaire des jaugeages contenus dans la banque HYDROM, mise à jour dans le cadre de la présente étude, montre l'évolution du nombre annuel de mesures réalisées durant la période 1950-1990.

Il apparaît nettement que les augmentations annuelles de mesures correspondent à des époques où des financements extérieurs sont intervenus (MEAN - PREVICRUES - CUVETTE LACUSTRE - FAC RESEAU).

Figure 4.2.2 - Evolution du nombre de mesures de débits effectuées chaque année durant la période 1951-1990 à 21 stations principales



Le nombre de mesures portés sur la figure ci-dessus correspond à 21 stations, ce qui n'est pas la totalité des stations étalonnées. Il s'agit-là d'un échantillon tiré de la banque afin de montrer la disparité du nombre de mesures effectuées par an.

Mis à part les mesures d'étiage, la qualité de ces mesures est de très bon niveau. Des tests ont été réalisés sur les tarages, ils donnent sensiblement tous le même résultat. Le tableau 4.2.7 contient les éléments suivants pour la station de Koulikoro sur le Niger: (figures 4.2.3 à 4.2.5)

- Date de la mesure.
- Hauteur à l'échelle.
- Débit mesuré.
- Débit calculé avec la courbe de tarage.
- Ecart relatif entre débit mesuré et débit calculé en %.

La même analyse a été réalisée pour les mesures effectuées à DIRE de 1976 à 1990, les figures 4.2.6 à 4.2.7 montrent les résultats obtenus. Il s'agit-là d'une station non bi-univoque.

Le tableau 4.2.8 contient les éléments qui ont permis de réaliser les deux figures précédentes.

Tableau 4.2.7 - Analyse des mesures de débits
Koulikoro sur le fleuve Niger

Date	H(cm)	Q(m3/s)	Q0(m3/s)	DQm/Q0
10/04/72	-9	29.3	15.5	88.8
27/03/73	9	27	27.1	-0.4
2/04/74	17	42.3	34.8	21.5
5/04/71	20	33.9	38.1	-10.9
20/03/79	25	50	43.9	13.8
12/03/88	25	75.7	43.9	72.3
14/03/85	35	78.7	57.2	37.6
8/03/90	36	94.1	58.5	60.9
22/04/53	38	52.6	61.6	-14.6
30/04/90	41	135	66	103.2
16/05/90	41	135	66	103.2
10/05/49	42	68	68	0.0
15/03/85	42	95.3	68	40.1
26/03/60	43	56.7	69.6	-18.6
15/04/60	45	69.2	72.8	-5.0
23/02/84	45	96	72.8	31.8
17/05/49	50	98	80.9	21.2
24/05/49	54	108	88	23.2
9/03/60	58	83.6	95.5	-12.5
30/04/84	62	134	103	29.6
18/05/84	68	151	115	31.1
29/02/60	71	117	121	-3.3
25/04/55	81	147	146	0.5
3/03/59	86	145	160	-9.2
2/06/90	93	207	181	14.1
7/06/84	97	278	195	42.9
11/04/56	98	203	198	2.6
6/06/84	101	270	208	30.0
20/12/84	102	250	211	18.5
15/05/54	103	217	215	0.9
18/12/84	104	256	219	16.9
19/12/84	104	260	219	18.7
6/02/57	108	225	235	-4.3
1/02/60	111	225	247	-8.9
5/06/84	112	288	251	14.7
11/06/90	112	304	251	21.1
6/03/56	124	282	300	-6.0
8/12/90	142	452	389	16.1
21/01/24	145	442	404	9.3
23/07/86	156	393	459	-14.4
6/02/58	157	460	464	-0.9
1/12/90	160	534	481	11.1
5/01/61	167	494	522	-5.3
14/11/84	171	560	545	1.0
7/01/24	175	582	568	2.4
12/11/84	178	563	586	-3.9
27/01/55	184	600	621	-3.3
6/07/67	186	668	632	5.6
29/12/23	200	720	714	0.8

Date	H(cm)	Q(m3/s)	Q0(m3/s)	DQm/Q0
17/11/90	206	784	756	3.8
13/12/66	225	851	891	-4.5
10/11/90	230	943	926	1.8
26/12/55	240	935	997	-6.2
8/12/60	244	1040	1026	1.4
3/11/90	259	1140	1151	-0.9
16/12/76	261	1130	1168	-3.2
5/12/23	290	1360	1415	-3.9
30/07/58	290	1520	1415	7.4
27/11/23	320	1690	1704	-0.8
26/10/82	336	1860	1866	-0.3
24/11/23	350	1980	2009	-1.4
16/10/90	355	2100	2060	2.0
29/11/57	356	2160	2070	4.4
17/11/60	369	2220	2222	-0.1
21/11/23	375	2280	2293	-0.6
26/10/70	395	2570	2531	1.6
26/10/71	395	2500	2531	-1.2
4/10/88	401	2580	2602	-0.8
2/11/23	405	2630	2649	-0.7
17/08/23	410	2750	2709	1.5
29/10/23	430	2950	2946	0.1
10/11/67	453	3010	3236	-7.0
9/08/67	458	3200	3305	-3.2
20/08/23	460	3400	3332	2.0
24/10/23	460	3290	3332	-1.3
17/08/57	482	3250	3632	-10.5
7/09/85	488	3430	3714	-7.6
19/10/23	495	3770	3809	-1.0
22/08/67	508	4000	3986	0.3
31/08/23	525	4290	4246	1.0
7/09/23	528	4460	4293	3.9
15/10/23	540	4540	4478	1.4
12/10/23	562	4790	4816	-0.5
30/09/66	565	4920	4863	1.2
28/08/57	568	5000	4909	1.9
12/09/23	591	5180	5263	-1.6
27/08/48	595	5400	5325	1.4
20/09/23	600	5460	5402	1.1
31/10/67	600	5140	5402	-4.8
7/10/66	616	5640	5648	-0.1
22/09/48	635	5930	5987	-1.0
6/10/48	640	6000	6080	-1.3
20/09/67	658	6480	6413	1.1
28/09/67	678	6610	6782	-2.5
24/10/67	708	6960	7337	-5.1
3/10/67	743	8150	7984	2.1
18/10/67	776	8120	8641	-6.0
13/10/67	809	9160	9342	-1.9

Figure 4.2.3 - Courbe d'étalonnage unique à Koulikoro

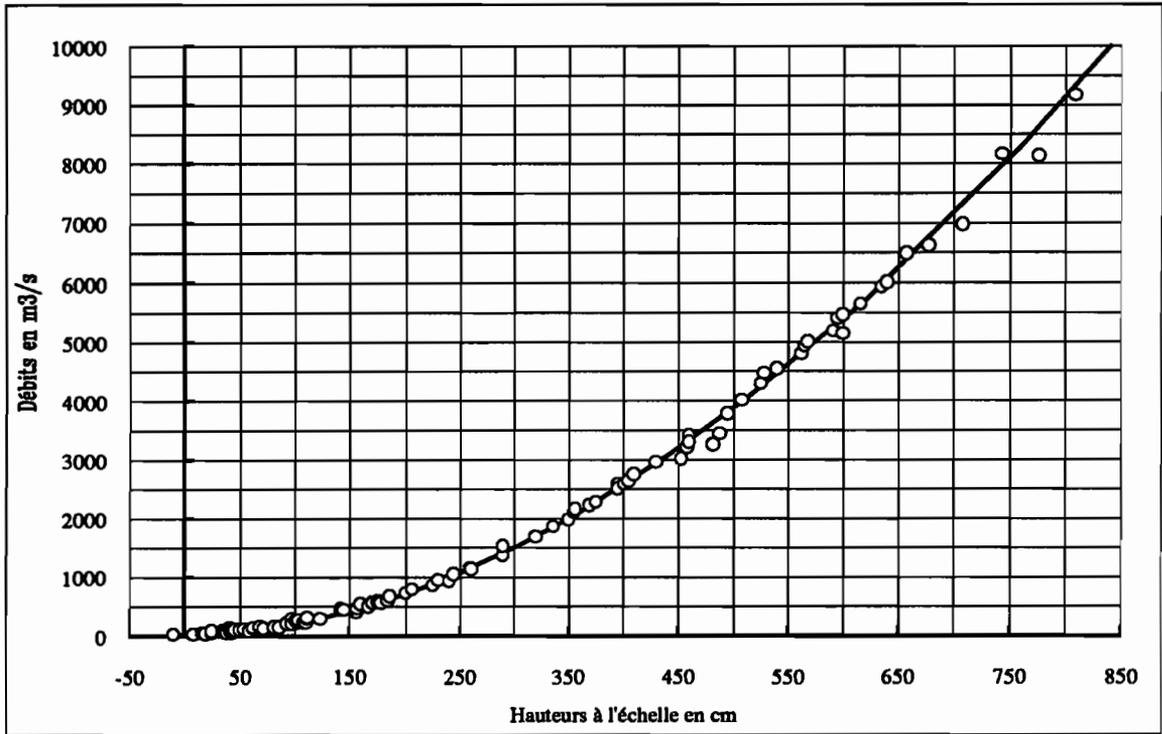


Figure 4.2.4 - Comparaison des débits jaugés et calculés pour le Niger à koulikoro

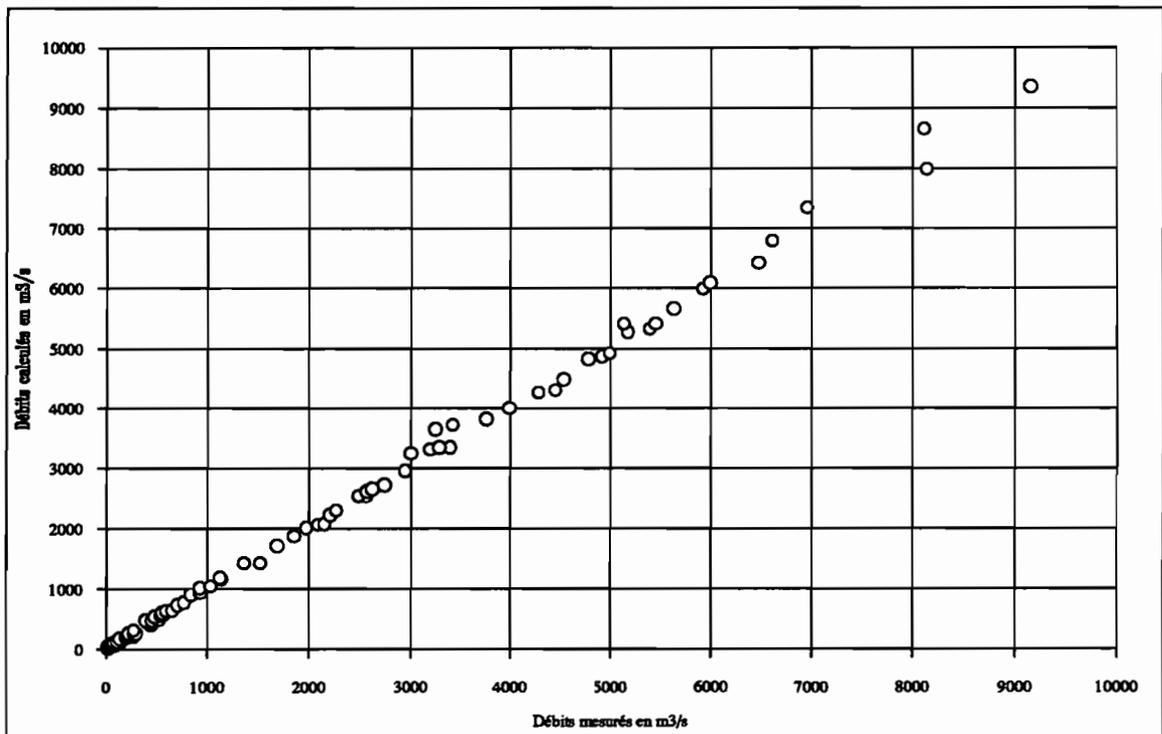


Figure n° 4.2.5 - Ecart relatif débits jaugés/débits calculés

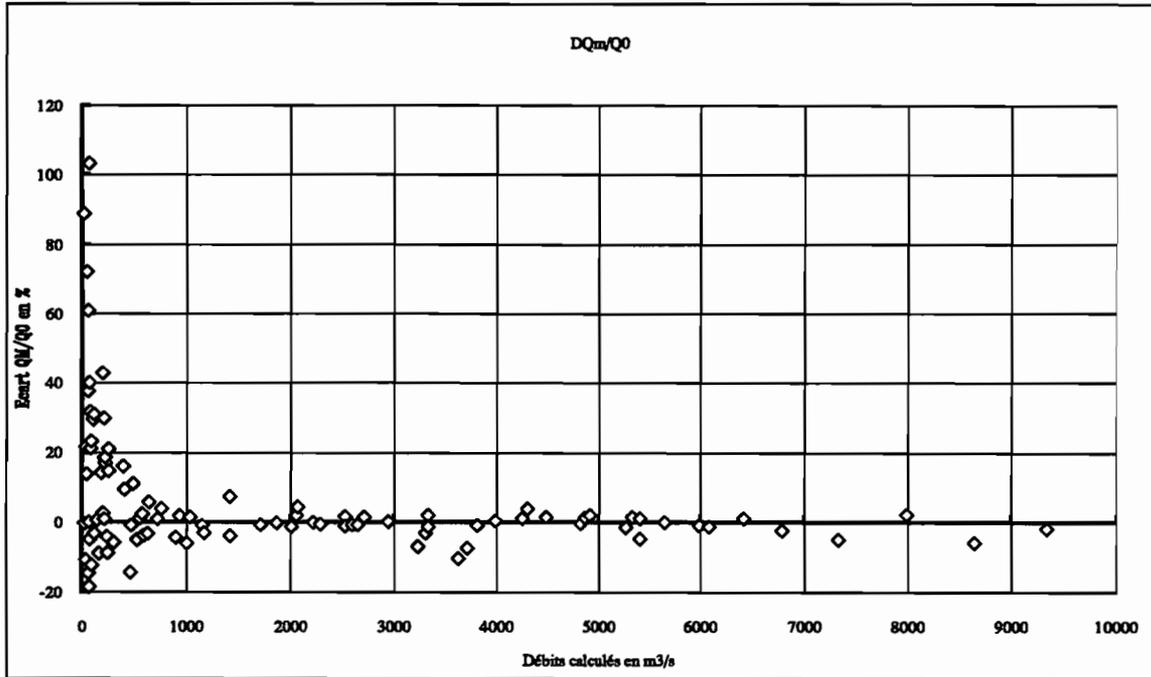


Figure 4.2.6 - Comparaison des débits jaugés et calculés sur le Niger à Diré

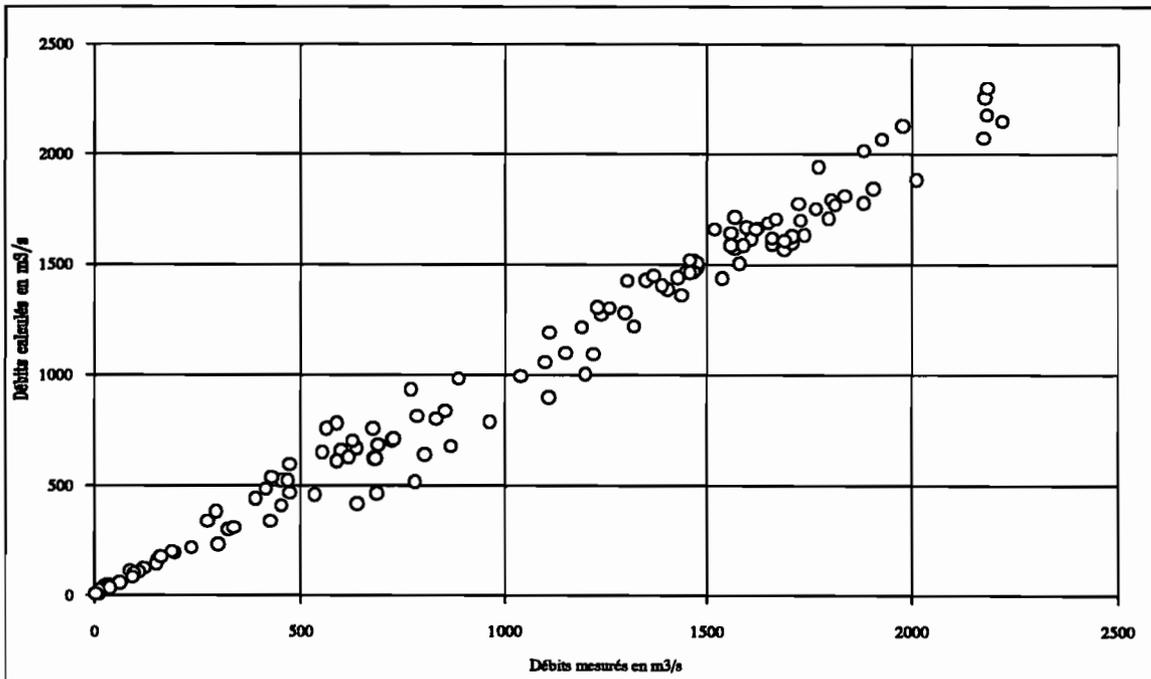
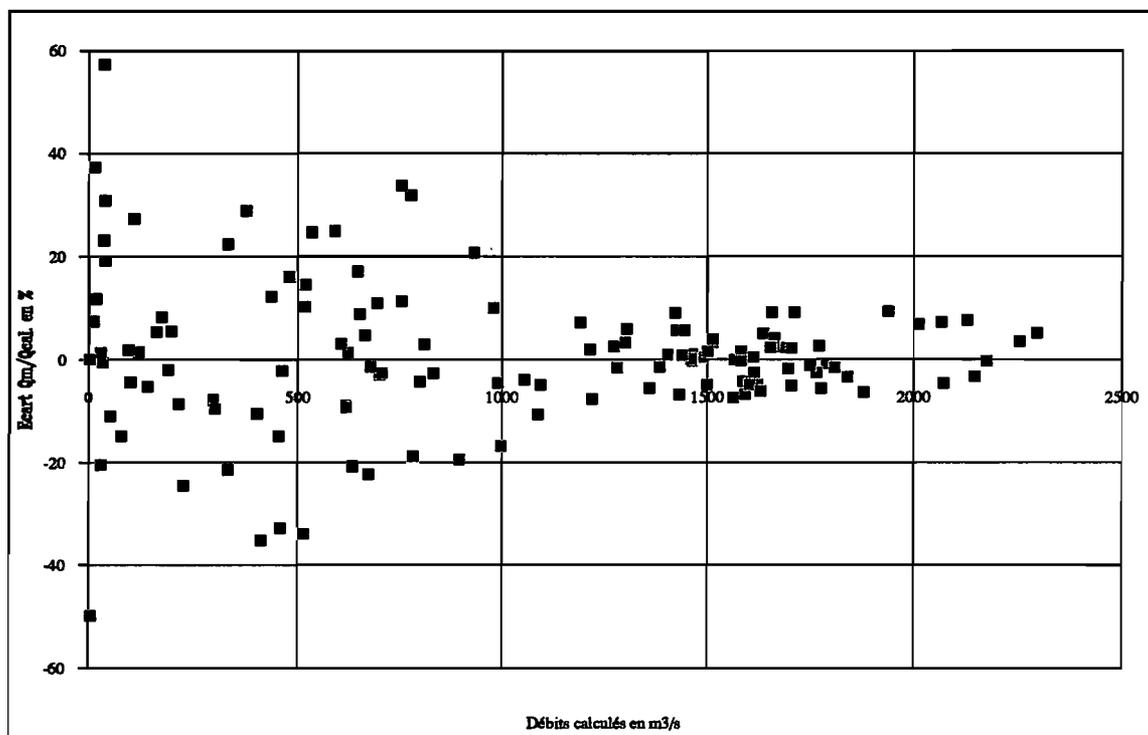


Figure n° 4.2.7 - Ecart relatif entre débits jaugés et débits calculés à Diré



4.2.6.3. Conclusion

L'analyse des hauteurs et des débits appelle deux remarques :

- la banque de données gagnerait à être intégralement transférée sous HYDROM,
- les mesures de débits effectuées aux stations non bi-univoques doivent être analysées au moyen du logiciel développé dans le cadre des projets OMVS/ORSTOM. Cela est nécessaire si l'on veut pouvoir caler correctement les modèles de propagation de crue dans le Delta Intérieur du Niger.

La Division Hydrologique est très bien structurée, elle possède les éléments qu'il faut pour bien gérer le réseau Malien, il ne lui manque que des moyens logistiques.

4.2.7. Disponibilité des données

Les données sont disponibles à la DH sur support informatique. Elles sont relativement complètes. Lorsque le passage au format HYDROM sera effectué, avec la mise en archive de toutes les données existantes, y compris les rapports de tournées par exemple, la DH possédera une des meilleures banque qui soit. Il faut d'ailleurs signaler que les débits journaliers du Sénégal sont disponibles à chaque station du bassin pour la période 1904/1990.

En outre les données sont disponibles dans les annuaires publiés par la DH et il existe deux monographies hydrologiques : Niger et Sénégal qui servent de référence pour ces deux bassins.

Tableau n°4.2.8 - Analyse des mesures de débits effectuées à Diré sur le Niger

Date	H	Qm	Qcal	D
25.11.76	504	1980	2128	7.5
21.01.77	505	1775	1940	9.3
20.02.77	507	1885	1777	-5.7
01.03.77	375	771	930	20.6
04.10.77	398	1305	1422	9.0
30.11.77	451	1560	1638	5.0
09.12.77	436	1480	1485	0.4
14.12.77	425	1405	1384	-1.5
04.01.78	358	889	978	10.0
16.01.78	306	724	702	-3.1
23.01.78	264	475	593	24.8
27.01.78	243	454	520	14.5
31.01.78	224	687	461	-32.8
04.05.78	0	12	6	-50.0
07.12.78	509	2176	2072	-4.8
19.02.79	286	638	667	4.6
20.02.79	281	601	654	8.8
31.07.79	226	475	464	-2.3
28.09.79	466	1909	1841	-3.6
30.09.79	471	2013	1881	-6.5
04.10.79	478	1885	2012	6.7
07.10.79	482	1930	2067	7.1
12.11.79	517	2179	2255	3.5
15.11.79	518	2186	2298	5.1
20.11.79	519	2184	2175	-0.4
26.11.79	519	2222	2146	-3.4
07.02.80	339	855	831	-2.8
08.02.80	333	833	797	-4.4
13.02.80	305	729	708	-2.8
14.02.80	299	628	697	10.9
18.02.80	275	619	626	1.2
19.02.80	270	591	609	3.0
07.03.80	176	325	299	-7.9
03.11.80	465	1806	1791	-0.9
07.11.80	464	1726	1772	2.6
11.11.80	463	1816	1766	-2.7
12.11.80	462	1769	1749	-1.1
16.11.80	459	1651	1687	2.2
18.11.80	456	1598	1664	4.1
24.11.80	453	1626	1663	2.3
25.11.80	452	1520	1658	9.1
01.12.80	448	1610	1614	0.3
03.12.80	445	1570	1569	-0.1
27.01.81	271	681	619	-9.1

Date	H	Qm	Qcal	D
28.01.81	271	684	620	-9.4
07.02.81	222	536	455	-15
10.02.81	207	454	406	-11
14.02.81	187	427	336	-21
16.02.81	178	338	305	-9.7
27.02.81	132	194	190	-2.1
03.03.81	118	153	161	5.2
06.03.81	108	149	141	-5.4
09.03.81	97	119	121	1.4
12.03.81	89	86	109	27.1
14.03.81	84	107	102	-4.5
16.03.81	80	95	97	1.7
10.09.81	400	1540	1434	-6.9
12.09.81	406	1580	1501	-5
17.09.81	419	1660	1589	-4.3
24.09.81	435	1730	1698	-1.9
26.09.81	439	1800	1706	-5.2
03.10.81	452	1840	1809	-1.7
25.01.82	313	590	777	31.7
31.01.82	281	555	649	17
05.02.82	248	430	535	24.5
08.02.82	230	415	481	16
11.02.82	217	390	438	12.3
14.02.82	199	295	380	28.7
16.02.82	187	275	336	22.3
22.02.82	147	300	227	-25
24.02.82	142	235	214	-8.8
27.02.82	124	160	173	8.1
21.04.82	37	31	38	23
29.04.82	35	36	36	-0.6
06.05.82	40	35	42	19.1
13.05.82	39	31	41	30.7
21.05.82	38	25	39	57.3
28.05.82	30	30	30	1.3
04.06.82	50	61	54	-11
04.08.82	212	640	415	-35
09.08.82	240	780	515	-34
17.08.82	267	805	637	-21
20.08.82	275	270	676	150
26.08.82	295	965	782	-19
01.09.82	316	1110	894	-20
06.09.82	332	1200	998	-17
10.09.82	347	1220	1089	-11
15.09.82	366	1320	1218	-7.8

Date	H	Qm	Qcal	D
18.09.82	375	1300	1279	-1.6
23.09.82	389	1440	1359	-5.6
12.10.82	427	1690	1566	-7.4
16.10.82	434	1710	1594	-6.8
21.10.82	436	1560	1584	1.5
23.10.82	437	1660	1616	-2.6
27.10.82	438	1710	1624	-5
30.10.82	439	1690	1605	-5
05.11.82	439	1740	1631	-6.3
10.11.82	439	1620	1656	2.2
15.11.82	436	1590	1584	-0.4
22.11.82	430	1470	1516	3.2
27.11.82	428	1480	1502	1.5
30.11.82	426	1470	1464	-0.4
09.12.82	407	1240	1271	2.5
13.12.82	402	1260	1300	3.2
22.12.82	378	1150	1094	-4.9
29.12.82	353	1040	991	-4.7
08.01.83	314	785	808	2.9
14.01.83	287	690	680	-1.5
22.01.83	243	470	519	10.3
06.05.83	10	11.8	13	7.4
25.06.83	18	17	19	11.8
01.10.83	376	1190	1212	1.9
28.10.83	414	1350	1426	5.6
02.02.84	135	187	197	5.5
11.10.84	349	1100	1056	-4
22.05.85	15	12	16	37.1
11.12.85	413	1110	1189	7.1
27.12.86	309	678	754	11.2
29.12.86	302	565	754	33.5
27.06.87	67	92.3	79	-15
06.07.88	-15	3.64	-3	-193
08.11.88	458	1570	1712	9.1
10.11.88	457	1670	1705	2.1
21.10.89	410	1430	1437	0.5
22.10.89	411	1450	1465	1
24.10.89	415	1460	1516	3.9
14.11.89	420	1370	1446	5.6
15.11.89	419	1460	1462	0.1
16.11.89	419	1430	1439	0.7
18.11.89	417	1390	1403	0.9
20.11.89	412	1230	1303	5.9
03.05.90	30	38.2	30	-20

$$D = [(Q_m - Q_c) / Q_c] \text{ en } \%$$

4.3. Transport solide

Un programme de sédimentologie par traceur est mené par un ingénieur de la DH (Mustapha FOFANA), en collaboration avec l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de BAMAKO et l'AIEA. Des mesures ponctuelles sont effectuées dans le barrage de SELINGUE, mis à part cela, il n'existe pas de programme de mesure systématique des transports solides.

Le projet EQUANIS (projet ORSTOM de recherche sur les transports solides) doit pallier à ce manque de mesures des suspensions et du charriage.

4.4. Qualité des eaux

Le laboratoire de Qualité des Eaux (LQE) est chargé, au sein de la DNHE, de l'inventaire de la qualité des eaux et de l'étude des mesures de protection. Le LQE assume le volet qualité des eaux du programme d'Hydraulique Villageoise. Chaque nouveau point d'eau créé est échantillonné au moins une fois, et plus s'il y apparaît des problèmes d'agressivité. Il n'y a pas de suivi régulier de la qualité des eaux de surface, sauf à la station de pompage de BAMAKO. Le LQE a été créé en 1981 sur financement de l'ACDI (CANADA). Il est équipé pour toutes les analyses physico-chimiques et bactériologiques classiques. Il fonctionne en partie comme un Service Public - et gère sa banque de données sur la qualité de l'eau - et en partie en prestation de services pour des tiers privés. Les analyses sont facturées selon un barème allant de 3000 F CFA (bactério simple) à 18 000 F CFA pour la totalité des éléments dissous et la bactériologie.

13 Agents dont 6 techniciens et 1 Ingénieur constituent le personnel du LQE. Ils sont répartis en 2 sections : Analyse des eaux et Mesures correctives.

Actuellement environ 4 000 points d'eau ont été analysés, ils sont transférés sur la banque de données SIGMA du projet MLI/90.002.

Il semble que les prestations facturées par le LQE soient trop chères pour que le projet EQUANIS/AQUANIS (mis en oeuvre par l'ORSTOM) fasse appel au LQE.

CHAPITRE 5

EAUX SOUTERRAINES

5.1. Structures institutionnelles

Les Administrations impliquées dans la gestion, l'exploitation, et la qualité des ressources en eau souterraine sont les suivantes:

- Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie au travers de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie et des organismes rattachés suivants: Energie du Mali et Direction Nationale Opération Puits.
- Ministère du Développement Rural et de l'Environnement où la Direction du Génie Rural est chargée des aménagements hydro-agricole.
- Ministère des Transports auquel est rattachée la Direction Nationale de la Météorologie Nationale,
- Ministère de la Santé.

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

Depuis le début de l'année, il a été envisagé de réduire le nombre de divisions de 5 à 3. Est présenté ci-après l'organigramme actuellement opérationnel. L'organigramme définitif n'est cependant pas encore arrêté [1].

- Division Hydrologie.
- Division Hydrogéologie, chargée de l'étude des ressources en eaux souterraines et de l'adduction d'eau en milieu rural.
- Division Energie dont les attributions portent sur la gestion des barrages, l'électrification, les hydrocarbures, la filière bois et les énergies renouvelables.
- Division Adduction d'Eau-Assainissement, chargée de ces activités dans les petits centres, non gérés par l'EDM.
- Division Aménagement, responsable de la réalisation de barrages; cette division a repris les attributions de l'ancienne Division Navigabilité,

Une unité informatique est rattachée à la Direction. Elle a été créée à l'occasion du Projet PNUD/DCTD MLI 84/005 dans le cadre de l'élaboration du Schéma Directeur des Ressources en Eau du Mali.

Un Centre de Documentation est lui aussi rattaché à la Direction mais n'est pas opérationnel à l'heure actuelle.

Trois services rattachés à la DNHE disposent d'une certaine autonomie et peuvent facturer leur prestation à des tiers:

- Centre National de l'Energie Solaire et des Energies Renouvelables qui constitue un organisme orienté vers la mise au point de procédés,
- Laboratoire de la Qualité des Eaux,
- Laboratoire de Sédimentologie.

1 L'organigramme définitif a été communiqué en Juin 1992. Il fait l'objet de l'Annexe F.

Sept Directions Régionales de l'Hydraulique sont prévues par le cadre organique actuellement en cours d'élaboration:

- Région 1: Kayes
- Région 2: Koulikoro
- Région 3: Sikasso
- Région 4: Ségou
- Région 5: Mopti
- Région 6: Tombouctou
- Région 7: Gao

Une huitième région qui serait établie à Kidal, dans l'Est du pays, est en projet.

A l'exception de Mopti, des bases de projet existent dans les sept Régions Administratives. Elles doivent pour la plupart faire l'objet d'une réhabilitation. Celle de la base de Gao prévue sur un financement JICA, est suspendue pour des raisons de sécurité.

Il faut enfin citer le cas particulier du Projet Mali Aqua Viva qui se caractérise par une autonomie de gestion et bénéficie du support de la DNHE par le détachement de 7 cadres.

5.1.1.2 Division Hydrogéologie

a) Activité

Cette Division est chargée de l'évaluation des ressources en eaux souterraines et de la gestion des Projets portant sur l'exploitation de ces dernières.

Les Projets ayant couvert en totalité ou partiellement la période 1987-1991 sont regroupés sur le Tableau 5.1.1.

De plus deux ingénieurs et deux techniciens ont participé au Projet PNUD/DCTD MLI 84/005 portant sur l'élaboration du Schéma Directeur de Mise en Valeur des Ressources en Eau.

Le nombre de projets simultanément supervisés par la Division Hydrogéologie varie entre 5 et 10. Le maximum atteint a été de 14.

b) Personnel

Précédemment la Division disposait de 35 ingénieurs hydrogéologues, hydrauliciens et hydrotechniciens, de 4 géophysiciens, de 5 ingénieurs foreurs, de 3 ingénieurs mécaniciens, de 23 techniciens géologues (hydrogéologues et géophysiciens), de 9 techniciens géologues (foreurs), de 19 agents techniques, de 10 techniciens affaires sociales, de 4 techniciens sanitaires, d'un administrateur et de 4 agents d'administration. En plus de ce personnel fonctionnaire, la division disposait de 77 agents: chauffeurs, gardiens manoeuvres, personnel de secrétariat.

Comme mentionné plus haut, un nouveau cadre organique est en cours d'élaboration. Il devrait vraisemblablement aboutir à une certaine réduction du personnel.

TABLEAU 5.1.1 - Projets d'hydraulique villageoise financés en 1987-1991

PROJET	SOURCE DE FINANCEMENT	OBJECTIFS	REGION D'INTERVENTION	BUDGET 10 ⁶ CFA
Programme d'exploitation des eaux souterraines	HELVETAS	200 forages productifs 200 pompes manuelles	Bougouni, Yanfolila, Kolondiéba	1.207
Programme d'hydraulique villageoise et pastorale	FAD/BID. Fonds Koweitiens	190 forages reconnais. 110 points d'eau	Liptako-Gourma	8.800
Projet Mali Aqua Viva	CCCE FAC	390 forages Réhabil. anc. forages	San, Tominian, Bla Yorosso, Macina	2.138
Projet d'hydraulique villageoise Régions 1-2	FED	300 forages productifs 3 bases entret. pompe	Nara, Diéma, Nioro	1.290
2ème Programme d'hydr. vil. et past. - CEAO	Fonds Koweitiens	500 points d'eau	Youvarou, Niafouké	2.250
Programme d'hydraulique rurale et d'assainissement (chaîne de l'eau)	UNICEF	400 forages productifs 400 pompes manuelles 6 bases pompes	Régions: Ségou, Koulikoro, Gao, Mopti, Tombouctou	1.750
1er Programme d'hydr. Vil et past-CEAO/2ème tranche	FAD	260 forages productifs 260 pompes manuelles 10 puits modernes	Kayes, Yélimané Diéna, Nara Banamba	3.200
Programme de forages dans les cercles de Sikasso et de Kadiolo	Coopérat. Danoise	400 forages productifs 400 pompes manuelles 1 base pompes: Sikasso	Sikasso, Kadiolo	1.750

TABLEAU 5.1.1 (suite) - Projets d'hydraulique villageoise financés en 1987-1991

PROJET	SOURCE DE FINANCEMENT	OBJECTIFS	REGION D'INTERVENTION	BUDGET 10 ⁶ CFA
Programme d'hydraulique villageoise	Coopérat. Italienne	600 forages productifs 600 pompes manuelles	Koulikoro, Kati Kangaba, Bamako	5.500
Progr. de développement intégré du Kaarta ODIK	Coopérat. Canadienne	250 forages productifs 20 puits citernes	Nioro, Diéma Yélimané	5.920
Programme d'hydraulique rurale	CARITAS	250 forages productifs Puits citernes	Bandiagara	?
Programme d'hydraulique pastorale, Région Mopti	CCCE	44 forages reconnais. 26 points d'eau 8 puits	Karouassa, Senomango Mema-Dioura	420
Programme de recasement population de Manantali	USAID	82 forages productifs 40 puits citernes	Zone Projet bar- rage Manantali	320
Programme d'approvision. en eau des populations rurales	Arabie Saoudite	274 forages productifs 274 pompes manuelles	Région de Ségou	14.500
Projet d'alimentation en eau populations rurales KBK - Avenant n°2	Banque Mondiale	325 forages productifs 325 pompes manuelles	Kita, Bafoulabé Kayes	3.328
Projet Mali-Sud/2 Avenant 1	FIDA	130 forages productifs 130 pompes manuelles	Sikasso, Koutiala	261
Etude d'alimentation en Eau des Centres Ruraux du Sud-Mali	FAC-CCCE	120 centres: faisabil. 30 centres: APD	3ème Région 2 et 4ème Régions partiellement	116

c) Matériel

- 9 ateliers de forages dans 6 bases différentes, dont 4 sont opérationnelles
- 5 potentiomètres pour la géophysique,
- petit matériel de terrain: sondes électriques pour mesures de niveau d'eau, boussoles, ...

5.1.1.3 Unité Informatique

Cette unité doit être créée à l'issue du Projet PNUD/DCTD MLI 84/005. Jusqu'à maintenant cette activité du projet était réalisée par 4 cadres nationaux, un Consultant DCTD et 4 opératrices.

Le matériel informatique comprend:

- 2 Zeniths 386
- 3 Victors
- 1 Toshiba 1600 et 1 Toshiba 1200 portables,
- 1 digitaliseur A3 et 1 traceur format A1,
- des imprimantes.

5.1.1.4 Laboratoire de la Qualité de l'Eau

Ce service a été créé en 1981 sur financement de l'ACDI. Sa mise en route est intervenue en 1982. Depuis la période 1984-1987, il est autorisé à vendre ses prestations à des tiers. Depuis 1988, il a bénéficié de l'appui technique du PNUD.

Le laboratoire comporte deux sections:

- Section Analyses des Eaux,
- Section Mesures Correctives chargée d'émettre des avis et des suggestions pour l'amélioration de la qualité des eaux.

Il est en mesure de réaliser des analyses physico-chimiques et bactériologiques qui sont reportés sur le Tableau 5.1.2.

Le laboratoire n'est pas équipé pour l'analyse des éléments traces.

Le matériel comprend:

- 2 spectrophotomètres,
- 2 turbidimètres,
- 1 conductivimètre de laboratoire et 3 de terrain,
- 1 ph-mètre de laboratoire et 2 de terrain,
- 1 ionomètre,
- 1 polarographe d'acquisition récente,
- Laboratoires de terrain pour les analyses physico-chimiques,

- Fours et étuves,
- Rampes de filtration et incubateurs de laboratoire et de terrain,
- Balances,
- Colonne de déminéralisation.

TABLEAU 5.1.2 - Analyses réalisées par le Laboratoire de la Qualité des Eaux

Température	Calcium
Couleur réelle UCV	Potassium
Turbidité UTJ	Sodium
Solides en suspension (105°C)	Magnésium
Solides dissous (105°)	Manganèse
PH	Sulfates
Conductivité 25°C	Chlorures
DCO	Carbonates
Oxygène dissous	Bicarbonates
	Alcalinité
Azote Kjeldahl	Fluorures
Azote ammoniacal	Cuivre
Nitrates+Nitrites	Zinc
Ortho-phosphates	
Coli totaux	
Coli fécaux	
Streptocoques	

Le Laboratoire se heurte à des difficultés de maintenance de ce matériel ainsi que d'acquisition des réactifs.

En 1989, L'activité s'est répartie de la manière suivante:

- réseaux de distribution d'eau de Bamako, Koulikoro, et Sikasso: 1372 échantillons prélevés en vue d'analyses bactériologiques,
- projet d'adduction d'eau de Koutiala: 28 prélèvements pour analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau des forages,
- échantillons en provenance du Génie Rural, d'ONG et de représentations diplomatiques: 45,
- contrôle des effluents des installations industrielles et touristiques,
- projets d'hydraulique villageoise: 1054 échantillons.

Le fonctionnement est assuré par 13 personnes. Il est envisagé que le personnel chargé des analyses passe de 3 à 5 personnes. Les cadres ont généralement bénéficié d'une formation en Europe dans le domaine de la chimie, de l'hydrobiologie et du Génie sanitaire. Les techniciens sont de niveau Brevet d'Etude de Premier Cycle + 4 ans. Le Laboratoire reçoit des stagiaires de différents établissements d'Enseignement Supérieur ou Techniques. Par ailleurs, un consultant du PNUD est Conseiller du Directeur du Laboratoire. La fin de son intervention est prévue pour Mars 1992.

Le fonctionnement est assuré par l'Etat et les prestations de service. Par le passé le montant de ces dernières a fluctué, selon les années entre 4 et 13 10⁺⁶ CFA. Le prix de vente de l'analyse d'un échantillon varie de 10 000 à 18 000 CFA, déplacement non compris.

5.1.1.5 Cellule d'Entretien des Equipements Solaires

Cette cellule a été créée en 1986 sur financement de la MAC. Elle intervient dans le domaine de l'ingénierie, du conseil, de l'installation du matériel et de son entretien.

Outre la direction elle comprend:

- une cellule à Bamako financée par le Fac,
- une cellule à Mopti,
- une cellule à San qui assure la maintenance des installations du Projet Mali Aqua Viva,
- il est prévu qu'une quatrième cellule soit mise en place à Tombouctou, sur financement de l'UNICEF.

La Direction de la CEES comprend un chef, un coopérant FAC, une secrétaire, un chauffeur. Les cellules décentralisées comprennent un technicien, un mécanicien, un chauffeur.

Sur les 205 pompes solaires installées, 155 concernent les eaux souterraines. La moyenne des débits unitaires est de 50 à 60 m³/h. Il peut atteindre 120 m³/h. Les niveaux dynamiques atteints sont généralement de l'ordre de 40 mètres. Il peuvent cependant atteindre 70 mètres dans certains cas.

Certaines des pompes installées en 1983 fonctionnent toujours à présent sans problèmes.

Les critères qui conduisent à l'adoption d'un équipement solaire sur un site reposent sur: les économies d'énergies, l'isolement et l'accessibilité du site, les besoins en eau. L'eau extraite contribue essentiellement à l'AEP, au bétail, et le surplus au jardinage.

La politique suivie par la Cellule tend à initier des relations directes entre les utilisateurs et les fournisseurs. Il est prévu que les cellules décentralisées s'installent à leur propre compte.

Le CILSS est à l'origine d'un projet d'une durée de quatre années, financé par la Communauté Européenne, et dont le démarrage est imminent. Il porte sur la fourniture de 200 pompes solaires, et de 45 systèmes communautaires. La première tranche de ce projet concerne la Région de Mopti.

5.1.2 Direction Nationale Opération Puits

Cette Direction rattachée à la DNHE, a été créée en 1974 avec l'appui de la BAD. Elle a ensuite travaillé sur différents projets financés par le FED, la CCCE, le FAC, et divers ONG.

Elle est chargée de la réalisation de puits directs ou de puits citernes.

Elle bénéficie d'une autonomie de gestion.

La Direction Nationale, située à Bamako, comprend un Directeur Général et un Directeur Général Adjoint et 6 services:

- Inspection et Contrôle

- Technique
- Matériel
- Approvisionnements généraux
- Administration et Personnel
- Comptabilité

La DNOP est représentée dans le pays par des Directions Régionales:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| - Direction Régionale de Kayes: | Secteur double de Kayes
Secteur de Yélémane
Secteur de Nioro |
| - Direction Régionale de Koulikoro: | Secteur double de Koulikoro
Secteur de Bamako
Secteur de Nara
Secteur de Panamba |
| - Direction Régionale de Ségou: | Secteur double de Ségou
Secteur de San
Secteur de Koutiala
Secteur de Niono |
| - Direction Régionale de Sévaré: | Secteur double de Sévaré
Secteur de Douenza
Secteur de Bandiagara
Secteur de Bankas
Secteur de Koro |
| - Direction Régionale de Tombouctou: | Secteur double de Tombouctou
Secteur de Goudam |
| - Direction Régionale de Gao: | Secteur double de Gao
Secteur de Ménaka
Secteur d'Ansongo
Secteur de Bourem |

Dans le cadre de la réforme administrative en cours, il est prévu que l'effectif de 260 agents: 60 fonctionnaires et 200 contractuels, soit être ramené à 220. Ainsi la direction Nationale comprendrait 6 personnes par service, les Secteur doubles 15 et les secteurs simples 7.

La DNOP a participé aux différents projets d'hydraulique souterraine incluant la réalisation de puits et de puits citernes. Elle a eu, en outre, la responsabilité de divers marchés d'Etat.

Le taux de réalisation est de deux puits de 50 mètres par an et par équipe, avec un minimum de 5 000 mètres linéaires par an pour l'ensemble de la DNOP.

L'autonomie de gestion devrait être renforcée et évoluer vers un statut de Société d'Etat ou de société privée. Ceci permettrait en particulier à la DNOP de soumissionner aux appels d'offres.

L'extension du domaine de compétence de la DNOP est actuellement à l'étude. Les axes suivants font l'objet de cet examen:

- activité forage,
- animation villageoise.

Le matériel à disposition de la DNOP comprend:

- 50 unités pneumatiques comprenant un compresseur et une pompe,
- 15 camions,
- 20 véhicules 4x4 légers,
- 5 véhicules de liaison.

5.1.3 Energie du Mali

Il s'agit d'une société d'économie mixte créée en 1961. A ce titre, une partie des investissements lui échoit depuis 1983. Cette société est placée sous la tutelle du Ministère des Mines, de l'Hydraulique et de l'Energie. Elle est chargée de l'alimentation en eau potable et en énergie des centres urbains.

En ce qui concerne l'eau, EDM est en charge de l'entretien et de la gestion des installations et réseaux d'eau des principaux centres urbains: Bamako, Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou, Markala, Mopti, Tombouctou, Gao, Kita, Nioro, Kati, Bougouni.

L'organigramme comprend:

- un Conseil d'Administration,
- un Comité de Gestion,
- une Direction Générale,
- cinq Directions: Eau, Production et Transport d'Energie, Distribution, Planification et Coordination, Financière et Comptable.
- les Centres mentionnés ci-dessus.

Ces derniers, chargés de la distribution d'eau et d'électricité, bénéficient d'une autonomie de gestion.

Actuellement les principaux projets en cours sont les suivants:

- Réhabilitation du réseau de Bamako et de 5 villes de l'intérieur: financement CCCE, Bureau d'Etude: SAFEGE,
- Amélioration des conditions de desserte de Mopti par la réalisation de forages,
- affermage de la distribution de Koutiala.

En matière de distribution d'eau, il n'existe pas de planification à long terme du développement de l'activité de l'entreprise.

5.1.4 Projet Mali Aqua Viva

Ce projet a débuté en 1975 à l'initiative du Père Verspieren. Financé par des ONG et des Associations Caritatives dès l'origine, il a bénéficié, à partir de 1981, de l'appui du FAC et de la CCCE. Cette dernière source de financement a fait l'objet de 3 conventions successives signées en 1981, 1984 et 1986.

A partir de 1980, tout en gardant sa structure autonome, le Projet a été placé sous la tutelle financière du Ministère des Mines de l'Hydraulique et de l'Energie et sous la tutelle technique de la DNHE. A ce titre 7 fonctionnaires ont été détachés pour en assurer l'encadrement.

Le financement FAC a permis la réalisation de missions d'appui par le BURGEAP.

Depuis 1984, les ressources financières du Projet sont constituées par les apports ci-dessus qui prennent en charge les coûts de fonctionnement et la quasi-totalité du montant des ouvrages et une partie de celui des pompes. Plus des trois quarts du coût de ces dernières sont supportés par les villageois. Toutefois le Projet en facilite le paiement: il fait l'avance auprès du fournisseur du montant de cette somme diminuée du premier versement effectué par le village. La récupération de cette avance par le Projet n'est pas toujours facile.

La zone du Projet couvre actuellement les cercles de San, Tominian, Bla, Yorosso, Macina.

Les activités actuelles du Projet sont essentiellement:

- enquêtes socio-économique et planification des campagnes
- animation villageoise,
- implantation des ouvrages,
- travaux de forages,
- essais de pompage et l'installation des pompes,

Après avoir mis en place un réseau commercial indépendant, le Projet a cessé toute activité de maintenance des pompes, de fourniture de pièces de rechange et de maintenance.

Une enquête vient d'être achevée, portant, entre autre, sur l'état des points d'eau et des pompes. Elle concerne 1 000 villages, et est en cours de dépouillement. Il apparaît que moins de 25% des pompes sont en panne.

Le BURGEAP est chargé d'une étude institutionnelle incluant:

- l'évolution des statuts du projet vers un statut d'entreprise,
- une étude de marché.

Le personnel du Projet comprend actuellement 70 personnes environ:

- la Direction,
- 3 hydrogéologues,
- 3 équipes de forage de 5 à 6 personnes,
- 3 équipes d'enquête de 3 personnes recrutées pour la durée de cette prestation,
- 1 géophysicien,
- 1 équipe de pompage composée de 2 personnes,
- 3 comptables,
- 1 atelier de mécanique avec 7 personnes.

A ce personnel permanent s'ajoute un personnel d'exécution. La préfabrication des margelles est actuellement sous-traitée à l'extérieur: le personnel correspondant ne fait donc pas partie du décompte ci-dessus.

Le matériel consiste essentiellement de 3 ateliers de forages opérationnels. Compte tenu des contraintes liées à l'animation villageoise, le nombre de forages exécutés est volontairement limité à 20 par année et par équipe.

5.1.5 Direction Nationale du Génie Rural

Cette direction est responsable de la conception de la réalisation ou de la supervision de toutes les études et travaux en matière d'aménagements hydro-agricoles: aménagement de bas-fonds, de mares, de barrages ...

La DNGR comprend les Divisions suivantes: Hydraulique, Topographie, Marchés, Machinisme Agricole, Administrative et Financière, Parc Automobile et Approvisionnement.

7 Directions sont implantées dans les Régions Administratives.

La Division Hydraulique est composée de 30 ingénieurs et techniciens supérieurs auxquels s'ajoute le personnel d'exécution.

La DNGR est peu impliquée dans les travaux d'hydraulique souterraines. Lorsque c'est le cas, la supervision et/ou l'exécution des travaux est assurée par la DNHE. Par le passé la DNGR a été l'Agence d'Exécution du Programme de Développement Intégré du Kaarta ODIK réalisé sur financement canadien et comprenant la réalisation de 250 forages productifs et de 20 puits citernes dans les Cercles de Nioro, Diéma et Yélimané.

Actuellement la DNGR réalise, dans le Cercle de Kolobani, deux projets de petits périmètres maraîchers irrigués à partir des nappes.

5.2. Caractéristiques géologiques et géométrie des systèmes aquifères

5.2.1 Documents existants

a) Cartes topographiques

- Couverture au 1/500 000 de la partie du pays située au Sud du 16^{ème} parallèle,
- Couverture complète du territoire du Mali en feuilles d'un degré carré, 1/200 000,
- Couverture au 1/50 000 du fleuve et du delta intérieur,
- Couverture de la région de Bamako au 1/20 000.

La plupart des feuilles ont été levées ou révisées avant ou dans les années qui ont suivi l'indépendance.

b) Couvertures aériennes

Une couverture aérienne complète au 1/50 000 a été réalisée durant la période coloniale sur l'ensemble du territoire.

Plus récemment, en 1978, sur financement hollandais, la KLM a réalisé une couverture de la partie Sud du pays.

En 1991, l'IGN a couvert au 1/50 000 un secteur compris entre 10° et 14° de latitude Nord et 4° et 9° de longitude Ouest.

Par ailleurs de nombreux vols ont été réalisés, ne couvrant que des superficies très réduites.

c) Images satellitaires

Ce type de documents n'est pas utilisé.

d) Carte géologique

- carte géologique du Mali au 1/1 500 000

e) Atlas hydrogéologique du Mali

Cet atlas est en cours d'édition. Il a été réalisé par le Projet PNUD/DCTD MLI 84/005 et comprend les documents suivants:

- carte piézométrique du Mali: elle a été tracée manuellement à partir des mesures effectuées entre 1980 et 1987 sur 6500 forages et 1500 puits. Le découpage des feuilles reprend celui de la carte topographique au 1/200 000. Pour les régions Ouest et centrale du Mali, les cartes ont été tracées au 1/400 000 après photo réduction des fonds topographiques. Ceci concerne 53 feuilles couvrant 620 000 km². Dans les régions sahéliennes et désertiques l'échelle du 1/1 000 000 a été adoptée. Dans la partie Nord du pays la carte n'a pu être tracée en raison de l'absence d'information.
- carte piézométrique de synthèse: elle a été éditée à l'échelle du 1/2 500 000.
- carte hydrogéologique du Mali: le découpage adopté est le même que précédemment et l'échelle retenue le 1/400 000. Elle comporte la représentation des faciès lithologiques, les courbes iso-pièzes obtenues par digitalisation de la carte piézométrique, ainsi que la position des forages par classe de débit.
- carte de transmissivité: elle a été établie sur la base des cartes au 1/200 000. Les courbes isovaleurs ont été tracées à partir des résultats des essais de pompage en utilisant le logiciel SURFER.
- d'autres cartes thématiques ont pu être tracées avec le même procédé de calcul et concernent la qualité des eaux: conductivité, ph ...

5.2.2 Archivage et diffusion

Les cartes topographiques et géologiques sont disponibles à l'IGN, ainsi que les photos aériennes réalisées par cet institut.

L'atlas hydrogéologiques peut être consulté à la DNHE. L'ensemble des cartes stockées sur supports informatiques peut être édité à l'échelle désirée.

5.2.3 Qualité des données

L'Atlas hydrogéologique constitue un document essentiel pour le développement des ressources en eaux souterraines. Son informatisation est le garant de:

- la facilité de son accès,
- sa mise à jour au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données de terrain.

De plus, il s'agit là d'un document exhaustif, prenant en compte l'ensemble des données hydrogéologiques disponibles.

5.2.4 Lacunes et insuffisances

Les cartes élaborées avec SURFER constituent une tentative intéressante, cependant peu représentative du milieu naturel. Ceci est lié à la densité des points de mesures et à l'hétérogénéité du milieu. Un traitement des données plus avancé, par exemple, à l'aide d'un Krigeage moins simpliste que celui de SURFER, permettrait de préciser ce point en rendant possible:

- le tracé des demi-variogrammes et en particulier la mise en évidence d'effets de pépité,
- la comparaison de différentes solutions tirées au sort,
- l'étude de la distribution de la variance d'estimation qui constitue un indicateur de l'erreur probable commise en dehors des points de mesures,
- la prise en compte de l'intervalle de confiance caractérisant les mesures réalisées.

5.3. Géophysique

5.3.1 Organisation des campagnes, interprétation

Les campagnes de géophysiques sont réalisées:

- soit par un Bureau d'Etude ou une Entreprise, sous la supervision de la DNHE,
- soit directement par la DNHE.

Les techniques utilisées le plus couramment sont la géophysique électrique en premier lieu, puis la géophysique magnétique. Au cours de la campagne 89-90, la DNHE a ainsi réalisé les travaux suivants:

- Mali Aqua Viva:
 - implantation de 80 forages dont 54 positifs
- UNICEF - MLI YW/802:
 - 221 sondages électriques
 - 38 500 mètres de trainées électriques
 - 16 profils magnétiques totalisant 16 820m
 - soit 127 implantation par géophysique

- **HELVETAS:**

- 395 sondages électriques

- 206 000 mètres de traînées électriques

soit 212 implantations, dont 131 retenues pour la réalisation de forages avec un taux de réussite de 75%

- CM-Italie, Kati et Cercle de Bamako

5.3.2 Archivage et diffusion

Les campagnes de géophysiques font l'objet de rapports de campagne transmis plus ou moins régulièrement à la DNHE. En l'absence de centre de documentation opérationnel, il est difficile de les retrouver.

5.3.3 Qualité des données

Les mesures et leur interprétation sont de qualité extrêmement variables. Il semble que le recours ou le non-recours à la géophysique pour l'implantation des forages, ne repose pas toujours sur des critères objectifs. Aucune analyse des résultats obtenus ne permet:

- d'évaluer l'utilité du recours à l'une des techniques géophysiques: électrique, magnétique ou VLF,
- d'identifier les zones où l'une ou plusieurs de ces techniques sont utiles.

L'utilisation extensive des traînées électriques parce que plus rapide que celle de sondages électriques, ne semble pas toujours bien maîtrisée.

5.3.4 Lacunes et insuffisances

Les diagrammes et les rapports devraient être systématiquement transmis à la DNHE pour archivage.

L'utilisation des données contenues dans SIGMA permettrait de mettre en évidence l'apport de l'utilisation de la géophysique en terme d'augmentation du taux de réussite, selon les secteurs et les formations prospectées.

Les informations fragmentaires recueillies durant la mission n'ont pas permis ce travail.

5.4. Inventaire des sources

Sans objet au Mali.

5.5. Inventaire des puits et forages

5.5.1 Collecte, traitement

a) Identification des ouvrages

Les points d'eau modernes sont identifiés par le code du village et un numéro d'ordre.

b) Implantation

La localisation des points d'eau est faite à partir des coordonnées calculées sur la carte au 1/20 000.

e) Equipement

Afin d'homogénéiser l'information disponible, des fiches ont été établies de manière à présenter de manière uniforme les caractéristiques du matériel tubulaire et de la pompe. Ces fiches ont été utilisées pour la saisie informatique des données correspondantes.

Les statistiques habituelles sur le taux de remplissage des différents champs d'informations ne sont pas disponibles. Il n'a pas été non plus possible de les réaliser durant la préparation du présent rapport, la communication des données nécessaires ayant été refusée à la mission.

f) Paramètres hydrauliques

La très grande majorité des essais de pompage a été réalisée dans le cadre de programmes d'hydraulique villageoise. Il s'agit d'essais de courte durée: de 2 à 6 heures, le plus souvent réalisés par paliers enchaînés ou séparés par une remontée. On ne dispose généralement pas de piézomètres.

Des essais de longue durée, à débit constant, ont été réalisés presque exclusivement par différents projets PNUD/DCTD. Leur durée varie de 12 à 72 heures et ils ont fait l'objet de suivis à partir d'un ou plusieurs piézomètres.

En ce qui concerne l'interprétation des essais, le projet MLI 84/005 a procédé à:

- la réinterprétation de 600 essais,
- l'interprétation de 1 900 essais non encore interprétés.

A cette fin, ont été utilisées les méthodes classiques suivantes:

- approximation de Jacob,
- méthode de Theis,
- méthode de Hantusch,
- méthode de Boulton.

Certains des essais ont été traités à l'aide du logiciel MWELLS conçu par FRANLAB.

5.5.2 Archivage et Diffusion

Les données ont été stockées dans la base de données SIGMA. Leur accès est restreint.

5.5.3 Qualité des données

Les interprétations ou les réinterprétations réalisées dans le cadre du Projet PNUD/DCTD MLI 84/005 sont un garant de l'homogénéité des interprétations et de la qualité des résultats. Ce type de contrôle devrait être systématisé pour les projets en cours et futurs.

5.5.4 Lacunes et insuffisances

L'absence de N°IRE conduit à l'utilisation des noms de villages qui peuvent être l'objet de modifications. De plus des différences existent entre les noms reportés sur la carte topographique au 1/200 000, ceux retenus lors du recensement de 1979, et ceux couramment utilisés par les habitants. L'attribution de numéros d'inventaire permettrait d'éliminer cet inconvénient pour le repérage des ouvrages. Le plus souvent, il est construit à partir:

- du numéro de la feuille de la carte topographique et
- de la division de chacune des feuilles en 6 ou 24 rectangles codés au moyen d'une lettre,
- du numéro d'ordre de l'ouvrage considéré dans le rectangle correspondant.

Ceci constitue le procédé le plus communément utilisé.

Il ne semble pas que les puits fassent l'objet d'essais de production. La Méthode Simplifiée d'Essais sur les Puits mise au point par le BURGEAP et le CIEH pourrait avantageusement être utilisée.

5.6. Piézométrie

5.6.1 Campagnes de mesures

Il est prévu que les forages et les puits fassent systématiquement l'objet d'une mesure de la profondeur du niveau d'eau, lors de leur achèvement.

5.6.2 Réseaux de mesures

Source d'information: Synthèse Hydrogéologique du Mali - Projet PNUD/DCTD 84/005.

Le réseau comprend fin 1979, 70 sites d'observation équipés de 210 piézomètres constitués par 88 forages et 122 puits. Il a été progressivement mis en place, à partir de 1981, par la DNHE avec l'aide des projets PNUD/DCTD et la participation de plusieurs projets d'hydraulique villageoise: Helvetas, Mali Aqua Viva, KBK, Caritas notamment.

Jusqu'en 1985, ce réseau concernait exclusivement les aquifères fissurés de l'Ouest du Mali et les aquifères d'altérites qui leur sont associés. Il était d'abord destiné à étudier le régime naturel de fluctuation des nappes puis, à partir de 1983, à évaluer les effets d'exploitations locales à débits élevés comme les pompes solaires.

Après 1985, le réseau a été étendu aux aquifères généralisés:

- dans les secteurs influencés par les eaux de surface,
- dans les zones de dépression piézométrique.

De nouveaux sites sont en cours d'installation ou prévus dans les aquifères de l'Est du Mali pour lesquels on ne dispose que de quelques mesures périodiques sur des forages proches de Gao ainsi que pour compléter le réseau sur les aquifères fissurés (Projet de la Coopération Italienne).

La sélection des sites a été faite, mise à part leur accessibilité, de manière à ce que soient représentés les principaux contextes pluviométriques et hydrogéologiques du Mali.

TABLEAU 5.6.1 - Répartition des sites d'observation et des piézomètres par aquifère

AQUIFERES	Code unité Hydrogéol.	Nombre de sites	Nb. de piézomèt.
Socle birrimien	92-93	24	28
Infracambrien	74	16	26
	75	3	3
	71-72	12	21
Cambrien	61	2	6
Continental intercalaire	32	1	1
Continental terminal / Quaternaire	15	10	12
	13	2	4
Recouvrement	0	33	109
TOTAUX		70	210

Nota: Les sites d'observation des nappes superficielles (recouvrement) ne sont pas à additionner car ils sont également des sites d'observation des aquifères fissurés sous-jacents.

Des réseaux locaux d'observation de 3 à 8 piézomètres ont été mis en place sur plusieurs sites d'aquifères fissurés afin de:

- définir plus précisément les variations, à l'échelle locale, de l'amplitude des fluctuations saisonnières du niveau piézométrique, et,
- déterminer l'extension et l'évolution piézométrique de la zone influencée par les pompages sur les sites équipés de pompes solaires.

5.6.3 Archivage et diffusion

Les données sont stockées sur la base de donnée SIGMA. Ces données ne font pas l'objet de diffusion systématiques. La diffusion des fichiers LOTUS correspondants paraît restreinte.

5.6.4 Qualité des données

Source d'information: Synthèse Hydrogéologique du Mali - Projet PNUD/DCTD MLI 84/005.

Lors de la création du réseau, les tournées de mesures ont été réalisées par le personnel de la DNHE. A partir de 1983, l'extension du réseau, la dispersion des sites, ainsi que la nécessité d'accroître la fréquence des mesures lors des variations de niveau en hivernage, ont conduit au recrutement d'observateurs rémunérés sur la majorité des sites.

TABLEAU 5.6.2 - Répartition des sites d'observation selon différents critères influençant la piézométrie

ZONES PLUVIOMETRIQUES

Pluviométrie mm/an	Nb. de Sites
1100-1300	20
800-1000	16
500- 800	24
200- 500	8
200	2

PROFONDEUR DU NIVEAU STATIQUE

Profondeur NS (m)	Nb. de Sites
<10	35
10-20	27
20-30	2
30-40	2
>40	4

EXPLOITATION

Régime	Nb. de sites
Régime naturel ou influencé	59
Régime influencé	11

EAUX DE SURFACE

Type d'eau de surface	Nb. de sites
Zone d'inondation temporaire	7
Retenues collinaires	2

La fréquence des mesures réalisées par les observateurs est la suivante:

- hivernage: mesures journalières sur les forages, deux fois par jour sur les puits,
- saison sèche: 2 à 3 fois par semaine.

Les mesures sont effectuées au moyen de sondes à soufflets ou de double-décamètres à flotteur. Un hydrogéologue de la DNHE collecte les fiches en fin de mois et effectue une mesure de contrôle sur tous les points. En général les différences de niveau avec les mesures faites par les observateurs locaux sont inférieurs à 5 cm et toujours dans le même sens.

Des piézographes ont été installés sur 23 des 210 piézomètres:

- dans les sites où l'exploitation des aquifères fissurés était importante,
- dans le delta intérieur où les conditions d'accès sont difficiles pendant l'hivernage et la période de crue du Niger.

5.6.5 Lacunes et insuffisances

La Figure 5.6.1 a été construite à partir d'un fichier très synthétique communiqué par la DNHE. Il semble que nombre de piézomètres n'aient pas été relevés depuis quelques années, ou bien que les mesures correspondantes n'aient pas été transmises à la DNHE.

Par ailleurs, les statistiques habituelles concernant la fréquence effective des visites sur chacun des points de mesures et l'évolution dans le temps du nombre de relevés effectués à chaque tournée, n'ont pu être effectuées, la DNHE ayant refusé de communiquer les fichiers correspondants.

5.7. Débit des sources

Sans objet au Mali.

5.8. Données sur la qualité des eaux

5.8.1 Collecte, traitement

Jusqu'en 1981, les données sur la qualité des eaux sont très rares. Depuis l'année 1982 durant laquelle le Laboratoire de la Qualité des Eaux est devenu opérationnel, ce service a effectué environ 6 000 analyses. Durant la même période 1 500 autres analyses ont été réalisées par des projets d'hydraulique villageoise. Ces dernières analyses ont été faites de manière sommaire avec des laboratoires de terrains ou par des laboratoires étrangers.

L'ensemble de ces analyses ne porte très généralement que sur les principaux anions et cations, à l'exclusion des éléments traces.

Sur les 6 300 forages équipés de pompes et les 1 500 puits réalisés fin 1988, seuls 3 500 ont faits l'objet d'analyses chimiques.

Environ 7 000 analyses ont pu être retrouvées par le Projet PNUD/DCTD MLI 84/005.

5.8.2 Archivage et diffusion

L'ensemble de ces analyses a fait l'objet d'une saisie informatique. 4 416 analyses ont été publiées sous forme d'annuaire par le Projet PNUD/DCTD MLI 84/005 dans le rapport Caractéristiques Hydro-chimiques des Aquifères du Mali- Septembre 1989.

5.8.3 Qualité des données

Sur les 7 000 analyses saisies, seules 4 416 ont été introduites dans la base de données SIGMA après deux phases de contrôle:

- la première, par programme, basée sur la méthode de la conductivité diluée et sur celle de Dienert,
- la seconde, manuelle.

FIGURE 5.6.1 - Suivis piézométriques - Début et fin des périodes d'observation

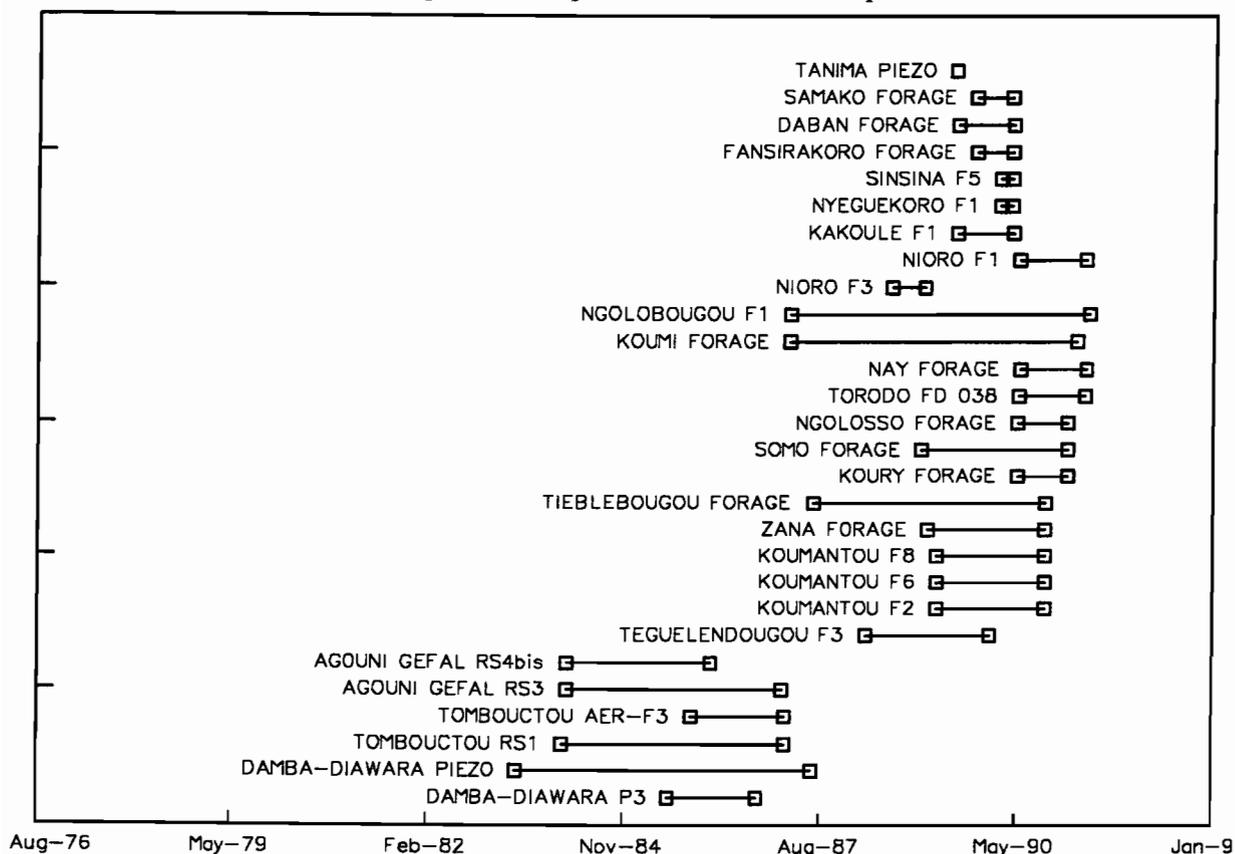


FIGURE 5.6.1 (suite) - Suivis piézométriques - Début et fin des périodes d'observation

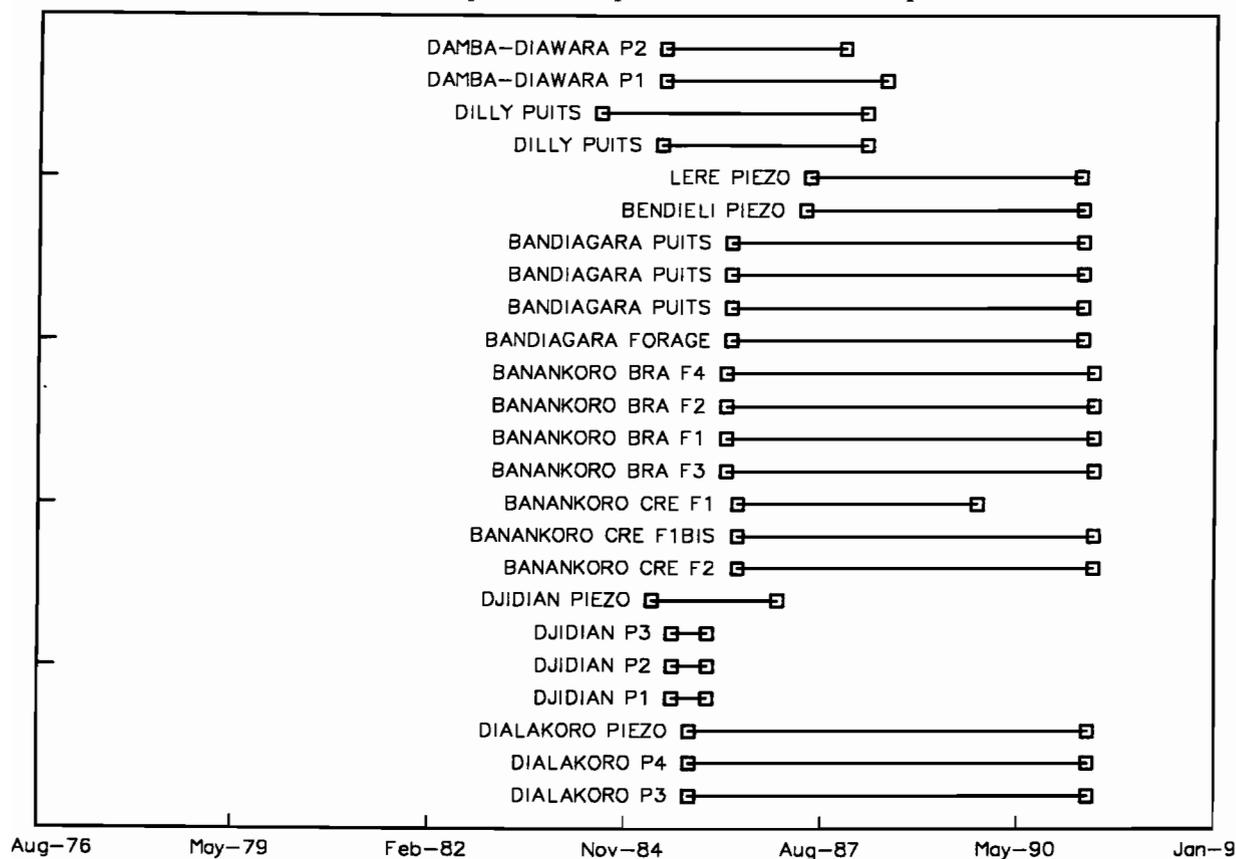


FIGURE 5.6.1 (suite) - Suivis piézométriques - Début et fin des périodes d'observation

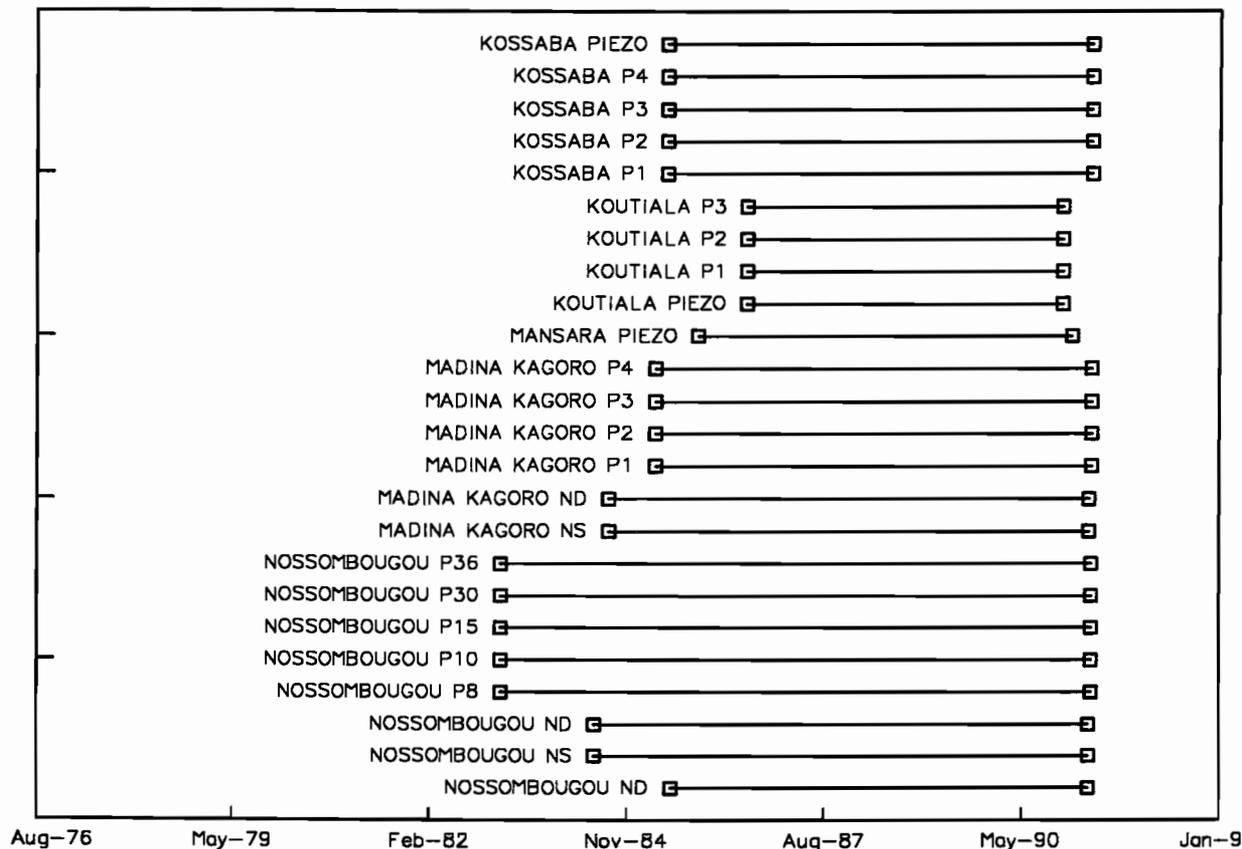


FIGURE 5.6.1 (suite) - Suivis piézométriques - Début et fin des périodes d'observation

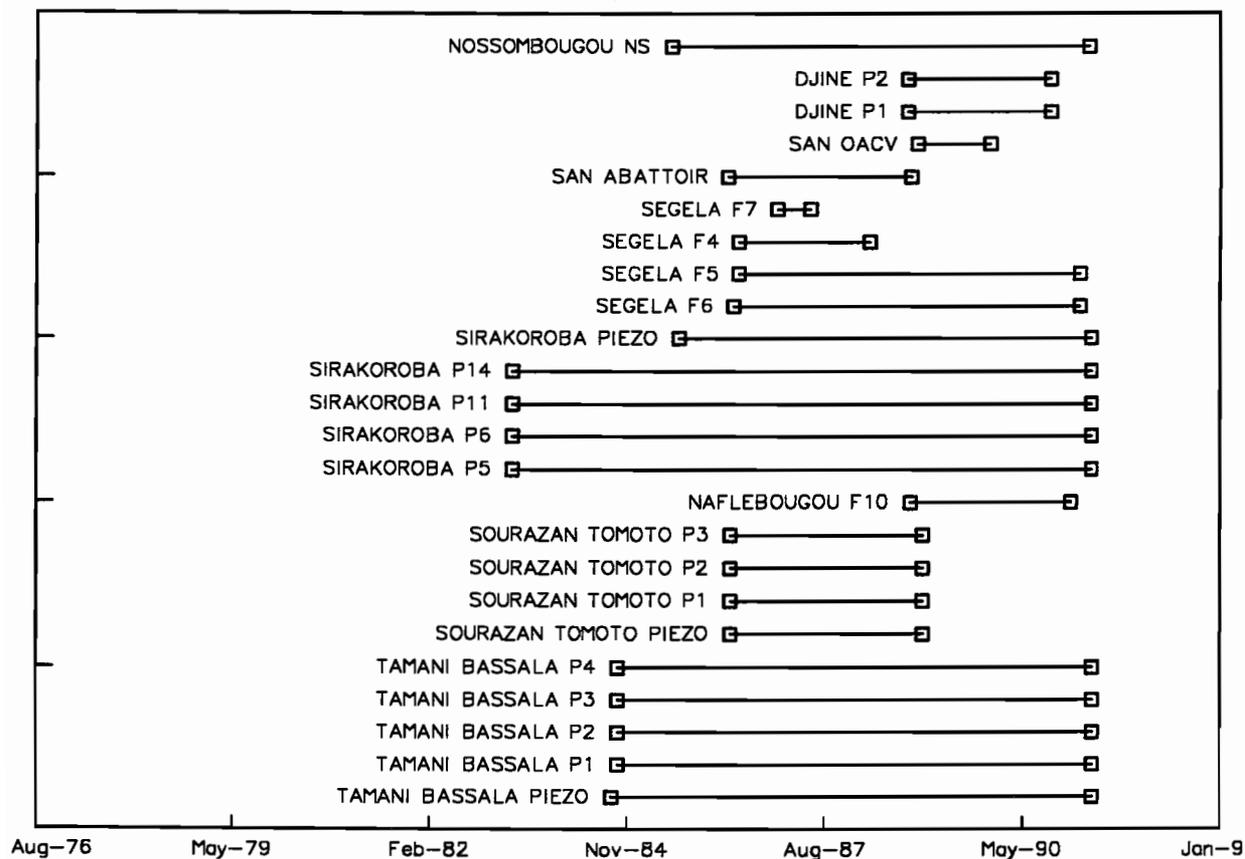


FIGURE 5.6.1 (suite) - Suivis piézométriques - Début et fin des périodes d'observation

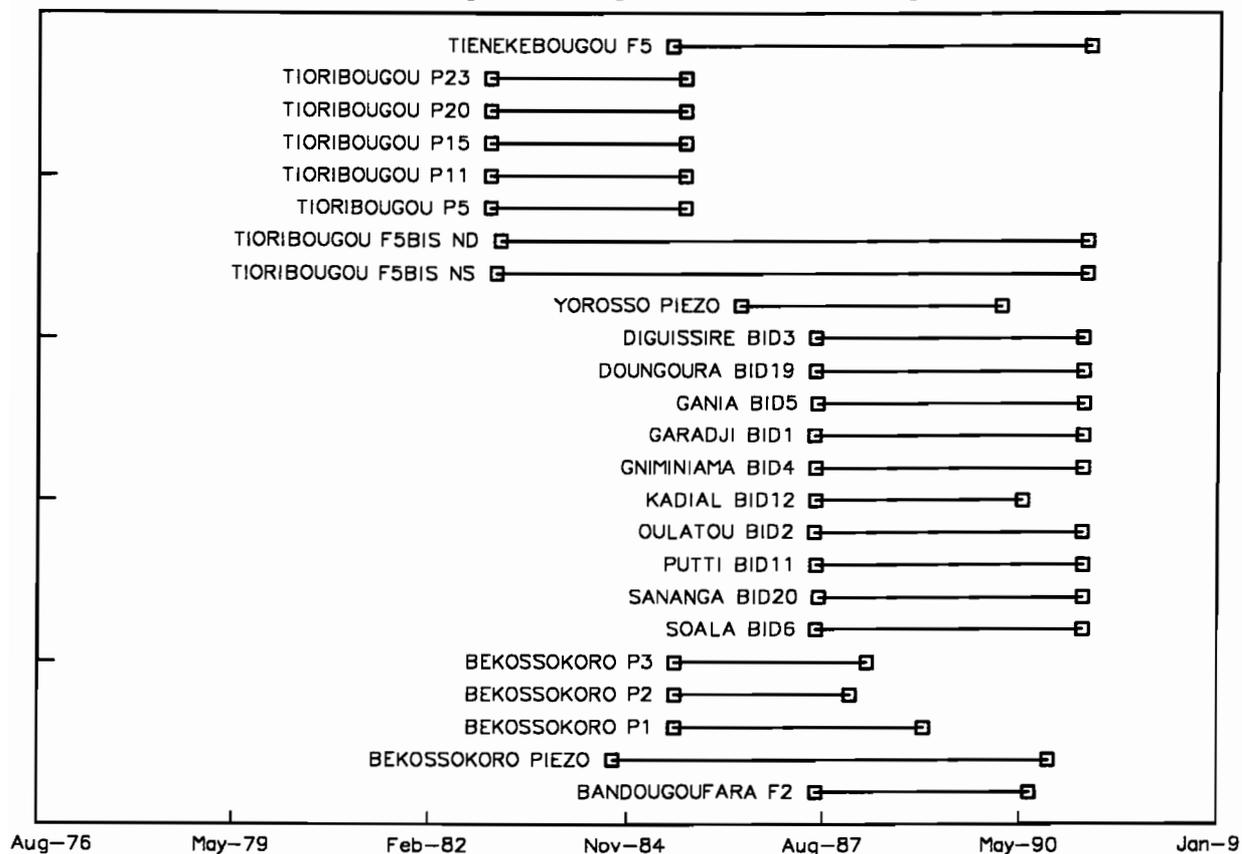


FIGURE 5.6.1 (suite) - Suivis piézométriques - Début et fin des périodes d'observation

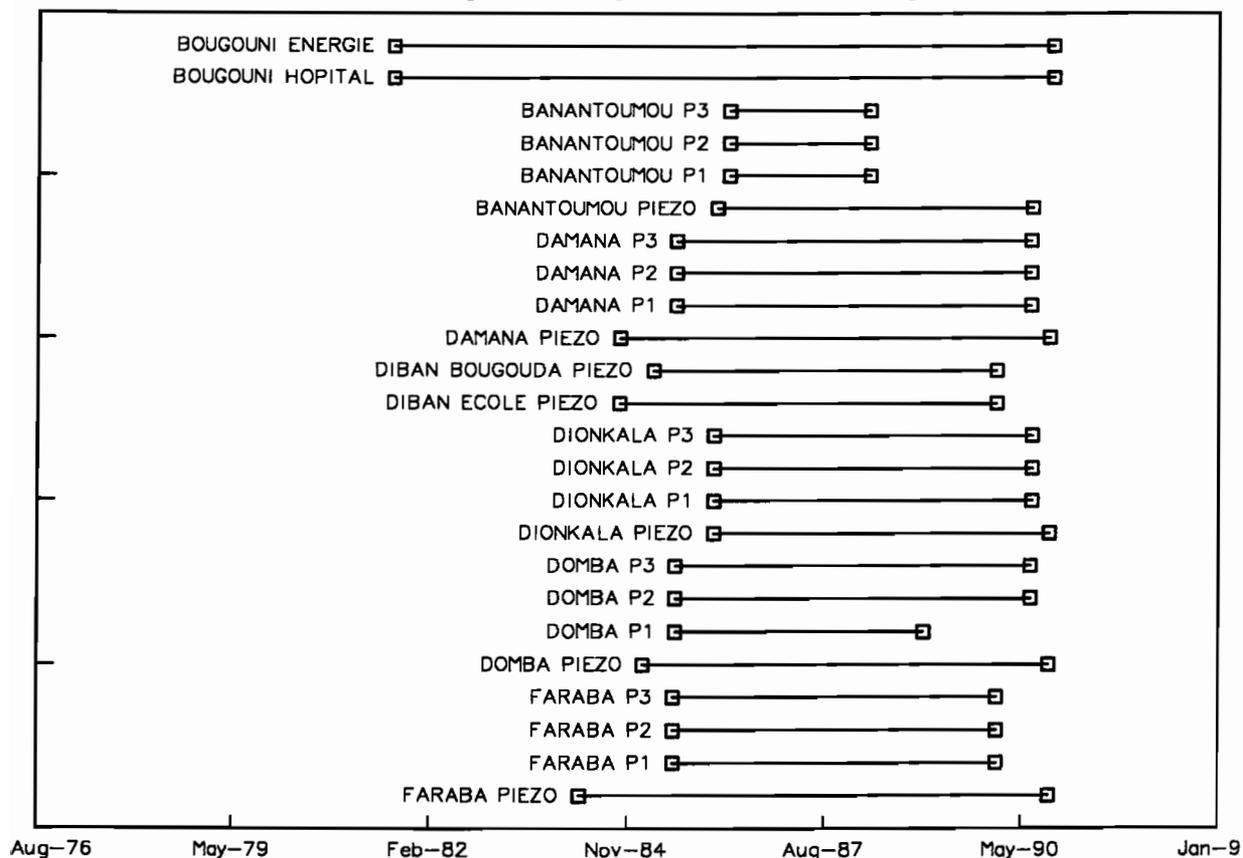


FIGURE 5.6.1 (suite) - Suivis piézométriques - Début et fin des périodes d'observation

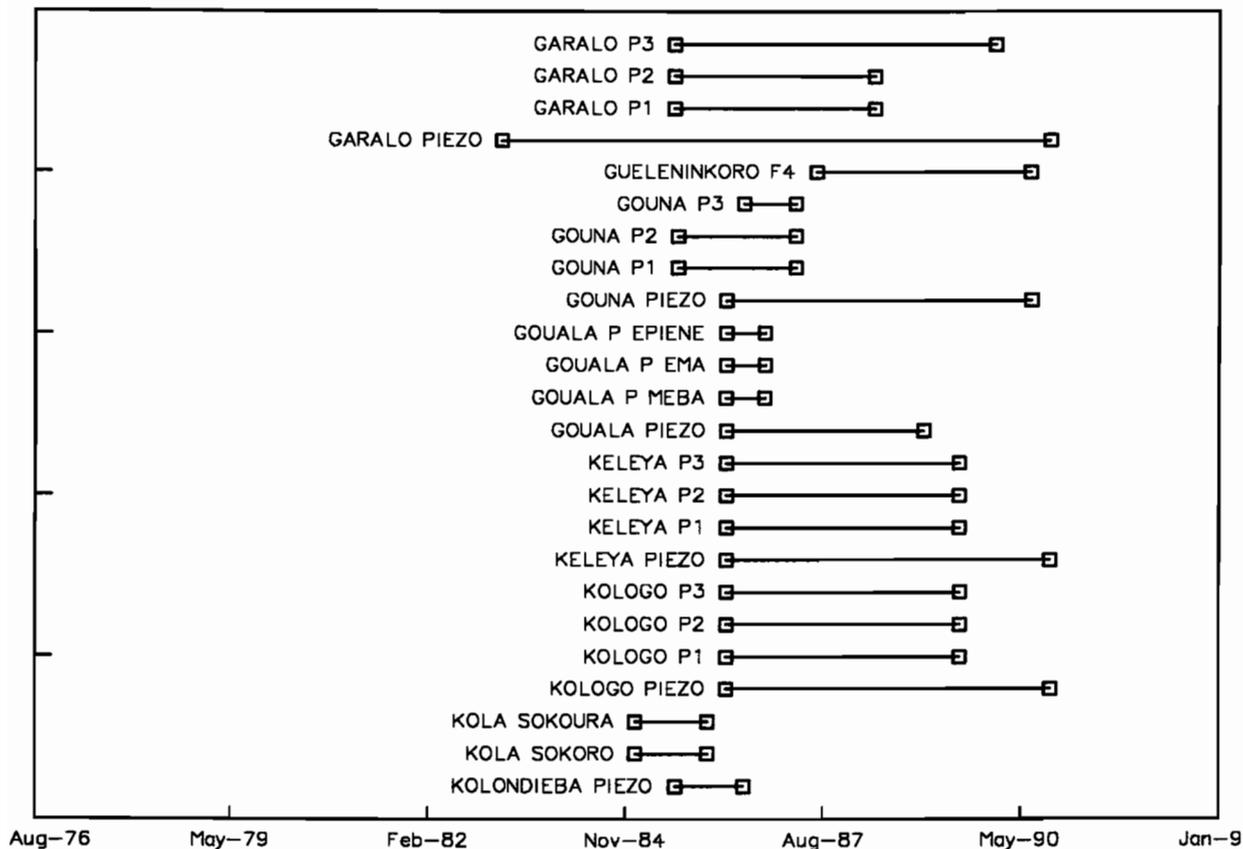
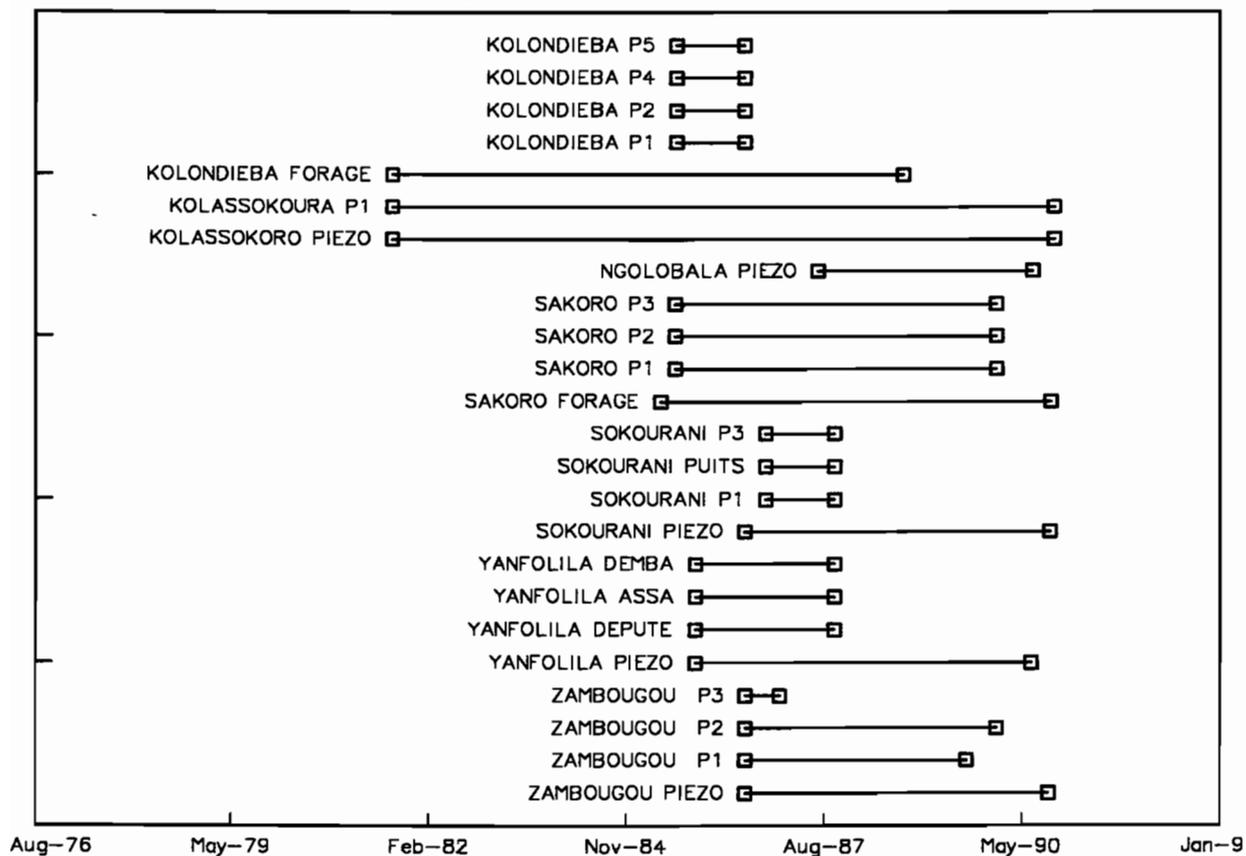


FIGURE 5.6.1 (suite) - Suivis piézométriques - Début et fin des périodes d'observation



3 562 analyses concernent les aquifères discontinus, 134 les aquifères généralisés, et 720 les aquifères superficiels.

Comme cela ressort de la Figure 5.8.1, environ 1 300 forages ont fait l'objet d'un suivi plus ou moins régulier. Cette figure a été produite en:

- sélectionnant tous les forages ayant fait l'objet de plus d'une analyse, puis, en
- éliminant ceux pour lesquels la période de suivi a été restreinte au seul essai de pompage.

Il apparaît qu' en 1983, nombre de forages ont fait l'objet d'une surveillance quasi mensuelle, et que par la suite, une telle fréquence ne se retrouve plus.

5.8.4 Lacunes et insuffisances

Il apparaît que les puits modernes ne font toujours pas l'objet d'une analyse systématique lors de la fin du chantier.

Actuellement, il n'existe pas de réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines.

5.9 Archivage informatique

Deux bases de données ont été réalisées au Mali:

- SIGMA, réalisée par la Projet PNUD/DCTD MLI 84/005, dans le cadre de la Synthèse Hydrogéologique du Mali,
- HVPRO élaborée par le Projet Mali Aqua Viva, avec l'appui technique du BURGEAP et le soutien financier de la Coopération Française.

Par le passé, le Centre de Documentation de la DNHE a disposé d'un logiciel bibliographique permettant de gérer l'ensemble des documents. Cet outil a été réalisé avec l'appui technique et financier de la Coopération Canadienne. Il n'est plus opérationnel.

5.9.1 Base de données SIGMA

Cette base de données a été réalisée dans le but de rassembler l'ensemble des données sur les ressources superficielles et souterraines, en vue de constituer un véritable outil de gestion et de planification. C'est à partir de 1986, que cet outil a été mis en chantier.

La base de données proprement dite est constituée de fichiers au format DBASE III + et de fichiers LOTUS 1 2 3 V2.

L'accès aux fichiers au format DBASE est facilité par un programme permettant une consultation à des utilisateurs non initiés au langage de commandes. Le remplacement de DBASE III + par DBASE IV est prévu.

FIGURE 5.8.1 - Suivi de la qualité des eaux souterraines

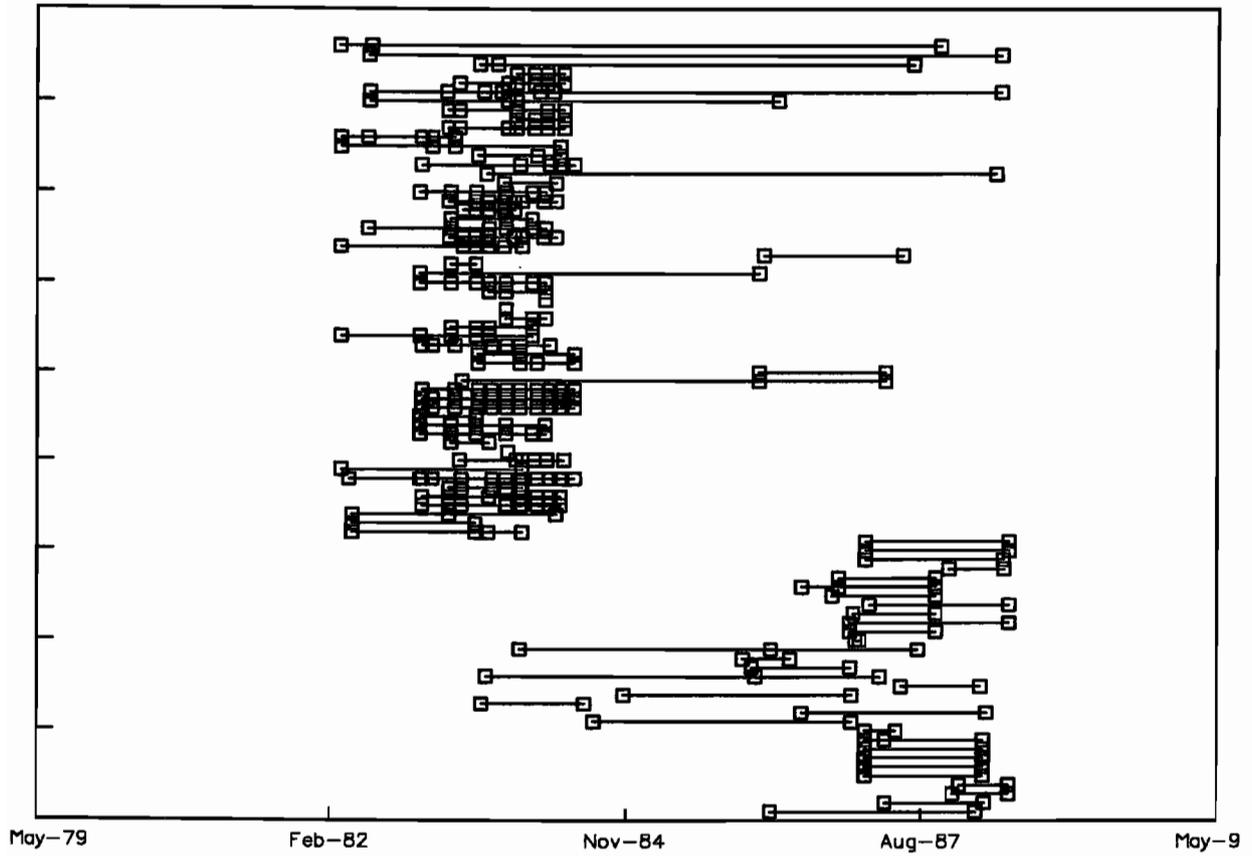


FIGURE 5.8.1 (suite) - Suivi de la qualité des eaux souterraines

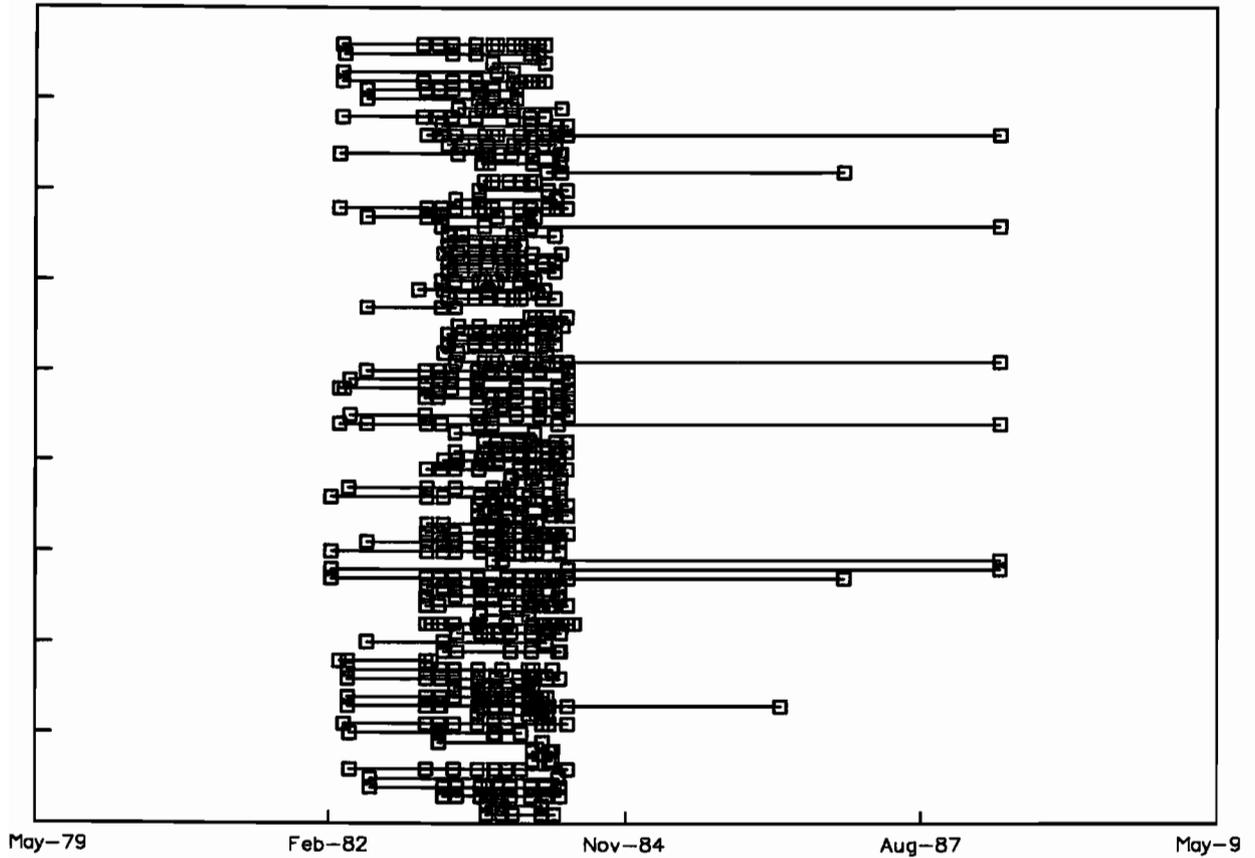


FIGURE 5.8.1 (suite) - Suivi de la qualité des eaux souterraines

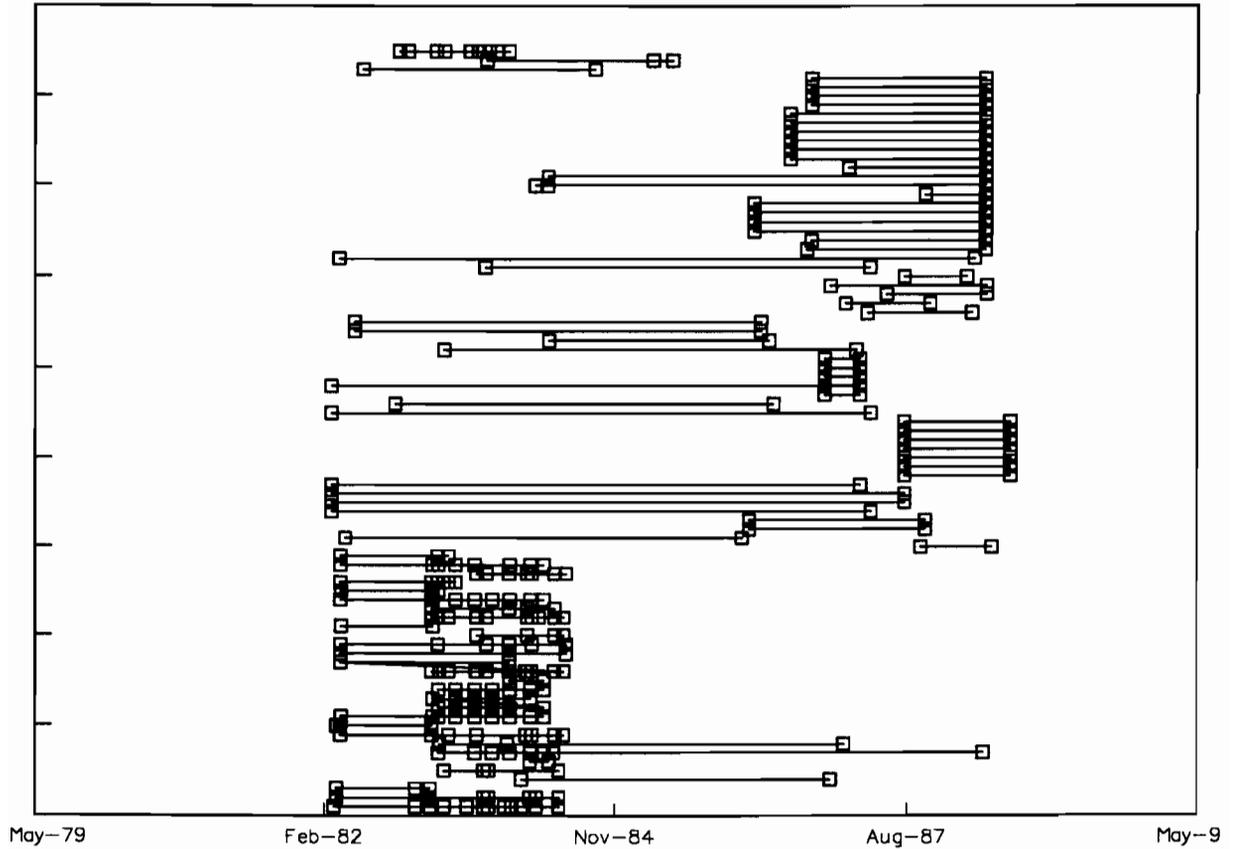
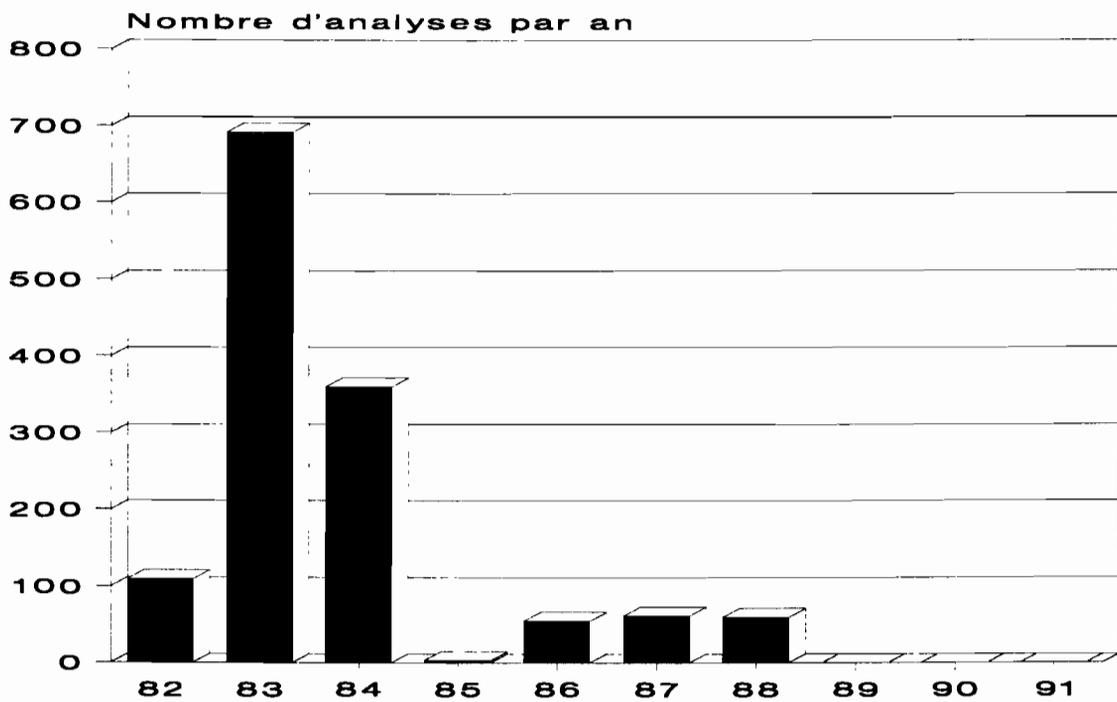


FIGURE 5.8.1 (suite) - Suivi de la qualité des eaux souterraines



ATLAS DRAW a permis la digitalisation des cartes piézométriques et hydrogéologiques. Ce logiciel ainsi qu'ATLAS GRAPHICS ont été utilisés pour les éditions graphiques et cartographiques. ATLAS GIS qui est compatible DBASE, est maintenant utilisé pour ce type de sortie.

Les différents fichiers DBASE sont organisés autour du fichier VILLAGE. En effet le village au sens administratif constitue l'unité territoriale élémentaire utilisée dans la base de données. Les liaisons logiques entre les fichiers et VILLAGE sont assurées par le code des arrondissements et le nom des villages. Le fichier FORAGE est lui-même lié aux fichiers POMPE, POMPAGE D'ESSAI, et ANALYSE au moyen d'un code interne comprenant 2 caractères construits à partir du nom de la carte au 1/200 000, 2 groupes de 2 chiffres correspondant à la longitude et à la latitude.

L'architecture générale de SIGMA fait l'objet de la Figure 5.9.1

Les principaux fichiers de SIGMA ainsi que leur contenu font l'objet du Tableau 5.9.1. Les liaisons entre les fichiers DBASE sont schématisées sur la Tableau 5.9.2. Le contenu de ces fichiers fait l'objet du Tableau 5.9.3.

5.9.2 Base de données HVPRO

Cette base de données est destinée à rassembler les informations disponibles sur:

- les données socio-économiques des villages. Au moment de la mission les résultats des enquêtes réalisées au cours des mois passés étaient en cours de saisie.
- les données techniques, l'état, l'utilisation des points d'eau modernes,
- les puits traditionnels, leur débit et leur utilisation par quartier.

La région couverte correspond au secteur d'intervention du Projet Mali Aquaviva. HVPRO peut être considérée comme l'une des bases de données les plus complètes de l'Ouest Africain.

Cette base de données fonctionne sous DBASE III + et est commandée par des menus enchaînés et/ou déroulants.

La liste des clefs permettant l'interrogation des fichiers fait l'objet du Tableau 5.9.4. D'autres informations existent que celles qui correspondent aux clefs. Elles peuvent être affichées sur l'écran ou imprimées. Parmi celles-ci figure le code du quartier des points d'eau moderne. Cette information est particulièrement intéressante si l'on se réfère à l'étendue des villages et au caractère régional de la base de données.

5.9.3 Transfert d'informations entre les bases de données

Les deux bases de données SIGMA et HVPRO sont toutes deux réalisées sous DBASE III +. Les fichiers ont cependant des structures très différentes. Des programmes ont été réalisés pour importer des données en provenance d'HVPRO dans SIGMA. Il est cependant à noter, que les dernières mises à jours ont été transmises sous forme de documents papier.

TABLEAU 5.9.1 - Contenu des principaux fichiers de la base de données SIGMA

Principaux fichiers DBASE	
CODADN	Codes des arrondissements
CODSEC	Codes des secteurs hydrogéologiques
IAHR_B	Ressources et besoins des villages
IRHADD	Adductions d'eau
IRHCHI	Analyses hydro-chimiques réalisées en fin de travaux
IRHESS	Données concernant les essais de pompages
IRHFOR	Caractéristiques des forages
IRHINV	Inventaire des villages
IRHPOM	Type et caractéristiques des pompes installées
IRHPTS	Inventaire des puits modernes
IRHSOC	Données socio-économiques des villages
IRHVIL	Inventaire des villages
Principaux fichiers LOTUS 1-2-3	
	Etudes isotopiques
	Relevés piézométriques sur le réseau
	Climatologie
	Pluviométrie journalière
	Analyses hydro-chimiques sériées
	Enquêtes diverses
	* Aménagement des eaux de surface
	Gestion des projets d'hydrauliques
	Bibliographie du Projet MLI 84/005
OMEGA	Gestion de matériel: pompes
	* Gestion de matériel: atelier de mécanique

*: fichier en cours de réalisation

TABLEAU 5.9.2 - Liaisons logiques entre fichiers

	IRHVIL	IRHFOR	IRHPOM	IRHESS	IRHPTS	IRHSOC	IRH_B
IRHVIL		1	1	1	1	1	1
IRHFOR	1		2	2	0	0	1
IRHPOM	1	2		1	0	1	1
IRHESS	1	2	1		0	0	1
IRHPTS	1	0	0	0		1	1
IRHSOC	1	0	1	0	1		1
IRH_B	1	1	1	1	1	1	

Légende: 1 CODE_VIL+VILLAGE+NUM
 2 CODE_VIL+VILLAGE+NUM+NOF+PROJ+DATE
 0 Liaison inutile

TABLEAU 5.9.3 - Contenu des principaux fichiers de SIGMA

FICHER:	IRHINV	ENREGISTREMENTS
CONTENU:	INVENTAIRE DES VILLAGES	10 677
CODE_VIL	C 5	CODE ADMINISTRATIF DE L'ARRONDISSEMENT
VILLAGE	C 20	NOM DU VILLAGE (CARTE OU RECENSEMENT)
NUM	C 1	NUMERO/VILLAGE DE MEME NOM DANS LE MEME ARRONDISSEMENT
CARTE	C 4	CODE DE LA CARTE TOPO 1/200000
LONG	N 7	LONGITUDE EN DEGRES DECIMAUX
LAT	N 6	LONGITUDE EN DEGRES DECIMAUX
ALT	N 3	ALTITUDE EN M
CHAMPS INDEX	FICHER INDEXE	
CODE-VIL+VILLAGE+NUM	VICVN	

C: Caractères et longueur de la chaîne

N: Nombre, nombre de digits, nombre de digits décimaux

TABLEAU 5.9.3 (suite) - Contenu des principaux fichiers de SIGMA

FICHER	IRHPOM	ENREGISTREMENTS
CONTENU	POMPES INSTALLEES	6913
CODE_VIL	C 5	CODE ADMINISTRATIF DE L'ARRONDISSEMENT
VILLAGE	C 20	NOM DU VILLAGE (CARTE OU RECENSEMENT)
NUM	C 1	NUMERO/VILLAGE DE MEME NOM DANS LE MEME ARRONDISSEMENT
NOF	C 4	NUMERO DU FORAGE
PROJ	C 4	PROJET FOREUR
MARQUE_POM	C 10	MARQUE DE LA POMPE
TYPE_POMPE	C 6	TYPE DE POMPE
AMEN_POMPE	C 4	AMENAGEMENT EFFECTUES AUTOUR DE LA POMPE
COND_AMEN	C 2	CONDITION DES AMENAGEMENTS
DATE_INSTA	C 5	DATE DE L INSTALLATION DE LA POMPE
PROJ_INST	C 4	PROJET INSTALLATEUR
DARE_OUT	C 5	DATE DE RETRAIT DE LA POMPE
CAUSE_RET	C 3	CODE DE LA CAUSE DU RETRAIT
PROF_CREP	N 4	PROFONDEUR DE LA CREPINE DE LA POMPE
UTIL	C 5	CODE UTILISATION DE LA POMPE
REM	C 50	REMARQUE
CHAMP INDEX	FICHER INDEXE	
CODE_VIL+VILLAGE+NUM+NOF+PROJ	POCVNP	

C: Caractères et longueur de la chaîne

N: Nombre, nombre de digits, nombre de digits décimaux

TABLEAU 5.9.3 (suite) - Contenu des principaux fichiers de SIGMA

FICHIER:	IRHFOR		ENREGISTREMENTS
CONTENU:	DONNEES CONCERNANT LES FORAGES		12751
CODE-VIL	C	5	CODE ADMINISTRATIF DE L'ARRONDISSEMENT
VILLAGE	C	20	NOM DU VILLAGE (CARTE OU RECENSEMENT)
NUM	C	1	NUMERO/VILLAGE DE MEME NOM DANS LE MEME ARRONDISSEMENT
EXTENSION	C	12	LOCALISATION DANS LE VILLAGE
NOF	C	4	NUMERO DU FORAGE DONNE PAR LE PROJET
TYPEEXP	C	7	REUSSITE POINT DE VUE EXPLOITATION
TYPEHYD	C	6	REUSSITE POINT DE VUE HYDROGEOLOGIQUE
PROJ	C	3	CODE PROJET
DATE	C	5	DATE REALISATION
ATEL	C	4	ATELIER DE FORAGE
PF	N	4	PROFONDEUR TOTALE
PT	N	4	LONGUEUR TUBAGE
TUBAG	N	6	TYPE DE TUBAGE EN POUCES OU CM
CRESUP	N	3	PROFONDEUR SOMMET CREPINE
CREPINF	N	3	PROFONDEUR PIED DE LA CREPINE INFER.
CREPLONG	N	3	LONGUEUR DE TUBE CREPINE
AQUIF	C	6	CODE AQUIFERE
UNIT	C	3	CODE SOUS UNITE HYDROGEOLOGIQUE
NS	N	5 1	PROFONDEUR NIVEAU STATIQUE/SOMMET TUBAGE
VES	N	3	PROFONDEUR VENUES D' EAU SUPERIEURE <u>ll</u>
VEP	N	3	PROFONDEUR VRNUES D'EAU PRINCIPALES
VEI	N	3	PROFONDEUR VENUES D EAU INFERIEURES
Q_AL	N	5 1	DEBIT AIR LIFT M3/h
Q_EP	N	5 1	DEBIT DU POMPAGE D ESSAI m3/h
ND	N	5 1	PROFONDEUR NIVEAU DYNAMIQUE
COND	N	5	CONDUCTIVITE ELECTRIQUE
Litho	C	8	CODE LITHOLOGIQUE
ERA	N	3	Epaisseur recouvrement+ALTERATION
GEOPH	L	1	FORAGE IMPLANTE PAR GEOPHYSIQUE Y/N
ANNUAIRE	C	1	ANNUAIRE DANS LEQUEL SE TROUVE LE FORAGE
CHAMPS INDEX			FICHIER INDEXE
CODE-VIL+VILLAGE+NUM			FOCVN
CODE_VIL+VILLAGE+NUM+NOF+PROJ			FOCVNNP
AQUIF			FOA
PROJ			FOP

C: Caractères et longueur de la chaîne

N: Nombre, nombre de digits, nombre de digits décimaux

TABLEAU 5.9.3 (suite) - Contenu des principaux fichiers de SIGMA

FICHIER CONTENU	IRHPTS INVENTAIRE DES PUIITS	ENREGISTREMENTS 1484
CODE-VIL	C 5	CODE ADMINISTRATIF DE L'ARRONDISSEMENT
VILLAGE	C 20	NOM DU VILLAGE (CARTE OU RECENSEMENT)
NUM	C 1	NUMERO/VILLAGE DE MEME NOM DANS LE MEME ARRONDISSEMENT
NOM_PT	C 12	NOM LOCAL DONNE AU PUIITS
TYPE_PTS	C 1	CODE DU TYPE D'OUVRAGE
NO-PTS	C 2	NUMERO D'ORDRE D'INVENTAIRE DES PUIITS
DATE_INV	C 5	DATE DE L'INVENTAIRE
PROF_MAR	N 4 1	PROFONDEUR DU PUIITS / MARGELLE
HAUT_MAR	N 3 1	HAUTEUR MARGELLE / SOL
DIAM	N 3	DIAMETRE DE L'OUVRAGE
AMENG	C 3	CODE AMENAGEMENT DE SURFACE
PER_SURC	N 1	PERIODICITE DE CURAGE/ SURCREUSEMENT EN ANNEE
PROF_NIV	N 4 1	PROFONDEUR NIVEAU D'EAU / MARGELLE
TYPE_NIV	C 1	CODE DU TYPE DE NIVEAU DE MESURE
FLUCT_J	N 3 1	FLUCTUATION DE NIVEAU JOURNALIERE ESTIMEE
FLUCT_S	N 2	FLUCTUATION DE NIVEAU SAISONNIERE ESTIMEE
DEB-J	N 4 1	DEBIT MOYEN DE PUISAGE
AQUIF	C 6	
LITHO	C 6	
COND	N 4	
PH	N 3 1	
CHAMPS INDEX		FICHIER INDEXE
CODE_VIL+VILLAGE+NUM		PTCVN

C: Caractères et longueur de la chaîne

N: Nombre, nombre de digits, nombre de digits décimaux

TABLEAU 5.9.3 (suite) - Contenu des principaux fichiers de SIGMA

FICHIER CONTENU	IRHESS DONNEES DES POMPAGES	ENREGISTREMENTS 3186
CODE_VIL	C 5	CODE ADMINISTRATIF DE L ARRONDISSEMENT
VILLAGE	C 20	NOM DU VILLAGE (CARTE OU RECENSEMENT)
NUM	C 1	NUMERO/VILLAGE DE MEME NOM DANS LE MEME ARRONDISSEMENT
NOF	C 4	NUMERO DU FORAGE
DATE	C 8	DATE DE L ESSAI
METH_POMP	C 2	CODE DE LA METHODE DE POMPAGE
NS	N 5 2	PROFONDEUR DU NIVEAU STATIQUE
ND3	N 5 2	PROFONDEUR DU NIVEAU DYNAMIQUE APRES 3 MINUTES
PAL1_DUR	N 3	DUREE DU PREMIER PALLIER
PAL1_Q	N 4 1	DEBIT
PAL1_RAB	N 5 2	RABATTEMENT EN FIN DE PALLIER
PAL2_DUR	N 3	DUREE DU PREMIER PALLIER
PAL2_Q	N 4 1	DEBIT
PAL3_RAB	N 5 2	RABATTEMENT EN FIN DE PALLIER
PAL3_DUR	N 3	DUREE DU PREMIER PALLIER
PAL3_Q	N 4 1	DEBIT
PAL3_RAB	N 5 2	RABATTEMENT EN FIN DE PALLIER
A	C 6	COEFFICIENT DE LA DROITE S=AQ+B
B	C 6	COEFFICIENT DE LA DROITE S=AQ+B
DC_DUR	N 2	DUREE DE L'ESSAI DE POMPAGE A DEBIT CONSTANT
DC_Q	N 4 1	DEBIT DE L ESSAI DE POMPAGE A DEBIT CONSTANT
DC_ND	N 5 2	NIVEAU DYNAMIQUE FINAL DE L'ESSAI A DEBIT CONSTANT
ETAFIN	C 1	CODE DE L'ETAT FINAL DU ND (ESSAI A DEBIT CONSTANT)
QSPEC	N 4 1	DEBIT SPECIFIQUE
TRANS	C 6	TRANSMISSIVITE
EMAG	C 6	COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT
METH_INT	C 2	CODE DE LA METHODE D'INTERPRETATION
QEXP	N 2	DEBIT D'EXPLOITATION
PIEZOM	L 1	EXISTENCE DE PIEZOMETRIE
NONFICH	C 8	NOM DE FICHIER CONTENANT LES MESURES
CHAMP INDEX		FICHIER INDEXE
CODE_VIL+VILLAGE+NUM+NOF		ESCVNN

C: Caractères et longueur de la chaîne

N: Nombre, nombre de digits, nombre de digits décimaux

TABLEAU 5.9.4 - Base de données HVPRO - Liste des clefs

FICHIER:	FORAGE?.DBF
CONTENU:	DONNEES SUR LES FORAGES ET LEUR ENTRETIEN
VI 5 CODE VILLAGE	FO46 TYPE MARGELLE
FO 2 DATE DES TRAVAUX	FO47 MARGELLE FISSUREE
FO 3 FINANCEMENT	FO48 MARGELLE DEGRADEE
FO 5 TYPE DE TUBAGE	FO49 MARGELLE DECHAUSSEE
FO 6 DIAMETRE DU TUBAGE	FO50 ELEMENTS DEBOITES
FO 7 PROFONDEUR DU RECOU- VREMENT	FO57 PUISARD
FO 8 PROFONDEUR FOREE	FO58 ENCLOS
FO 9 PROFONDEUR TUBEE	FO59 AIRE DE LAVAGE
FO10 PROFONDEUR RECEPTION- NEE	FO60 ABREUVOIR MODERNE
FO11 TOIT DE L AQUIFERE SEDIMENTAIRE 1	FO61 ABREUVOIR TRADITION- NEL
FO12 MUR DE L AQUIFERE SEDIMENTAIRE 1	FO63 CONTREPUITS
FO13 TOIT DE L AQUIFERE SEDIMENTAIRE 2	FO64 DATE INSTALLATION
FO14 MUR DE L AQUIFERE SEDIMENTAIRE 2	FO67 TYPE DE POMPE
FO15 TOIT DE L AQUIFERE SEDIMENTAIRE 3	FO68 POMPE/ SOUS TYPE 1
FO16 MUR DE L AQUIFERE SEDIMENTAIRE 3	FO69 POMPE/ SOUS TYPE 2
FO17 PROFONDEUR VENUE D' EAU 1	FO72 ETAT DE LA POMPE
FO18 DEBIT DE LA VENUE D' EAU 1	FO73 PANNE/ DUREE/ MOIS
FO19 PROFONDEUR VENUE D' EAU 2	FO74 POMPE ET TUBES COINCES
FO20 DEBIT DE LA VENUE D' EAU 2	FO75 POMPE COINCEE
FO21 PROFONDEUR VENUE D' EAU 3	FO76 ELEMENTS TOMBES
FO22 DEBIT DE LA VENUE D' EAU 3	FO77 POMPE DESAMORCEE
FO23 LITHOLOGIE 1	FO78 EXISTENCE ANTERIEURE D'UNE POMPE DANS LE VILLAGE
FO24 LITHOLOGIE 2	FO79 POMPE PRECEDENTE CON- SERVEE DANS LE VILLAGE
FO25 LITHOLOGIE 3	FO82 L EAU COULE ROUILLEE
FO26 AQUIFERE: PCT1,PCT2, PCT3,PCT4	FO83 PRESENCE DE SABLE
FO35 NIVEAU STATIQUE	FO86 CONDUCTIVITE EN MICRO- SIEMENS
FO37 DEBIT DU DEVELOPPEMENT	FO87 pH
FO39 DEBIT MAXIMUM	FO88 EXISTENCE D'UN RESPON- SABLE POMPE
FO41 HAUTEUR COMBLEE	FO89 EXISTENCE D'UN RESPON- SABLE FORME
FO42 FORAGE NEGATIF	FO90 PRESENCE D'UN RESPON- SABLE OUTILS
FO43 PIEZOMETRE	FO91 SAIT REAMORCER LA POMPE
FO44 FORAGE DETRUIT	FO95 SAIT INTERVENIR SUR LA PARTIE INFERIEURE DE LA POMPE
	FO96 TYPE IMPLANTATION
	FO97 DISTANCE PREMIERES CASES

TABLEAU 5.9.4 (suite) - Base de données HVPRO - Liste des clefs

FICHER:	PUITS?.DBF
CONTENU:	DONNEES SUR LES PUITES MODERNES ET LEUR ENTRETIEN
VI 4 VILLAGE	PU46 NOMBRE D'ABREUVOIRS EN BETON
VI 5 CODE VILLAGE	PU47 ABREUVOIRS A REPARER
PU 2 DATE DES TRAVAUX	PU48 DEMANDE D'ABREUVOIRS
PU 3 FINANCEMENT	PU49 ABREUVOIR METALLIQUE
PU 5 PUITES OU CONTREPUITES	PU50 PUITES INUTILISE
PU10 DIAMETRE	PU51 UTILISATION CUISINE/ BOISSON
PU11 MAINTENANCE MARGELLE	PU52 UTILISATION VAISSELLE
PU12 PROFONDEUR DU NIVEAU D'EAU	PU53 UTILISATION LESSIVE
PU13 CURAGE	PU54 UTILISATION JARDINAGE
PU14 PROFONDEUR CUVELAGE	PU55 UTILISATION PETIT BETAIL
PU15 PROFONDEUR CAPTAGE	PU56 UTILISATION GROS BETAIL
PU16 PROFONDEUR TOTALE	PU57 QUALITE DE L EAU
PU17 DATE DE VISITE	PU58 CONDUCTIVITE EXPRIMEE EN MICRO-SIEMENS
PU18 PROFONDEUR CUVELAGE	PU59 DISTANCE AUX PREMIERES CASES
PU19 CUVELAGE CISAILLE	PU60 DISTANCE AUX CASES LES PLUS ELOIGNEES
PU20 RUPTURE DE CUVELAGE	PU61 UTILISATION PAR D'AUTRES CENTRES DE PEUPELEMENTS
PU21 FERRAILLAGE APPARENT	PU62 UTILISATION PAR D'AUTRES VILLAGES
PU22 CAVERNES DANS LE CUVELAGE	PU63 TARISSEMENT
PU23 CAPTAGE/ BUSES INCLINEE	PU64 DEBIT EN JANVIER EN M3/J
PU24 CAPTAGE/ BUSES DEBOITEES	PU65 DEBIT EN FIN DE SAISON SECHE EN M3/J
PU26 PERTES GRAVIER	PU66 ESSAI DE DEBIT
PU27 CAVERNES AU NIVEAU DU CAPTAGE	
PU28 ENSEMBLE CAPTAGE	
PU29 CUVELAGE A REHABILITER	
PU30 CAPTAGE A REHABILITER	
PU31 PUITES A APPROFONDIR	
PU32 JONCTION A REHABILITER	
PU33 EXISTENCE MARGELLE	
PU34 MARGELLE FISSUREE	
PU35 MARGELLE DEGRADEE	
PU36 MARGELLE DETRUITE	
PU37 MARGELLE A REHABILITER	
PU38 EXISTENCE DE POULIES	
PU39 POULIES /TRACTION ANIMALE	
PU40 EXISTENCE DE BOURBIER	
PU41 EXISTENCE D'UN TROTTOIR	
PU42 EXISTENCE D'UNE AIRE D' ASSAINISSEMENT	
PU43 PUITES PERDU	
PU44 EXISTENCE D'UNE CLOTURE	
PU45 EXISTENCE D'ABREUVOIR(S)	

TABLEAU 5.9.4 (suite) - Base de données HVPRO - Liste des clefs

FICHER:	
CONTENU:	DONNEES SUR LES PUITIS TRADITIONNELS
QU1	CODE QUARTIER
QU3	POPULATION DU QUARTIER
QU5	NOMBRE DE PUITIS
QU6	DEBIT M3/H EN JANVIER
QU7	FIN DE SAISON SECHE
QU8	DEBIT TOTAL EN FIN DE SAISON SECHE
QU10	NIVEAU DE L'EAU
V15	CODE VILLAGE
QU11	PROFONDEUR
QU13	QUALITE DE L'EAU
QU14	CONDUCTIVITE DE L'EAU EN MICRO-SIEMENS
QU15	INUTILISE
QU16	UTILISATION: BOISSON
QU17	VAISSELLE
QU18	LESSIVE
QU19	JARDINAGE
QU20	GRAND BETAIL
QU20	PETIT BETAIL
QU22	DISTANCE DES CASES LES PLUS PROCHES
QU25	UTILISATION DE LA MARE, DU MARIGOT OU AUTRE
QU27	URGENCE D'UN EQUIPEMENT

5.10. Modélisation des ressources en eau

Différents modèles hydrogéologiques ont été réalisés au Mali, dans le cadre du projet PNUD/DCTD MLI 84/005: il s'agit d'un modèle d'ensemble des nappes du Mali, et de 5 modèles régionaux.

Le programme MHYDROD2 de Franlab a été utilisé dans tous les cas.

a) Modèle des aquifères du Mali:

Selon les auteurs, les objectifs recherchés sont les suivants:

- vérifier, sur l'ensemble du pays, l'homogénéité et la compatibilité des résultats du traitement par unité hydrogéologique des informations contenues dans la base de donnée SIGMA,
- contrôler les estimations de la recharge par la pluie et les eaux de surface ainsi que celles des apports des nappes au réseau hydrographique,
- évaluer les transferts hydrauliques entre unités hydrogéologiques appartenant au même aquifère et entre aquifères,
- tester l'hypothèse selon laquelle l'évapotranspiration constituerait le principal mode de vidange des aquifères.

Ce modèle comprends 119 mailles d'un degré carré.

b) Modèles régionaux et objectifs

5 modèles régionaux ont été préparés avec pour objectif de simuler en régime permanent et en régime transitoire, des secteurs caractéristiques des conditions hydrogéologiques les plus fréquemment rencontrés au Mali:

- secteur occidental du delta intérieur du Niger: la région modélisée d'une surface de 15 400 km² intéresse l'aquifère du Continental terminal-Quaternaire à l'intérieur de la zone de transition entre le delta actif et le delta fossile.
- secteur de San: la région modélisée couvre près de 900 km² et intéresse un secteur de la bordure méridionale du delta intérieur du Niger et de la plaine alluviale du Bani et de son affluent le Banifing. Sa partie Sud est occupée par des collines de grès infracambriens qui constituent aussi le substratum des alluvions. l'épaisseur des alluvions est d'une trentaine de mètres.
- secteur de Nossombougo: la région modélisée est de 144 km² et intéresse l'aquifère infracambrien tabulaire du plateau mandingue.
- zone de Tombouctou: aquifère du Continental terminal de l'Azaouad Sud, et aquifère Infracambrien plissé de Gourma.
- zone de Bougouni: aquifère du socle.

Le recours à la modélisation de l'ensemble du Mali à l'aide de la méthode des différences finies, appuyée sur les résultats de modèles régionaux constitue une très bonne approche méthodologique du fonctionnement des différents systèmes aquifères. Elle a permis, en particulier de fournir des ordres de grandeur réalistes du bilan de ces systèmes.

CHAPITRE 6

EVALUATION

L'agriculture pour sa gestion, le Génie rural pour les aménagements, l'élevage, l'adduction d'eau potable en milieu urbain et rural, sont consommateurs de données concernant les ressources en eau superficielles et souterraines.

Dans ce qui suit nous détaillerons rapidement les besoins exprimés par les différentes administrations lors de la mission de contact.

6.1. Besoin de données en climatologie

Le secteur agricole est le plus important demandeur de données climatologiques : la DNGR en a besoin pour ses projets d'irrigation, les Directions de l'Elevage et de l'Agriculture en ont besoin pour les suivis des campagnes agro-pastorales.

Les différents projets ou études de factibilité des aménagements hydrauliques sont demandeurs de données concernant l'évapotranspiration et l'évaporation sur plan d'eau libre. Dans ce domaine il existe peu d'observations.

6.1.2 Pluviométrie

6.1.2.1 Evaluation générale

241 postes ont été dénombrés, il n'y en a que 129 qui fonctionnaient en 1989. Après une période de rodage dans la saisie des données sur support informatique il semble que l'on s'achemine vers un nombre de pluviomètres approchant 165.

6.1.2.2 Situation actuelle

la densité des postes pluviométriques est de un poste pour 7500 km², densité inférieure à celle recommandée par l'UNESCO/OMM (1 poste pour 1650 km² dans les zones où l'évaporation potentielle moyenne annuelle est supérieure aux précipitations).

Si l'on retire le tiers Nord-Ouest du Mali qui est désertique, la densité reste en deçà des normes (1 poste pour 5150 km²).

La Carte de la Figure 3.5.5 montre que le nombre de postes par degré carré n'est très insuffisant qu'au-delà de 15° Nord.

6.1.2.3 Situation à venir

Le réseau tel qu'il est, ne demande pas un développement important, mais plutôt un suivi qui permettrait de s'assurer de la qualité des données.

Seule la partie Nord, au-delà de 15° N doit être renforcée.

6.1.3 Climat

6.1.3.1 Situation générale

L'examen effectué au chapitre 3 (paragraphe 3.5.2), montre qu'il est parfaitement possible de disposer des paramètres suffisant pour calculer l'évaporation PENMANN (19 stations synoptiques et quelques stations climatiques). Il y a peu de lacunes dans les relevés de ces stations.

6.1.3.2 Situation actuelle

La densité des postes d'évaporation est inférieure à la norme OMM (55000 km² pour un poste au lieu de 33000 km²). Si l'on excepte le Nord-Ouest du Mali, la densité devient sensiblement égale : 34000 km².

La diffusion des données est bien faite (CF 3.6.); les différents bulletins sont bien orientés vers l'agriculture, problème majeur du pays.

6.1.3.3 Perspectives

La dernière phase du programme AGRHYMET arrive à expiration à la fin 1991, la phase suivante doit intervenir en 1992, avec financement 1993. Les administrations Nationales ont soumis des projets orientés vers les axes agricoles :

- système d'alerte précoce pour les semis et les récoltes par diffusion rapide des informations auprès des services d'encadrement de l'agriculture.
- diffusion des informations climatologiques auprès des Organisations chargées de la lutte anti-acridiens,
- fourniture de données climatologiques aux services de gestion de retenues d'eau et aux organismes d'aménagements et de constructions,
- diffusion de données climatologiques auprès des organisations chargées de la lutte anti-acridiens.

Le réseau pluviométrique et climatologique sera pris en charge par l'Etat. Le budget actuel ne permettra en aucun cas d'assurer une gestion complète correcte de ce réseau.

6.2. Besoins de données en hydrologie

Ils concernent des demandes bien spécifiques :

- connaissance des lignes d'eau des fleuves Bani, Niger et Sénégal au niveau décadaire,
- prévision des hauteurs d'eau, surtout sur Niger et le Bani au niveau des Opérations Riz et des ONG du Delta Intérieur,
- connaissance des apports et des caractéristiques de crues dans la zone Sud (régions de Sikasso et Bougouni),
- débits dans le Delta Intérieur en temps réel: pour la mise au point de modèles de propagation de la crue entre Koulikoro et Niamey,
- évaluation des transports solides, suspensions et charriages,
- qualité de l'eau.

Le réseau actuel est relativement dense en ce qui concerne les grands bassins. Les zones situées dans les parties Sud des grands fleuves sont assez nombreuses, bien qu'inférieures aux normes UNESCO/OMM. Dans les autres zones, le réseau est pratiquement inexistant.

Les études sur petits bassins représentatifs viennent de reprendre, à l'initiative du PNUD, après une période où ce genre d'étude était resté très rare.

6.2.1 Réseau hydrométrique

6.2.1.1 Organisation et densité du réseau

Le tableau 6.2.1 contient une comparaison des normes UNESCO/OMM et de la densité du réseau.

Le calcul de densité a été fait en prenant comme surface de références celle qui concerne la zone où sont susceptibles de se produire des écoulements.

Cette densité est trop faible, mais il convient de distinguer deux situations :

- les fleuves qui disposent de suffisamment de stations pour bien connaître leur régime,
- la zone Sud qui est très sous-équipée en ce qui concerne les petits bassins (correspondant aux "bas-fonds" des Agronomes),

TABLEAU 6.2.1 - Réseau hydrométrique - Comparaison de sa densité avec les normes UNESCO/OMM

nombre / 10 000 km ²	DENSITE RECOMMANDEE				DENSITE REELLE AU MALI
	ARIDE		HUMIDE		
	S	NS	S	NS	
Stations de niveau sans enregistreur	1,2	2,4	12	24	1,4
Stations de niveau avec enregistreur	0,6	1	1	1	0,4
Stations de débit fluvial	1	2	10	20	0,76
Stations de débit solide	0,7	0,4	5	3	0,01
Station de qualité des eaux	0,7	0,4	5	3	0

S: sédimentaire, NS: non sédimentaire

6.2.1.2 Equipement des stations

L'équipement de base des stations comprend toujours une batterie d'échelles limnimétriques. Les stations HYDRONIGER/OMS/OMVS sont équipées de plates formes d'acquisition de données télétransmises. Les plates formes HYDRONIGER sont très difficiles à entretenir en raison du manque de stock de pièces détachées.

De plus, les limnigraphes SEBA se dérèglent facilement et il faut les approvisionner en air comprimé. Les déplacements coûtent extrêmement chers au Mali.

6.2.1.3 Exploitation du réseau

Les Brigades Hydrologiques ont la charge du réseau. Tant que les budgets des divers projets pourront aider la DH, l'état moyen du réseau restera à un niveau correct. Le budget de la DH ne lui permettra pas d'entretenir les échelles de crues et les plates formes s'il n'y a aucun financement extérieur.

6.2.2 Traitement et disponibilité des données

Les logiciels spécifiques à la DH (mis au point par l'assistance) sont difficilement portables. La banque HYDROM est pratiquement complète jusqu'en 1980, avec quelques stations principales jusqu'en 1990. Le reste des données disponibles à la DH est complet pour la dernière décennie.

La DH publie un bulletin mensuel, un bulletin annuel, et un annuaire. Le bulletin annuel analyse la crue des fleuves Niger et Sénégal. Des analyses spécifiques sont réalisées.

Les fiches de mesures de débits sont correctement archivées depuis 1950. Les fichiers historiques des hauteurs et débits journaliers sont disponible sur support informatique dans le format particulier à la DH.

6.2.3 Matériel hydrométrique et véhicules

Le matériel hydrométrique est suffisant en nombre, mais pas en qualité. Il n'existe pas de stock de pièces détachées nécessaire à l'entretien d'un parc important.

Les véhicules constituent le maillon faible de la chaîne. Le réseau routier est souvent très dégradé et les 4x4 en souffrent terriblement. Seuls les projets peuvent investir et entretenir le parc de véhicule.

6.2.4 Personnel

Le personnel est nombreux et de qualité. La formation continue est assurée dans le cadre des projets.

6.3. Besoin de données en hydrologie

6.3.1 Evaluation de la ressource

L'amélioration de la connaissance des ressources en eaux souterraines nécessite:

- la récupération systématique des données recueillies par les Projets et les ONG,
- un contrôle systématique des données transmises à la DNHE: relevés piézométriques et interprétation des essais de pompages. Dans ce dernier cas, pour les puits modernes, on aura recours à la méthode simplifiée d'essai de débit mise au point par le CIEH et le BURGEAP.
- la mise à jour continue des données du système d'information SIGMA, et des résultats des traitements qui peuvent en découler au niveau des unités et secteurs hydrogéologiques,

6.3.2 Pour l'évaluation des risques

6.3.2.1 Sur le plan quantitatif

Les risques de pénurie sont essentiellement liés aux qualités hydrodynamiques de certains aquifères fissurés, mais non à l'importance des pompages. En effet, le volume de ces derniers est encore très faible vis-à-vis des autres flux mis en jeux par le fonctionnement des différents aquifères.

6.3.2.2 Sur le plan qualitatif

Le risque de pollution demeure très localisé. Cependant, ponctuellement, il existe au niveau des centres urbains, semi-urbains et, dans une moindre mesure, dans les villages. Ce risque est lié à la concentration de la population et/ou à la présence d'industrie.

Un réseau de contrôle de la qualité de la nappe doit donc être défini, et suivi.

CHAPITRE 7

RECOMMANDATIONS

7.1. Introduction

Les Administrations en charge de la ressource en eau, qu'il s'agisse de la Direction de la Météorologie Nationale ou de la Division Hydrologie de la Direction Nationale de l'hydraulique et de l'Energie, semblent capables d'assurer correctement leurs tâches respectives, si les moyens de fonctionner et une assistance ponctuelle leur sont fournis.

En ce qui concerne l'Hydrologie, la tradition qui existe à la Division Hydrologie, le niveau de formation actuel du personnel, doivent servir de base à un équilibrage et à un renforcement du réseau hydrologique national.

7.2. Pluviométrie et climat

7.2.1. Structure gestionnaire

7.2.1.1. Organisation générale

La Direction de la Météorologie Nationale est bien structurée, les moyens provenant du programme AGRHYMET (et la contre-partie) ont permis de fonctionner jusqu'à présent. Le problème du financement risque de se poser à la fin de la présente phase (fin 1991).

Les locaux de la DMN ont un besoin urgent d'agrandissement et de modernisation. Il faudra de plus améliorer tout le système d'entretien du matériel.

La gestion est centralisée; les conditions actuelles de possibilité d'alimentation en énergie électrique ne permettent pas une décentralisation, même limitée, de la gestion du réseaux.

7.2.1.2. Personnel

Les Agents de la DMN sont suffisamment nombreux pour mener à bien la tâche qui est confiée à leur organisme. Le niveau des cadres et leur nombre (15 de classe 1) montre bien tout l'intérêt apporté par le Gouvernement Malien à son réseau météorologique.

7.2.2. Réseaux

7.2.2.1. Taille et densité

Le réseau pluviométrique est suffisamment dense pour être représentatif des précipitations dans les zones à haute densité de population. Les moyens de gestion d'un réseau plus important seraient d'un coût beaucoup trop élevé. Ce qui est souhaitable c'est l'amélioration du fonctionnement du réseau actuel. Plus particulièrement le fonctionnement des appareils, pluviographes en tête.

Le maillon de la chaîne le plus faible est constitué par la transmission des données. Les transmissions radio ne peuvent fonctionner en raison de pannes chroniques des alternateurs. Il conviendrait de remplacer ces appareils par des panneaux solaires.

7.2.2.2. Equipement

L'équipement des stations serait suffisant s'il était en bon état de marche. Dans la prochaine phase du projet AGRHYMET, il est souhaitable que soient prévues des tournées d'entretien. Il est important de programmer le remplacement du matériel vétuste, anémomètres, baromètres, etc...).

Nous recommandons l'installation, à titre de test, de stations automatiques multicateurs (par exemple EOLE) qui peuvent transmettre automatiquement les données via METEOSAT. Il faudra tenir compte des frais d'abonnement à la télétransmission.

Il est indispensable d'installer des microcentrales solaires afin de fournir l'énergie indispensable au bon fonctionnement des stations et de la transmission des données.

Il faut prévoir un renforcement des moyens de déplacement des équipes de contrôle et d'entretien ainsi que le fonctionnement y afférant (carburant - entretien des véhicules et indemnités).

7.2.3. Données

7.2.3.1. Informatisation

Il est nécessaire que soient saisies toutes les données transmises par les stations climatologiques en plus de celles des stations synoptiques.

Une modernisation de plusieurs postes informatiques est à prévoir de manière à accélérer le fonctionnement de CLICOM. Les pluies journalières peuvent être saisies sous PLUVIOM (logiciel ORSTOM) qui est d'un maniement relativement léger, puis le transfert sous CLICOM, qui peut servir de base de données, est fait par logiciel. PLUVIOM pouvant directement effectuer les études statistiques classiques (par le biais de DIXLOI).

Le transfert de la banque ORSTOM (origine des stations à 1980) doit être effectuée rapidement, de même que les observations existantes sous d'autres systèmes tels que ceux d'AGRHYMET et de la chaîne SYGMA (climatologie et pluviométrie).

La création de la base de donnée doit déboucher sur la publication d'un atlas climatique du Mali.

7.2.3.2. Pluviographie

Le dépouillement des données stockées à la DMN sous forme de diagrammes doit être réalisé prioritairement. Les archives risquent en effet de se dégrader et d'être difficilement exploitables dans le futur.

A cet effet, un équipement spécifique pour le dépouillement des données pluviographique doit être acquis (table à digitaliser format A3). Les dépouillements peuvent être réalisés automatiquement grâce à PLUVIOM par exemple. Ces dépouillements réalisés, il conviendra d'effectuer l'analyse statistique des intensités et de publier

une note de synthèse qui sera disponible pour les aménageurs. Le document de projet n°1 en annexe B propose un renforcement des activités dans le domaine du traitement des données pluviographiques.

7.3. Eaux superficielles

7.3.1. Structure gestionnaire

7.3.1.1. Organisation générale

La Division Hydrologie de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie est bien structurée et il ne convient pas de modifier cet organisme profondément. La réforme qui doit intervenir ne peut être jugée actuellement. L'expérience, si elle a lieu, en montrera la justesse et éventuellement les limites.

La Division Hydrologie pourrait, à l'occasion de son renforcement, devenir organisme "comptable" des utilisateurs de l'eau et par suite effectuer un bilan annuel de la consommation d'eau.

7.3.1.2. Personnel

Nous pensons que le personnel est suffisant en nombre et en qualification. Par contre, bien que le niveau de qualification actuelle puisse paraître correct, il est souhaitable que les Techniciens Supérieurs et les Ingénieurs chargés du réseau et des études effectuent des stages de formation continue dans les services Africains ou rattachés (exemple ORSTOM DAKAR) qui traitent des mêmes problèmes que ceux qui existent au Mali. Les stages de huit semaines organisés à Montpellier concernant l'hydrologie opérationnelle en zone tropicale et sahélienne seraient très profitables aux Ingénieurs et Techniciens de la DH; ils auraient, de plus, l'avantage de ne pas priver le service de ces Agents pendant trop longtemps.

7.3.2. Réseaux

7.3.2.1. Taille et densité

Le réseau installé sur les grands fleuves est suffisant. Par contre il est indispensable de développer l'hydrologie sur petits bassins expérimentaux qui outre les résultats obtenus permet d'assurer une qualification importante aux Hydrologues.

La densité du réseau ne correspond pas aux normes OMM/UNESCO, mais vu l'importance de la zone quasi-désertique au Mali, il ne paraît pas indispensable de faire évoluer positivement cette densité. L'impact de l'évolution sur la gestion de la DH serait probablement néfaste à la qualité de cette gestion.

Les bassins représentatifs du Sud étudiés dans le cadre du projet BAS FONDS (financement CEE) doivent être intégrés dans la banque de données de la DH, de même que les résultats obtenus dans le cadre du projet MLI/90/002 : "Etude de dix petits bassins versants <50km²"; dans ce dernier cas, les observations sont financées que pour une année; un financement doit être recherché pour la poursuite des observations pendant 3 ou 4 années.

Il est indispensable de réaliser des mesures de débits solides systématiques, au moins lors des mesures de débit.

7.3.2.2. Equipement

Les équipements hydrométriques sont suffisants mais doivent être révisés ou complétés. Il est recommandé d'envoyer en stage deux Techniciens de la DH à l'ORSTOM DAKAR afin de se spécialiser dans la réparation du matériel de mesures et la gestion des stocks de pièces de rechange.

Le problème posé par l'entretien des stations HYDRONIGER doit être résolu; soit par le remplacement des limnigraphes "bulle à bulle" par des capteurs de pression type CHLOE, soit par le remplacement de ces plates-formes par des PH18 identiques à celles de l'OMVS.

Un accord doit être passé entre la DNHE et les organismes régionaux ou internationaux en ce qui concerne les installations de ces organismes, plus particulièrement la gestion de l'entretien des plates formes OMS et OMVS.

7.3.3. Donnees

7.3.3.1. Traitement

Afin de connaître les stations principales prioritaires du fleuve Niger et de disposer d'un modèle de prévision pour les aménagements hydro-agricoles il est nécessaire d'établir un modèle de propagation de la crue entre le Haut Bassin en GUINEE et Koulikoro; puis entre Koulikoro et DIRE. Plus en aval, le modèle actuel existant fonctionne correctement.

Les techniques de modélisation, basées sur l'analyse des temps de propagation, permettent de résoudre, non seulement les problèmes de prévision, mais aussi de transformation des hauteurs en débits aux stations installées dans les zones deltaïques (bief Ke Macima - Tossaye sur le Niger et Beneni Kegny - Mopti sur le Bani). L'utilisation de cette technique est indispensable pour la bonne compréhension du fonctionnement du Delta Intérieur et la réalisation de bilan hydraulique entre le système Koulikoro/Douna et Koryoume.

Le bilan hydraulique doit permettre de cerner les prises des aménagements et leur impact sur le transfert de la crue dans le Delta Intérieur.

L'équipement informatique de la DH doit être sérieusement renforcé. Plusieurs postes de travail doivent être acquis. Ce matériel doit être constitué de quatre postes compatibles PC, niveau 386 SX20 minimum, disque dur de 80 à 100 Mo de capacité et système de sauvegarde à disques amovibles. Pour la sortie de l'annuaire et les publications il faut acquérir une ou deux imprimantes laser type HP laserjet III ou IIIP (où compatibles), deux tables à digitaliser format A3 directement gérées par HYDROM. Les tableurs actuels permettent de se passer de traceurs, le même travail étant réalisé avec les imprimantes laser.

7.3.3.2. Archivage

La création ou mise à jour d'une base de données doit être réalisée à partir du logiciel HYDROM. Pour cela il sera nécessaire d'incorporer à cette banque les données déjà saisies sur le bassin du Sénégal et la totalité des données saisies par l'ORSTOM (banque de données HYDROM MALI sensiblement à jour pour toutes les stations jusqu'en 1980). Seules les données récentes seraient donc à saisir.

Les logiciels de traitements statistiques ORSTOM seront demandés par la DH à cet organisme pour sa Section Etudes Hydrologiques.

La mise en banque de données des mesures de débit doit être entreprise, de même que les historiques des stations et les rapports de tournées.

7.4. Eaux souterraines

7.4.1 Structure organisationnelle

Deux opérations doivent être réalisées à brève échéance:

- la structuration de la cellule informatique à l'issue du projet PNUD/DCTD MLI 84/005,
- l'équipement du service de documentation.

a) Cellule informatique et accès au système d'information SIGMA

En premier lieu, il s'agit de maintenir un encadrement technique capable d'assurer la maintenance des logiciels réalisés, ainsi que la mise à jour des données et l'ajustement correspondant du résultat des traitements.

En second lieu, la diffusion systématique des données rassemblées et des résultats qui en découlent est impérative. Cette diffusion concerne les autres services de la DNHE et d'autres administrations utilisatrices de ressources en eau, les projets et les ONG.

En effet deux causes peuvent entraîner l'abandon du système d'information actuellement disponible:

- l'absence de mise à jour: les données et les résultats ne seraient plus d'aucune utilité pour les différents utilisateurs potentiels,
- la difficulté d'accès se traduisant essentiellement par des délais d'attente importants et non compatibles avec les calendriers de réalisation.

Par exemple, le service hydrogéologique de la DNHE est amené à gérer simultanément, en moyenne, une dizaine de projets. Si des dispositions particulières ne sont pas prises, on peut s'attendre à des période de saturation de la cellule informatique, d'ou un délai important aussi bien pour la mise à jour que pour les traitements.

Il est donc souhaitable que les principaux utilisateurs puissent bénéficier d'une certaine autonomie qui pourrait être assurée au moyen de matériel informatique propre, permettant le stockage des données concernant leur zone d'activités et des logiciels permettant les traitements qui les intéressent. Il s'agit donc de créer des sous-systèmes d'information régionaux à partir du système central. Ceci éviterait, comme cela est la règle actuellement, que chaque projet crée son propre système, plus ou moins compatible avec le système central.

Atteindre ce stade d'homogénéisation de l'informatisation des données, nécessite une parfaite coordination entre les différents bailleurs de fonds, les administrations et leurs services, ainsi qu'avec les autres intervenants tels que les Bureaux d'Etudes et les ONG.

b) Service de documentation

Le service de documentation a déjà bénéficié d'une assistance technique. Il était, à cette époque, doté d'un outil informatique. Cette outil a été abandonné du fait de l'insuffisance:

- de formation du personnel national,
- de la maintenance du matériel et du logiciel,
- de la gestion de la documentation, en partie causée par l'absence de moyens de reproduction appropriés.

A ces différentes causes s'ajoutent les départs et/ou les mutations au sein de l'Administration.

La situation actuelle est caractérisée par:

- la perte des documents précédemment rassemblés par la DNHE,
- la disparition de tout ou partie des informations correspondantes du fait des mauvaises conditions de stockage,
- la perte des nouveaux documents et l'absence de leur diffusion.

Le service de documentation doit donc être restructuré et des consignes de gestion élaborées et appliquées. Les conditions de conservation, l'équipement informatique et de reproduction doivent être complètement revus.

7.4.2 Taille et densité du réseau

a) Réseau piézométrique:

Il apparait qu'un certain nombre des points d'eau régulièrement relevés ne sont pas significatifs: ceci est lié au fait qu'il s'agit généralement de forage très peu ou pas productifs non équipés de pompe pour cette raison. Une évaluation complète n'a pu être réalisée au cours de la mission, l'information nécessaire ayant été refusée à la mission.

Si l'on fait abstraction de la remarque précédente, le suivi du réseau actuel est, à présent l'objectif prioritaire. On peut considérer, qu'avec 70 sites, il représente une couverture minimum du territoire malien.

L'association de différents projets aux relevés est une bonne solution à l'heure actuelle, les Directions Régionales de l'Hydraulique n'étant pas encore opérationnelles.

A terme, lorsque les Direction Régionales de l'Hydraulique seront implantées, une extension pourra être envisagée.

b) Réseau qualité

Ce réseau est à créer de toute pièce. Il est essentiel pour contrôler l'impact des aménagements sur la ressource en eau souterraine. Il doit, en particulier permettre de contrôler l'évolution de la qualité des nappes dans les centres urbains et éventuellement l'influence des rejets industriels et des décharges. Cette opération est prévue dans l'un des projets présentés en Annexe B.

7.4.3 Bases de données

La pérennité de l'outil informatique mis au point dans le cadre du Projet PNUD/DCTD MLI 84/005 nécessite:

- la formation permanente de personnel au sein d'une Cellule Informatique et de Planification à mettre sur pied à l'issue du projet ci-dessus. La poursuite d'une assistance technique doit être mise en place, compte tenu de l'intention du PNUD de ne plus poursuivre ce type d'opération au Mali.
- la mise à jour des données nécessite:
 - . une collaboration étroite entre les différents projets et la DNHE. Ce n'est pas toujours le cas: à ce jour, on assiste à une rétention de données de la plupart des ONG, pour des raisons qui ne sont d'ailleurs pas claires. Par ailleurs, tant que l'accès aux informations contenues dans la base de données sera restreinte, les projets seront en général peu motivés pour une telle collaboration.
 - . la possibilité pour la future cellule informatique et de planification d'être en mesure de réaliser rapidement les extractions et les traitements qui lui sont demandés par les projets ou les autres services et administrations.

La non réalisation de l'une de ces conditions conduira inéluctablement à l'abandon de l'outil informatique construit. L'une des fiches de projet de l'Annexe B couvre cette aspect de l'activité de la DNHE.

Alimentation de la base de données par les autres logiciels implantés par les différents projets

Ces derniers outils ne répondent pas toujours aux mêmes objectifs de planification que la base de données SIGMA. Lors du démarrage des projets les Consultants ou Bureaux d'Etudes doivent donc être clairement avertis des données qui leur sont demandées et de la manière dont elles doivent être présentées: type de fichier, format, système d'exploitation. Cette manière de procéder permettrait de simplifier, dans un premier temps, les procédures d'importation et/ou d'éviter une deuxième saisie des informations. Une autre solution, plus efficace, est présentée dans l'une des fiches de projet de l'Annexe B.

7.4.4 PERSONNEL

Le personnel de la DNHE affecté aux eaux souterraines paraît actuellement en nombre suffisant. Ceci ne préjuge pas du résultat des restructurations en cours lors de la mission.

Trois axes de formation sont à envisager: gestion de projet, technique, gestion de la documentation.

Le premier est destiné à systématiser les procédures utilisées par les Directeurs nationaux et leurs collaborateurs.

Le second devrait porter essentiellement sur:

- l'utilisation des photos aériennes et des images satellite,
- l'utilisation de différentes techniques utilisées dans le domaine de la prospection hydrogéologique, et leur choix selon le contexte physique du secteur d'étude,
- la conduite et l'interprétation des essais de pompage,
- l'utilisation de la micro-informatique: tableur, traitement de texte, interprétation de la géophysique, interprétation des essais de pompage,

- utilisation et mise à jour de la base de données SIGMA, comme cela est mentionné au paragraphe précédent,
- modélisation hydrogéologique,

Ce dernier point porte essentiellement sur les outils de modélisation utilisés lors de l'élaboration du Schéma Directeur et sur l'acquisition de programmes récents.

Les termes de référence élaborés par le CIEH, font état d'une demande de formation:

- d'hydrauliciens et
- d'électro-mécaniciens chargés de l'entretien des stations de pompage.

Cette demande n'a pas été renouvelée pendant la mission. Il est d'ailleurs à noter que ces qualifications sont éloignées de la connaissance des ressources en eau, objet de la présente synthèse.

7.4.5 Equipement

a) Service hydrogéologie de la DNHE

Le matériel de forage appartenant en propre à la DNHE doit être réhabilité. Il s'agit de 4 sondeuses, les 5 autres étant hors d'usage.

Le matériel de mesures de terrain fait totalement défaut: sondes électriques, conductivimètres, boussoles, topofil, stéréoscope de poche ...

Il serait hautement souhaitable que le Service acquière le matériel informatique qui lui fait actuellement totalement défaut: micro-ordinateurs portables, table à digitaliser, traceur.

b) Laboratoire de la qualité de l'eau

Un complément de matériel est à prévoir pour élargir le nombre d'éléments analysés par ce service. Une liste détaillée est fournie en Annexe B.

c) Service de documentation

Ce service doit acquérir:

- de l'équipement pour le rangement des archives: rapports, cartes, photo-aériennes
- un micro-ordinateur et une imprimante,
- du matériel de reprographie: photocopieuse, tireuse de plan.

7.4.6 Entretien

Comme ailleurs en Afrique Sub-Saharienne, l'entretien du matériel est l'une des clefs du fonctionnement des services techniques.

Très généralement, la maintenance des équipements n'est assurée que pendant les projets qui en ont permis l'acquisition. Ce matériel est ensuite, très généralement aussi, remis aux administrations concernées. L'entretien est ensuite très réduit ou complètement absent, le plus souvent pour les raisons suivantes:

- absence de budget, qui est la principale cause,
- absence des coordonnées du fabricant et absence de représentant sur place,
- difficulté d'acheminement du matériel chez le constructeur,
- manque de formation de personnel pouvant assurer l'entretien courant.

A l'exclusion du dernier point, la conservation du matériel en état de fonctionnement, serait facilitée si les bailleurs de fonds favorisaient l'acquisition d'équipement auprès de représentants implantés localement ou régionalement, et ceci, quelque soit la nationalité du constructeur. Il est vrai que les coûts sont plus élevés à l'achat, mais on peut attendre de ce mode d'acquisition, une durée de vie accrue du matériel. Par ailleurs, l'accroissement du volume des achats locaux permettrait de négocier des prix plus bas.

Toute acquisition de matériel devrait être accompagnée:

- soit de la mise en place d'une ligne budgétaire complémentaire sur le budget du service concerné,
- soit de la poursuite de l'action du bailleur de fond au delà de la fin du projet.

7.5. Projets identifiés

Les recommandations décrites ci-dessus ont permis délaborer les documents de projets présentés à l'Annexe B. La liste de ces projets fait l'objet du Tableau 7.5.1.

TABLEAU 7.5.1 - Récapitulatif des projets identifiés

NO	Agence Gouvernementale	Titre	Montant US \$
MLI/01	Direction de la Météorologie Nationale	Traitement des données pluviographiques	142 500
MLI/02	DNHE, Division Hydrologie	Modernisation et renforcement de la Division Hydrologie	1 384 000
MLI/03	DNHE, Division Hydrologie	Renforcement de la Section Etudes Hydrologiques	600 000
MLI/04	DNHE	Assistance à la DNHE dans le domaine de la prospection et de la planification des ressources en eau souterraines	3 100 350
MLI/05	DNHE	Création d'un réseau de contrôle de la qualité des eaux	803 260
MLI/06	DNHE	Mise en place d'un Service de Documentation à la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie	590 000
TOTAL			6 620 110

ANNEXE A
TERMES DE REFERENCES PARTICULIERS ELABORES PAR LE CIEH

HYDROMETEOROLOGIE

1. Adéquation du réseau existant de stations de différentes catégories (y compris celles couplées avec les stations hydrologiques sur les fleuves et rivières du Mali) aux besoins en données pour les aménagements existants et futurs, notamment hydro-agricoles et hydro-électriques.

Recommandations : 7.2.2.1.

2. Amélioration et entretien de l'appareillage d'observation en station.

Recommandations : 7.2.2.2.

3. Amélioration et entretien du système de collecte des données, notamment les télétransmission (radio et source d'énergie électrique).

Recommandations : 7.2.2.2.

4. Conditions d'archivage et de traitement de l'information; équipement informatique et formation du personnel.

Recommandations 7.2.3.1.

5. Constitution d'une banque de données climatologiques en regroupant les fichiers existants au plan national et international (ASECNA, AGRHYMET, CIEH/ORSTOM; fichiers "climatologie" et "pluviométrie" de la chaîne SYGMA).

Recommandations : 7.2.3.1.

6. Edition périodique de recueil de données et préparation d'un atlas climatologique, actualisation d'annuaires climatologiques existants.

Recommandations : 7.2.3.2. et projet n°1

7. Spécialisation du personnel dans les différentes disciplines nécessaires à la bonne marche des activités climatologiques.

Projet n°1

8. Modernisation des infrastructures de la Direction et des postes d'observations.

Recommandations: 7.2.2.1.

EAUX DE SURFACE

1. Amélioration du réseau pour avoir une meilleure connaissance des prélèvements d'eau dans le réseau hydrographique par les aménagements hydrauliques, notamment hydro-agricoles : installation de nouvelles stations et étalonnage (notamment dans le secteur de l'Office du Niger).

Les aménagements hydrauliques tels que ceux de l'Office du Niger ou la retenue de SELINGUE sont déjà équipés d'échelles de crues et étalonnées (point A de l'Office du Niger) . Normalement il existe un cahier des charges dans lequel sont consignés les manoeuvres des vannes

2. Création du réseau dans la gamme des petits bassins versants pour connaître les caractéristiques hydrologiques à prendre en compte dans le dimensionnement des ouvrages (petits barrages).

Reprise par la division Hydrologie des observations sur les sites du projet PNUD (10 bassins versants de cours d'eau non pérennes) - Recommandations: 7.3.2.1 et projet n°2 : point 1.2.

3. Evaluation de l'opportunité de développer un programme de mesures des transports solides et de la qualité des eaux de surface.

Recommandations: 7.3.2.1 - Projet n°2 : annexe C et chapitre 1.2.

4. Evaluation des performances du système de traitement des données existant : préparation de l'annuaire, archivage de données.

Projet n°2 Hydrologie - Recommandations: 7.3.2.

5. Mise en place d'une cellule de suivi de la ressource en liaison avec les organismes nationaux (OERHN, Office du Niger) et internationaux (OMVS), gestionnaires d'ouvrages majeurs (barrage de SELINGUE,...).

Recommandations : 7.3.1.1.

6. Organisation générale du service et formation du personnel.

Projets hydrologie n°2 et n°3.

HYDROGEOLOGIE

1. Les moyens nécessaires à mettre en oeuvre pour créer, au sein de la Direction de l'Hydraulique, une cellule de documentation fonctionnelle à disposition des différents services: recrutement d'un documentaliste, création d'une cartotheque et d'une phototheque, service de reproduction, etc ...

Projet n° 6.

2. La mise en place d'un programme de formation du personnel au niveau des différents services ou structures rattachées à l'Hydraulique: DNHE, EDM, ... Les besoins exprimés concernent principalement la formation de:

- documentaliste

Projet n° 6.

- hydraulicien

Cette demande n'a pas été renouvelée au cours de la mission. De plus cette qualification est très éloignée de la connaissance des ressources en eau objet de la présente synthèse.

- électro-mécanicien chargé de l'entretien des stations de pompage

Même remarque que ci-dessus.

3. La pertinence du réseau piézométrique national, compte tenu de l'extension proposée (Projet MLI 84/005) et les moyens à mettre en oeuvre pour assurer un fonctionnement permanent de ce réseau mis en place par la DNHE.

Recommandations: 7.4.2

4. Définition de protocole de suivi des stations de pompage d'AEP de centres urbains et secondaires captant les eaux souterraines: surveillance de l'ouvrage, taux de vieillissement et des installations électro-magnétiques.

Ce domaine ne concerne pas directement la connaissance des ressources en eau, et n'a pas fait l'objet de demande particulière lors de la mission. Cependant, la connaissance des infrastructures existantes et des débits effectivement extraits n'ont pu faire l'objet d'une étude exhaustive jusqu'à maintenant. Cette situation a été prise en compte lors de l'établissement de la fiche de projet n° 4.

5. La procédure de cartographie assistée par ordinateur actuellement en place, son alimentation en données, son utilisation pour la mise à jour périodique de la synthèse des connaissances sur la ressource en eau, par unité administrative ou hydrogéologique.

Recommandations: 7.4.3

6. L'alimentation de la banque de données SIGMA par les autres logiciels implantés par les différents projets.

Recommandations: 7.4.3 et fiche de projet n° 4.

7. Impact des aménagements

Dans le domaine des eaux souterraines, il s'agit essentiellement du contrôle de l'évolution de la qualité des nappes dans les centres urbains et éventuellement l'influence des rejets industriels et des décharges. Cette opération est prévue dans le projet n° 5.

24

ANNEXE B
FICHES DE PROJETS

DOCUMENT DE PROJET N° 1

PAYS :	MALI
DATE :	Septembre 1991
TITRE PROPOSE :	Traitement des données pluviographiques
AGENCE GOUVERNEMENTALE DE MISE EN OEUVRE:	Direction de la Météorologie Nationale.
DUREE ESTIMEE :	24 mois.
CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE:	142 500 US\$
COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE :	A déterminer.
SOURCE DE FINANCEMENT :	A rechercher

1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET SES LIENS AVEC LE PROGRAMME NATIONAL

1.1. PROGRAMME POUR LE PAYS

Les données pluviographiques sont utilisées en génie civil pour le dimensionnement des petits barrages et des collecteurs urbains. Elles sont aussi employées dans l'évaluation des risques d'érosion (formule de Wischmeyer).

Depuis l'étude du CIEH (1985), basée sur le dépouillement manuel des pluviogrammes pour la détermination des courbes hauteurs/durées/fréquences, les données provenant de la quarantaine de stations synoptiques et climatiques ne sont pas encore dépouillées et sont stockées dans de mauvaises conditions à la Direction de la Météorologie Nationale. Il est d'abord nécessaire de les sauvegarder sur support informatique puis de les exploiter (cartes et statistique).

1.2. OBJECTIF DU PROJET

Le premier objectif est de fournir le matériel de dépouillement et le système de gestion des données pluviographiques afin de créer une banque de données.

Actuellement, la direction de la météorologie nationale et plus particulièrement la Cellule de calcul dispose de logiciels internes pour la saisie de la pluviométrie et du logiciel CLICOM pour les données climatologiques. CLICOM ne permet que la saisie des intensités horaires après un dépouillement manuel.

A l'issue de la construction de la banque pluviographique, le second objectif est de produire une note statistique de synthèse sur la pluviographie au Mali.

2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS

- Fourniture du matériel de dépouillement et de saisie.
- Fourniture du logiciel de gestion de la banque de données (PLUVIOM).
- Formation du personnel au dépouillement, à la gestion de la banque et au contrôle de qualité.
- Elaboration de la banque.
- Fourniture de la bibliothèque ORSTOM de traitement statistique de la pluviométrie.
- Formation du personnel à l'utilisation de cette chaîne.
- Etablissement d'une note de synthèse sur la pluviographie au Mali.

3. STRATEGIE DU PROJET

3.1. QUELLES SONT LES INSTITUTIONS QUI BENEFICIERONT EN PREMIER LIEU DES RESULTATS ET DES ACTIVITES DU PROJET ?

La Direction de la Météorologie Nationale

Les organismes qui s'occupent de projets d'aménagements urbains, routiers, hydro-agricoles.

3.2. BENEFICIAIRES DESIGNES

Les organisations qui utilisent les informations pluviographiques pour la réalisation d'aménagements de génie civil : routes - endiguements - tout ce qui concerne l'érosion et les crues.

3.3. ORGANISATION DU PROJET

Le Maître d'ouvrage sera le Ministère des Transports et du Tourisme et le Maître d'oeuvre sera la Direction de la Météorologie Nationale.

Un Expert consultant interviendra pendant la durée du projet, soit deux périodes de 3 et 2 mois au début et à la fin des 18 mois du projet.

3.4. STRATEGIES ALTERNATIVES DE MISE EN OEUVRE

Pas de stratégie alternative.

4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE

4.1. SOUTIEN HOMOLOGUE

Il conviendra d'aménager deux bureaux pour ce projet dans les locaux de la DMN.

Il faut prévoir la formation de deux cadres de la Division Climatologie ou le recrutement éventuel d'un Technicien pour ce travail et celle d'un Ingénieur informaticien de la DMN à l'analyse pluviographique.

4.2. ACCORDS LEGAUX ET DEPLOIEMENT FUTUR DU PERSONNEL

Peu ou pas de possibilité de quitter la DMN.

5. RISQUES

Ce programme est prioritaire, il est impensable de laisser se dégrader autant d'archives importantes pour la connaissance de la pluviographie et de ses paramètres.

6. INTERVENTIONS

6.1. SOMMAIRE DES INTERVENTIONS

Affectation d'un Expert climatologue pour deux séjours de trois et deux mois.

L'Expert assurera le bon déroulement du projet et la formation des cadres. Il passera les commandes de matériel complémentaires nécessaires aux dépouillements des pluviogrammes.

L'Expert assurera la création d'une banque de données pluviographique.

Pendant la dernière partie du projet l'Expert produira, en collaboration avec les cadres de la Division Climatologie, une analyse statistique de synthèse mettant en évidence les paramètres les plus importants de la pluviographie.

6.2. BUDGET SCHEMATIQUE

Rubrique		Affectation	Unités	Quantités	Coût unitaires	US\$
<u>Personnel</u>	National	2 Techniciens 1 Ingénieur	mois mois	2 x 18 1 x 2	p.m.	
	International	Consultant	mois	5	18 000	90 000
<u>Equipements</u>	Informatique	Dépouillement Analyse+publi.	unité	1	15 000	15 000
		Logiciels	unité	5	1 500	7 500
<u>Fonctionnement</u>	Fourniture	Bureau	mois	18	1 000	18 000
	Publication	Bureau	unité	2	5 000	10 000
<u>TOTAL</u>						142 500

Appendice A

Personnel International

L'Expert consultant international est prévu pour deux périodes de trois et deux mois. Pendant le premier séjour il assurera :

- le démarrage du projet et les commandes de matériel,
- l'installation du matériel de dépouillement
- la formation des deux cadres au dépouillement des pluviogrammes,
- la programmation du projet durant 13 mois.

Durant le deuxième séjour il effectuera une analyse critique de la banque de données pluviographique en collaboration avec les cadres du projet. Il formera ses collaborateurs à l'analyse statistique de la pluviographie et rédigera avec eux une note statistique de synthèse sur la pluviographie du Mali.

L'Expert doit posséder parfaitement la langue française.

Il doit avoir une grande expérience de l'informatique appliquée aux statistiques pluviométriques et à l'analyse pluviographique.

Appendice B

Formation

La formation est assurée sur place à la Direction de la Météorologie Nationale par l'Expert consultant. Elle portera sur les points suivants :

- La formation du personnel chargé du traitement des pluviogrammes (maîtrise du logiciel PLUVIOM et/ou autres logiciels retenus par l'Expert).
- La formation à l'analyse statistique de la pluviographie de l'un des Ingénieurs informaticiens de la DMN.
- Initiation du personnel de la DMN au dépouillement de la pluviographie et à son traitement informatique.

Appendice C

Equipement

L'équipement nécessaire au travail de dépouillement et à l'analyse statistique est le suivant :

- Un micro-ordinateur 386 SX20 ou 386 DX25 avec 4 Mo de RAM - Coprocesseur correspondant - Disque dur de 100 Mo - Lecteur floppies 5"1/4 et 3"1/2 HD - Une souris.
- Une carte graphique et un moniteur couleur 16" type 8514 A ou assurant une résolution de 1024x768.
- Une table à digitaliser format A2
- Une imprimante du type laserjet IIIP avec extension 2 Mo de RAM.
- Un lecteur de disque amovible type BERNOUILLI ou équivalent à cartouche de 90 Mo.

DOCUMENT DE PROJET N° 2

PAYS : MALI

DATE : Septembre 1991

TITRE PROPOSE : Modernisation et renforcement de la Division Hydrologie

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE : Ministère de l'Hydraulique et de l'Industrie, Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE), Division Hydrologie.

DUREE ESTIMEE : 36 mois.

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE : 1 384 000 US\$

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE : A déterminer.

SOURCE DE FINANCEMENT : A déterminer.

1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET SES LIENS AVEC LE PROGRAMME NATIONAL

1.1. PROGRAMME POUR LE PAYS

Le programme prioritaire de chaque pays de la zone soudano-sahélienne est de parvenir à l'autosuffisance alimentaire.

L'eau est pour le Mali le principal facteur limitant du développement de la ressource agricole, de l'élevage et de l'alimentation en eau des populations.

L'évaluation et la gestion de la ressource en eau ne peuvent être que rationnelles; pour cela il est indispensable de connaître en temps réel le potentiel de la ressource, potentiel dans le temps et dans l'espace.

La variation relativement rapide des potentiels en eaux superficielles et en eaux souterraines implique un suivi de ces potentiels; cela est le rôle principal de la Division Hydrologie de la DNHE.

Le moyen le plus efficace dont dispose la Division Hydrologie pour assurer ces services prioritaires, est constitué par un réseau de stations d'observations performant.

1.2. OBJECTIF DU PROJET

Les tâches qui doivent incomber à la Division Hydrologie sont prioritairement :

- l'entretien du réseau,
- la tenue d'une banque de données complète et performante,
- l'exploitation en temps réel d'outils modernes pouvant fournir les informations nécessaires à la gestion de la ressource (surtout hydroagricole),
- la diffusion des connaissances au moyen de publications en temps quasi réel (bulletins d'information du suivi des crues, etc...), et de publications de synthèse (annuaires hydrologiques, etc...),
- la possibilité de réaliser des études de synthèse au bénéfice des autres administrations gestionnaires de la ressource : Directions du Génie Rural ou de l'Agriculture,
- de tenir à jour une banque de données de la qualité des eaux de surface ainsi que des débits solides (prise d'échantillons à chaque mesure de débit).

L'objectif du projet est de doter la Division de l'Hydrologie des moyens nécessaires pour remplir les tâches définies ci-dessus.

2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS

Les éléments principaux du projet sont définis dans le § précédent.

La réalisation du projet permettra à la DH d'atteindre un niveau de qualification et d'intervention qui correspondent à la priorité qu'est la gestion des ressources en eau pour le Mali.

Création, ou amélioration, de la banque de données hydrologiques, élément indispensable à toute étude de développement, en particulier hydroagricole.

Section d'études de la DH rendu complètement opérationnelle pour toute étude ne nécessitant pas une très haute spécialisation.

Formation continue des Ingénieurs et Techniciens Hydrologues.

Assistance en permanence pendant le projet d'un expert connaissant parfaitement les dernières techniques du domaine de l'hydrologie opérationnelle (télétransmission - modélisation - etc...).

Missions d'Experts de courtes durées pour assurer une formation-assistance sur des cas particuliers réclamant une haute compétence.

3. STRATEGIE DU PROJET

3.1. QUELLES SONT LES INSTITUTIONS QUI BENEFICIERONT EN PREMIER LIEU DES RESULTATS ET DES activités DU PROJET ?

En premier lieu la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie du Ministère de l'Industrie, de l'Hydraulique et de l'Energie.

Le projet permettra de donner à la Division Hydrologie une dimension conforme à l'importance que revêt pour le Mali la gestion de ses ressources en eaux de surface.

Toutes les Institutions ou Organismes pour qui les chroniques d'observations hydrologiques sont un préalable aux études de développement.

3.2. BENEFICIAIRES DESIGNES

Tous ceux qui sont directement ou indirectement utilisateurs des données hydrologiques sur support informatique ou sous forme de publication type annuaire hydrologique ou bulletin de crue.

3.3. ORGANISATION DU PROJET

Le maître d'ouvrage sera le Ministère de l'Industrie, de l'Hydraulique et de l'Energie et le maître d'oeuvre sera la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie.

Le projet sera mis en oeuvre dans le cadre de la Division Hydrologie, avec l'assistance d'un Expert permanent pendant 36 mois et des missions d'appui de courtes durées effectuées par des Experts hautement spécialisés.

3.4. STRATEGIES ALTERNATIVES DE MISE EN OEUVRE

Pas de stratégie alternative.

4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE

4.1. SOUTIEN HOMOLOGUE

La Division Hydrologie possède dès à présent les moyens en personnel et en locaux pour accueillir le projet.

4.2. ACCORDS LEGAUX ET DEPLOIEMENT FUTUR DU PERSONNEL

Il existe peu de possibilité pour que le personnel quitte la DH.

5. RISQUES

Ce projet fait partie du groupe de projets nationaux et régionaux initiés dans le cadre de l'évaluation hydrologique de l'Afrique sub-Saharienne.

La priorité de ce projet est absolue au Mali, car il est de plus en plus important que la DH assure le soutien d'une série d'actions permettant au Mali de se rapprocher et de dépasser le stade de l'autosuffisance alimentaire.

6. INTERVENTIONS

6.1. SOMMAIRE DES INTERVENTIONS

Affectation d'un Expert Hydrologue permanent dans un premier temps à la DH. L'Expert assurera le démarrage du projet dans de bonnes conditions et sera en mesure d'en modifier éventuellement la programmation.

Des missions d'Experts spécialisés dans la télétransmission, la modélisation ou les banque de données assureront des cycles de formation en fonction des demandes de l'Expert résident.

6.2. BUDGET SCHEMATIQUE

Rubrique		Affectation	Unités	Quantités	Coût unitaires	US\$
<u>Personnel</u>	National	N x Agents de la DH	mois	N x 36	p.m.	
	International	Consultant	mois	36	18 000	648 000
		Expertises	mois	6	20 000	120 000
<u>Equipements</u>	Informatique	Réseau	unité	3	12 000	36 000
		Etudes	unité	2	15 000	30 000
	Transport	4x4	unité	3	25 000	75 000
	Rechange Hydrométrie Débits Solides	Pièces détachées	lot	1	125 000	125 000
<u>Fonctionnement</u>	Carburant Entretien	Déplacements	mois	36	3 000	108 000
	Fourniture Publication	Bureau	mois	36	2 000	72 000
	Renforcement moyens labo.	Laboratoire	lot	1	50 000	50 000
<u>Formation</u>	Extérieure	Stages	unité	12	10 000	120 000
<u>TOTAL</u>						1 384 000

Appendice A

Personnel International

Un consultant international est prévu pour toute la durée du projet, soit 36 mois.

Il assurera la tâche de Conseiller du Chef de la Division Hydrologie et la formation des cadres de la DH.

Il doit maîtriser parfaitement le fonctionnement d'un service hydrologique national et avoir une grande expérience en matière de traitement informatique des observations hydrologiques.

Il doit posséder parfaitement la langue française.

Outre ses talents dans le domaine de l'hydrologie, cet Expert doit être un bon pédagogue.

Appendice B

Formation

La formation du type continue constitue un des points les plus importants du projet. Elle sera réalisée au moyen de :

- Stages spécialisés à l'étranger, en particulier dans le domaine de l'informatique (utilisation du logiciel HYDROM), du traitement moderne des cas particuliers intéressant le Delta du Niger (transformation hauteur/débit non bi-univoque par exemple).
- Missions de courtes durées (15 jours à un mois) de Spécialistes de la modélisation et du traitement statistique qui assureront la résolution des problèmes particuliers au Mali et assureront ainsi un enseignement sur des cas réels.

Appendice C

Equipement

Trois véhicules sont prévus en renforcement des moyens de déplacement.

Pour le réseau il est prévu l'achat de trois unités informatiques comprenant le matériel suivant :

- Micro ordinateur compatible PC 386 SX20 - Coprocesseur - Disque dur de 80 Mo - mémoire de 4 Mo - Carte graphique et moniteur couleur VGA.
- Un onduleur 600 Mva.
- Une imprimante jet d'encre format A4 ou laser type HP IIIIP.
- Deux logiciels pour les publications (Tableur type EXCEL - PAO type PAGEMAKER).

Une mémoire de masse externe à disque amovible type BERNOUILLI 90 Mo commune au trois unités.

Pour les études prévoir deux lots de matériels informatiques du même type avec un processeur plus puissant 386/25 ou 33 DX. Une imprimante couleur A3 compatible HPGL5.

Les tables traçantes ne s'imposent pas si l'équipement comprend des imprimantes laser.

Pour les analyses d'eau et de débits solides, un renforcement des moyens du laboratoire de Qualité des Eaux (LQE) est prévu sous forme de fonctionnement (fournitures + amortissement matériel).

DOCUMENT DE PROJET N° 3

PAYS : MALI

DATE : Septembre 1991

TITRE PROPOSE : Renforcement de la section Etudes Hydrologiques

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE DE MISE EN OEUVRE: Ministère de l'Hydraulique et de l'Industrie, Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE), Division Hydrologie.

DUREE ESTIMEE : 24 mois.

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE : 600 000 US\$.

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE : A déterminer.

SOURCE DE FINANCEMENT : A déterminer.

1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET SES LIENS AVEC LE PROGRAMME NATIONAL

1.1. PROGRAMME POUR LE PAYS

Le Mali est tributaire en grande partie des eaux de ses deux grands fleuves Niger et Sénégal. L'agriculture dépend en grande partie des crues des deux fleuves.

L'optimisation de la gestion des eaux superficielles et souterraines des bassins des deux grands fleuves nécessite la connaissance parfaite du régime des crues en temps réel. Pour cela la DNHE doit disposer d'outils tels que ceux mis au point dans le cadre de la gestion des débits du fleuve Sénégal (Projet ORSTOM/OMVS).

Possibilité de disposer d'un modèle de prévision qui permettra d'optimiser les aménagements hydroagricoles des Opérations Riz SEGOU et MOPTI, des aménagements de la vallées du BANI et de l'Office du Niger.

Pour la première fois, un modèle du type Système Hydrologique Européen sera mis en oeuvre en Afrique pour connaître les effets de l'action de l'homme sur l'environnement (par simulation).

La mise en oeuvre de ce projet doit permettre de prévoir les crues avec suffisamment de délai pour améliorer sensiblement les résultats de l'agriculture, ce qui va dans le sens des objectifs du Gouvernement Malien : Autosuffisance alimentaire.

La simulation des multiples scénarios de fonctionnement de projets d'aménagements permettra de connaître les potentialités de l'agriculture, des sites de barrage, de la navigation, de la pêche, etc...

1.2. OBJECTIF DU PROJET

Le renforcement de la section Etudes Hydrologiques correspond à l'intégration d'une équipe de Chercheurs consultants hydrologues modélisateurs (spécialisation : propagation des ondes de crues) au cours de plusieurs séjours au sein de cette section.

La mise en oeuvre du projet sera réalisée à partir de plates formes du modèle de celles utilisées par l'OMVS dans le cadre du projet «Prévision des Débits de Gestion des Ouvrages communs».

Le réseau des balises HYDRONIGER sera modernisé, soit en modifiant le système d'enregistrement de l'information (changement des limnigraphes "bulle à bulle" par des capteurs de pression beaucoup plus fiables et nécessitant peu d'entretien), soit en le remplaçant intégralement par des plates formes complètes.

Un centre de calcul sera installé dans les locaux de la division Hydrologie. Il sera utilisé pour toutes les études hydrologiques et renforcera notablement les moyens de celle-ci.

2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS

- Une banque de débits journaliers disponible à toutes les stations des bassins utilisées comme bases des modèles.

- Un modèle de propagation des crues du Niger entre les affluents Guinéens (stations du haut-bassin) et KOULIKORO.
- Un modèle de propagation de la crue de KOULIKORO/DOUNA à NIAMEY.
- Un modèle de simulation des régimes travaillant en temps différé permettant de tester tous les scénarios possibles d'aménagements sur le fleuve et leurs impacts sur le régime à l'aval, la mise au point de ce modèle nécessite la réalisation préalable de la banque des débits journaliers.
- Un modèle de prévision des apports dans la retenue de MANANTALI ainsi que des affluents du Sénégal non contrôlés (Bakoye - Baoulé et Falémé).

3. STRATEGIE DU PROJET

3.1. QUELLES SONT LES INSTITUTIONS QUI BENEFICIERONT EN PREMIER LIEU DES RESULTATS ET DES ACTIVITES DU PROJET ?

Les Ministères s'occupant des projets de développement dans le domaine agricole, énergétique, élevage, pêche, navigation, etc...

3.2. BENEFICIAIRES DESIGNES

Tous les utilisateurs de l'eau.

3.3. ORGANISATION DU PROJET

Le Maître d'Oeuvre sera le Ministère de l'Industrie, de l'Hydraulique et de l'Energie, le Maître d'Ouvrage étant la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie.

La Direction Nationale du Génie Rural pourrait être associée à ce projet qui nécessitera par moment une bonne expérience dans le domaine des aménagements hydroagricoles.

3.4. STRATEGIES ALTERNATIVES DE MISE EN OEUVRE

Ce programme d'hydraulique pourrait être mis en oeuvre avec le CIEH étant donné qu'il entre dans le cadre régional.

4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE

4.1. SOUTIEN HOMOLOGUE

La DH possède du personnel compétent qui sera formé puis associé au projet. Deux Ingénieurs Maliens travailleront à plein temps avec les Chercheurs consultants affectés à la réalisation du projet, soit sur place, soit à tour de rôle à l'étranger.

4.2. ACCORDS LEGAUX ET DEPLOIEMENT FUTUR DU PERSONNEL

Ce projet est spécifique de l'hydrologie et de l'hydraulique, il est peu probable que le personnel formé dans le domaine de la modélisation et de ses applications puisse quitter le cadre de la DNHE.

5. RISQUES

Ce projet est absolument prioritaire. A l'heure actuelle, faute de connaissance dans le domaine qui sera traité, il est sûr que l'optimisation des aménagements existants n'est pas possible. La perte en surface cultivée optimisée est très importante (source CEE - OR SEGOU).

Ce projet peut être initié, en outre, dans le cadre régional vu l'importance qu'il revêt pour la Guinée (Hauts bassins du Niger et du Sénégal).

6. INTERVENTIONS

6.1. SOMMAIRE DES INTERVENTIONS

La durée totale du projet est de 24 mois. Au cours de cette période les Chercheurs travaillant au projet (2 Chercheurs de haut niveau) effectueront des séjours au Mali sous forme de missions de un mois. Au démarrage du projet, l'Expert ayant la responsabilité des opérations séjournera plusieurs mois (3) afin de programmer les études sur toute la période. Un calendrier des opérations sera alors mis au point, il sera appuyé sur les phases suivantes :

- Mise en place du matériel de calcul et création d'une banque de débits journaliers. Dans le même temps une équipe procédera au remplacement ou aux modifications des plates formes de télétransmission. (6 mois).
- Calage provisoire des modèles de prévision et de propagation simultanément sur toutes les zones à l'aval de KOULIKORO et DOUNA et à l'amont de KOULIKORO. Installation des plates formes de télétransmission des hauteurs d'eau et de pluviographes télétransmetteurs sur le bassin amont du Sénégal et calage du modèle de propagation amont. (du mois 7 au mois 18).
- Suivant les résultats obtenus dans le domaine des délais (et de la précision) de prévision hydro-pluviométriques à KOULIKORO et MANANTALI , il sera procédé à l'installation de plates formes transmettant les hauteurs de pluies sur les haut bassins du Sénégal et du Niger.
- Calage définitif des modèles et transfert dans les ordinateurs du service études de la DH. (du mois 19 au mois 24).
- Une formation poussée sera assurée à deux Ingénieurs de la DH par les deux Chercheurs chargés du projet. Une grande partie des études sera réalisée en Europe, chacun des deux ingénieurs venant à tour de rôle participer à la réalisation des diverses tâches.

6.2. BUDGET SCHEMATIQUE

Rubrique		Affectation	Unités	Quantités	Coût unitaire	US\$
<u>Personnel</u>	National	N x Agents de la DH	mois	N x 24	p.m.	
	International	Consultant (+missions)	mois	24	18 000	432 000
<u>Equipements</u>	Informatique	Serv. Etudes	unité	2	20 000	40 000
		Calcul	amortis.	1	40 000	40 000
	Fourniture Publication	Bureau	mois	24	2 000	48 000
<u>Formation</u>	Extérieure	Stages	unité	4	10 000	40 000
<u>TOTAL</u>						600 000

Appendice A

Personnel international

Deux Chercheurs seront affectés au projet pour une durée totale de 24 hommes mois.

Le Chef de projet sera un Chercheur senior (Directeur de Recherche) ayant une grande expérience de l'analyse des temps de propagation sur les grands fleuves.

Le deuxième Chercheur sera un junior confirmé ayant un profil d'Hydrologue avec une spécialisation en hydraulique et modélisation. Il assistera le Chef de projet lors de la création de la banque et du calage des modèles.

Les deux Chercheurs doivent très bien maîtriser la langue française.

Ils devront assurer la formation des deux Ingénieurs Maliens afin que ces derniers sachent faire non seulement fonctionner les modèles, mais soient capables de faire face à toutes les situations envisageables (scénarios variables - difficultés imprévues - etc...).

Le Chercheur junior doit avoir une grande connaissance des micro ordinateurs et l'informatique en général.

Appendice B

Formation

Une partie de la formation sera assurée sur place lors des séjours des Chercheurs à BAMAKO.

Les deux Ingénieurs effectueront un cycle de formation aux techniques de pointe en hydrologie (8 semaines) du type de celui dispensé au Laboratoire de l'ORSTOM à MONTPELLIER.

Deux séjours seront effectués dans le laboratoire des Chercheurs en Europe. Chacun des stages durera 8 semaines.

Appendice C

Equipement

Le travail nécessitera la mise à disposition d'une salle de calcul climatisée et isolée de la poussière.

Le projet sera équipé d'un micro ordinateur puissant type 486/33 MHz - Mémoire RAM 8 MO - Carte graphique très haute résolution (1280x1024) et moniteur 20" couleur correspondant - Disque dur de 330 Mo et disque amovible à cartouche de 90 Mo.

Une deuxième unité 386/33 MHz avec coprocesseur - Mémoire RAM 6 Mo - Carte 8514 A ou équivalent et écran couleur haute définition 16".

Une imprimante laser type laser jet IIIP avec cartouche postscript.

Un traceur de courbe format A3.

Une table à digitaliser format A3.

Un jeu de logiciel comprenant un traitement de texte sous windows - Un tableur/base de donnée type Excel - Un logiciel d'analyse statistique graphique.

DOCUMENT DE PROJET N° 4

PAYS : Mali

DATE : Juillet 1991

TITRE PROPOSE : Assistance technique à la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie dans le domaine de la prospection et de la planification des ressources en eaux souterraines

AGENCE GOUVERNEMENTALE

DE MISE EN OEUVRE : Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie

DUREE ESTIMEE : 3 ans

CONTRIBUTION INTERNATIONALE

PROVISoire : US \$ 3.100.350

COU T HOMOLOGUE ESTIME : A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT : A décider

I. But de l'Aménagement et ses liens avec le Programme pour le Pays

1. Programme pour le Pays

Le développement des ressources en eaux souterraines est l'un des facteurs fondamentaux pour le développement sanitaire, social et économique du pays. La connaissance de cette ressource, son évaluation en terme de disponibilité et la planification de son exploitation sont les étapes nécessaires à la valorisation de cette ressource.

Il est donc impératif de poursuivre les efforts entrepris dans le domaine de l'acquisition des données, de leur stockage informatique, de leur traitement et de leur interprétation. La plupart des outils ayant été créés, il convient de créer les structures et de confirmer les compétences. Enfin, il est impératif de mettre en oeuvre les moyens nécessaires à la diffusion de l'information et à l'utilisation des données par les demandeurs.

2. Objectifs du Projet

Les objectifs sont les suivants:

- a) Création et amélioration des réseaux de mesures, et de contrôle de la ressource, amélioration de la qualité des mesures
- b) Elaboration de consignes pour le contrôle de l'exploitation et suivi des stations de pompes.
- c) mise à jour des données introduites dans le système d'information géographique, et des résultats des traitements; développement complémentaire de l'outil informatique.
- d) mise en place de systèmes d'information décentralisés
- e) formation du personnel dans le domaine de la gestion des projets et dans les domaines techniques relevant de sa compétence
- f) maintenance des équipements informatiques disponibles et acquisition.

II. Eléments les plus Importants

- a) Création d'un réseau de contrôle de la qualité de la ressource.

Cette opération sera réalisée en collaboration avec le service de la qualité des eaux, le service hydrogéologie intervenant dans le choix des points de mesure concernant les eaux souterraines. La gestion de ce réseau est incluse dans l'une des fiches de projet suivante: Création d'un réseau de contrôle de la qualité des ressources en eau.

b) Maintenance et extension du réseau de mesures piézométriques

Un réseau piézométrique national a été créé par le Projet PNUD/DCTD MLI 84/005. Les relevés sont assurés par le Service Hydrogéologie de la DNHE en collaboration avec différents projets. Il comprend à l'heure actuelle 70 sites équipés chacun de plusieurs points de mesures.

Dans le cadre du Projet, il s'agit donc essentiellement:

- d'assurer la fréquence prévue des relevés,
- d'améliorer la transmission des données collectées par les projets, et d'associer les ONG à cette effort,
- d'assurer le stockage des données, leur interprétation, la diffusion de l'information.

Par ailleurs, au fur et à mesure de l'acquisition des données il est apparu que les mesures effectuées sur certains ouvrages ne sont pas significatives de l'évolution de la ressource. Ces ouvrages devront être remplacés par d'autres disponibles, ou par des piézomètres à créer.

Enfin, le réseau sera étendu aux régions non encore contrôlées de manière satisfaisante: la région centrale et Ouest du pays, et certains secteurs du centre et du Sud.

Cette dernière opération ne pourra être démarrée dans la mesure où les Directions Régionales de l'Hydraulique seront opérationnelles.

c) Méthodologie géophysique.

A partir des études géophysiques antérieures et des résultats obtenus lors des travaux de forage, une étude à caractère méthodologique sera réalisée afin de mettre en évidence:

- l'influence de l'utilisation de la géophysique sur le taux de réussite des forages,
- le type de méthodes le mieux approprié selon les secteurs géographiques.

d) Suivi de l'exploitation et contrôle des stations de pompage.

Cette opération concerne EDM pour les principaux centres urbains et la DNHE pour les centres secondaires. Le but recherché est double:

- suivi des débits effectivement prélevés,
- amélioration de la surveillance et de la maintenance des forages et du matériel de pompage.

En effet, le Projet PNUD/DCTD MLI 84/005 a mis en évidence le manque de données concernant ce type d'exploitation. Il convient donc de rassembler les données, de les stocker, et de les traiter, afin d'élaborer et de mettre en œuvre un protocole de suivi des stations de pompage.

e) Structuration de la Cellule Informatique et de Planification de la DNHE, mise à jour et développement du Système Informatique de gestion des Ressources en Eau du Mali.

Cette opération consiste à organiser cette cellule à l'issue du Projet MLI 84/005, et à lui fournir l'appui technique nécessaire à ses activités.

Les axes de développement du systèmes se situent dans les domaines suivants:

- amélioration de la localisation des points d'eau dans les villages et les quartiers,
- recherche de techniques numériques permettant d'améliorer la représentativité de certaines cartes paramétriques: transmissivités, qualité de l'eau ...
- amélioration de la connaissance des bilans au moyen de modèles régionaux,
- prise en compte des ressources en eaux superficielles et de leur exploitation. La réalisation de cette opération nécessitera une collaboration étroite avec l'Energie du Mali chargée entre autre de l'approvisionnement en eau des principaux centres urbains et le Ministère de l'Agriculture.
- suivi de l'exploitation des eaux souterraines sur les stations de pompage des centres urbains.
- création des circuits de diffusion de l'information.

f) Réalisation de système d'information régionaux.

Il s'agit de systèmes d'information simplifiés, compatibles avec le système central SIGMA. L'objectif est de permettre, au Service Hydrogéologie, aux projets et/ou au Direction Régionale de l'Hydraulique de disposer d'un outil informatique permettant:

- la saisie de nouvelles informations,
- les traitements de routine, les éditions correspondantes.

Cette opération est nécessaire pour:

- décharger la cellule Informatique et de Planification de la saisie d'information concernant l'ensemble du territoire national,
- éviter les difficultés actuelles de transfert de données entre les différents systèmes utilisés par les projets et autres services.

g) Formation

Les différents axes de formation sont listés dans l'Appendice B

f) Acquisition de matériels

Les acquisitions envisagées sont listées dans l'Appendice C.

III. Stratégie du Projet

1. Quels sont les gens et/ou les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet?

La Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie, sera le principal bénéficiaire. Parmi les autres bénéficiaires sont inclus:

- le Ministère de l'Agriculture et sa Direction du Génie Rural,
- l'Eau du Mali, en temps que distributeur d'eau.

2. Bénéficiaires Désignés

Les bénéficiaires désignés sont essentiellement les populations, le jardinage et le maraîchage, l'activité pastorale.

3. Accords pour la Mise en Oeuvre du Projet

Le Projet sera réalisé par la DNHE, et en particulier par son Service Hydrogéologie, et sa Cellule Informatique et Planification. Les piézomètres seront réalisés en régie par la DNHE.

En ce qui concerne le personnel expatrié, le projet emploiera:

- un Consultant hydrogéologue à plein temps qui assurera la direction du Projet en collaboration avec le Directeur National du Projet.
- un Consultant informaticien pour une durée de 24 mois.
- un Hydrogéologue modéliste. Ce consultant effectuera plusieurs missions pour une durée totale de 18 mois.
- un Consultant géophysicien. Sa mission est prévue pour une durée de 3 mois.
- un Consultant exploitation. La durée de son intervention est fixée à 2 mois.
- un Chef de chantier pour une durée de 4 mois.

4. Stratégie Alternative de Mise en Oeuvre

L'association au projet des administrations ou entreprises bénéficiaires est nécessaire.

IV. Engagement du Pays Bénéficiaire

1. Soutien Homologue

La désignation d'un Directeur de Projet et du personnel affecté au Projet ne devrait pas poser de problèmes particuliers.

La DNHE réalisera les travaux de forages des piézomètres en régie.

2. Accords Légaux et Déploiement Futur de Personnel

Le Projet ne nécessite pas l'embauche de personnel par l'Administration. Le maintien du personnel actuel après la fin du Projet ne devrait pas poser de problèmes particuliers.

V. Risques

Une coordination poussée est nécessaire avec:

- le Ministère de l'Agriculture
- l'Eau du Mali.
- les projet en cours et les ONG.

VI. Interventions

1. Sommaire des Interventions

Les intrants du personnel expatrié et les différentes activités du Projet sont décrites plus haut.

2. Budget Schématique

Ce budget fait l'objet du Tableau 1.

3. Stratégies

Aucune stratégie particulière n'est à prévoir pour la mise en oeuvre du Projet.

TABLEAU N° 1 - Budget Schématique

Personnel		US \$
National Ingénieurs Hydrogéol. 72 mois Techniciens 144 mois Indemnité de terrain personnel national	International	
	Chef de projet 36 mois 20.000	720.000
	Hydrogéologue 18 mois 16.000	288.000
	Informaticien 24 mois 20.000	480.000
	Consultant géophysicien 3 mois 20.000	60.000
	Consultant Exploitation 2 mois 16.000	32.000
	Chef de chantier 4 mois 15.000	60.000
	Allocation de subsist. 2625 jours à 150	393750
	Billets d'avion 15 AR	65500
Sous Total		2.099.250
Equipement Matériel informatique Logiciels Matériel de terrain Véhicules légers 4x4 Fonctionnement Matériel, consommable Véhicules Travaux: piézomètres	4 36.000 2400 mètres 250	40.000 10.000 37.000 144.000 26.100 144.000 600.000
Sous Total		1.001.100
TOTAL		3.100.350

Appendice A

Personnel International

Le Chef de Projet aura une expérience étendue dans le domaine des synthèses régionales, de la mise en place de réseaux de mesures, ainsi que dans celui du stockage informatique et du traitement des données recueillies sur ces dernières.

Le Consultant Hydrogéologue modéliste sera chargé des modélisations de nappes. Son domaine de compétence s'étendra aussi bien aux aquifères continus qu'aux aquifères fissurés.

Le Consultant Informaticien aura une expérience étendue dans le domaine des systèmes d'information géographique et les bases de données.

Le Consultant géophysicien aura plus de 10 ans d'expérience dans le domaine de la prospection géophysique appliquée à l'hydrogéologie, en particulier en milieu fissuré.

Le Consultant Exploitation aura un profil d'Ingénieur d'Exploitation avec une bonne expérience africaine.

Le Chef de Chantier aura une expérience étendue dans le domaine de l'organisation et du contrôle des travaux en Afrique sub-saharienne.

Appendice B

Formation

Outre la formation sur le tas, les formations suivantes seront assurées :

- techniques de prospection:
 - . géophysique, technique de mesures, choix des techniques,
 - . interprétation des essais de pompage,
 - . photo-interprétation, interprétation des images satellite.

- informatique:
 - . traitement de texte, tableur, base données,
 - . interprétation assistée par ordinateur: des essais de pompage, mesures géophysiques,
 - . utilisation des systèmes d'information disponibles et réalisés au cours du projet,
 - . traitement statistique des données,

- exploitation et suivi des stations de pompage.

- modélisation hydrogéologique.

- gestion de projets

Ces formations seront dispensées par les Consultants expatriés ,sous forme d'ateliers.

Appendice C

Equipement

1. Matériel informatique

- 6 Laptop type 386 SX, RAM 1 méga octets
- 6 Imprimantes
- 2 Tables traçantes
- Logiciels: Utilitaires, tableur, traitement de texte, interprétation des sondages électriques, interprétation des essais de pompages ...

2. Matériel de terrain

- 20 Sondes électriques
- 10 Topofils
- 10 Résistivimètres Thermomètres
- Divers

3. Véhicules

- 4 4X4 légers

4. Piézomètres: Forage et équipement de 30 piézomètres de 80 m travaux exécutés en régie par la DNHE

DOCUMENT DE PROJET N° 5

PAYS : Mali

DATE : Juillet 1991

TITRE PROPOSE : Création d'un réseau de contrôle de la qualité des eaux

AGENCE GOUVERNEMENTALE DE MISE EN OEUVRE : Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie

DUREE ESTIMEE : 3 ans

CONTRIBUTION INTERNATIONALE PROVISoire : US \$ 803.260

COUT HOMOLOGUE ESTIME : US \$ 85.680

SOURCE DE FINANCEMENT : A décider

I. But de l'Aménagement et ses liens avec le Programme pour le Pays

1. Programme pour le Pays

Le développement des ressources en eaux souterraines est l'un des facteurs fondamentaux pour le développement sanitaire, social et économique du pays. Une bonne connaissance de la qualité de cette ressource et son contrôle est nécessaire à sa valorisation.

Au cours des dix dernières années, des efforts importants ont été menés par le Gouvernement du Mali afin de mettre à disposition des populations une eau en quantité et qualité suffisante pour la satisfaction de leurs besoins immédiats.

Les résultats des recherches et des évaluations quantitatives ont confirmé l'existence de ressources en eaux souterraines et superficielles en quantité importante, actuellement sous-exploitées. Cependant, la qualité de ces ressources paraît très variable. Cette qualité doit être précisée, protégée, voire améliorée. De fait, elle est très insuffisamment connue: sur les 8 500 forages productifs et 1 500 puits modernes, 3 500 points seulement d'eau ont fait l'objet d'analyses.

Par ailleurs, l'information disponible sur les rejets est inexistante. La pratique actuelle de la quasi totalité des industries et des entreprises minières en matière d'élimination des déchets est le déversement direct, sans traitement, dans le milieu naturel. Cette situation, à laquelle s'ajoute un assainissement quasi-inexistant, constitue un danger pour les ressources en eau, tant superficielle que souterraine.

Pour remédier à cette situation, un Laboratoire de la Qualité des Eaux a été créé, puis érigé en Service rattaché à la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie. Les principales attributions de ce laboratoire sont:

- le contrôle et le suivi de la qualité des eaux,
- l'étude des mesures correctives et de protection de la qualité.

Actuellement, ce Laboratoire est le seul spécialisé dans les analyses d'eau au Mali. Il est en mesure d'assurer son fonctionnement et pourrait constituer une solution convenable aux questions posées en matière de qualité des eaux. Il n'en demeure pas moins vrai que du matériel complémentaire est nécessaire pour lui permettre d'assurer pleinement ses tâches, en particulier dans le domaine des eaux résiduaires et dans celui des moyens logistiques. Enfin, la qualité des analyses doit être améliorée.

2. Objectifs du Projet

Les objectifs sont les suivants:

- a) capacité d'analyse des eaux résiduaires industrielles et des eaux de surface.
- b) reconnaissance exhaustive de la qualité actuelle des ressources en eau de surface et souterraine.
- c) création d'un réseau de suivi et de contrôle de la qualité de la ressource en eau.
- d) activation de l'activité mesures correctives.

II. Eléments les plus Importants

- a) amélioration de la qualité des analyses.
- b) extension du nombre de paramètres analysés
- c) reconnaissance exhaustive de la qualité actuelle des ressources en eaux de surface et souterraines.
- d) création et suivi d'un réseau de contrôle de la qualité des eaux.
- e) mise à jour en continu du système d'information SIGMA de la Cellule Informatique et Planification de la DNHE.
- f) mise en place, dans le Service de la Qualité des Eaux, d'une base de donnée sectorielle qualité des eaux, compatible avec SIGMA.
- g) création des circuits de diffusion de l'information.

h) Formation

Cf. Appendice B

- i) Maintenance et Acquisition de matériels consommables et non consommables.

Cf. Appendice C

III. Stratégie du Projet

1. Quels sont les gens et/ou les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet?

La Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie, et son Service de la Qualité des Eaux seront les principaux bénéficiaires. Parmi les autres bénéficiaires sont inclus:

- la Cellule Informatique et Planification de la DNHE,
- l'Eau du Mali, en temps que distributeur d'eau,
- le Ministère de l'Agriculture et sa Direction du Génie Rural.

2. Bénéficiaires Désignés

Les bénéficiaires désignés sont essentiellement les populations urbaines et rurales, l'agriculture et l'élevage.

3. Accords pour la Mise en Oeuvre du Projet

Le Projet sera réalisé par la DNHE, et en particulier par le Service de la Qualité des Eaux, avec la participation active de la Cellule Informatique et de Planification.

En ce qui concerne le personnel expatrié, le projet emploiera:

- un Consultant Hydrochimiste, Chef de Projet, pour une durée totale de 12 mois.

4. Stratégie Alternative de Mise en Oeuvre

Aucune stratégie alternative n'est à envisager.

IV. Engagement du Pays Bénéficiaire

1. Soutien Homologue

La désignation d'un Directeur de Projet et du personnel affecté au Projet ne devrait pas poser de problèmes particuliers.

2. Accords Légaux et Déploiement Futur de Personnel

Le Projet ne nécessite pas l'embauche de personnel par l'Administration. Le maintien du personnel actuel après la fin du Projet ne devrait pas poser de problèmes particuliers.

V. Risques

Une coordination poussée est nécessaire avec:

- le Ministère de la Santé
- l'Eau du Mali.

Par ailleurs, la position de quasi-monopole du Service de la Qualité des Eaux peut constituer un risque dans le cadre de prestations pour des tiers. Des mesures devront donc être prises dans ce domaine.

VI. Interventions

1. Sommaire des Interventions

Les intrants du personnel expatrié et les différentes activités du Projet sont décrites plus haut.

2. Budget Schématique

Personnel		US \$
National	International	
Chef de Projet 36 mois à 280		10.080
Ingénieurs chimistes 72 mois à 240		17.280
Techniciens 216 mois à 200		43.200
Personnel d'appui 15.120		
Indemnité déplacement personnel national 12.000		
	Chef de projet 12 mois 20.000	240.000
	Allocation de subsist. 360 jours à 150	54.000
	Billets d'avions 6 AR à 2.500	15.000
Sous Total		406.680
Equipement		
Matériel informatique		16.800
Logiciels		10.000
Matériel laboratoire		181.900
Matériel de terrain		33.500
Véhicules 4x4 légers	2	72.000
Fonctionnement		
Matériel, consommable		96.060
Véhicules		72.000
Sous Total		482.260
Coût homologué estimé		85.680
Financement extérieur		803.260
TOTAL		888.940

3. Stratégies

Aucune stratégie particulière n'est à prévoir pour la mise en oeuvre du Projet.

Appendice A

Personnel International

Le Chef de Projet aura une expérience professionnelle de plus de dix années. Il devra avoir aussi plus de cinq ans d'expérience dans le domaine de la gestion de Laboratoire d'analyse d'eau en Afrique Sahélienne. Il coordonnera la mise en place des équipements techniques, les opérations de formation du personnel national, ainsi que les campagnes de prélèvements en vue d'analyses. Ses connaissances en informatique lui permettront de mettre en place:

- un système d'information dévolu au contrôle de la qualité des eaux et compatible avec SIGMA,
- un système de gestion du Laboratoire.

Appendice B

Formation

Outre la formation sur le tas, les formations suivantes seront assurées :

- les techniques d'analyse, le contrôle de la qualité des résultats,
- les traitements de données,
- l'utilisation de la micro-informatique.

Cette formation sera dispensée par le Consultant, sous forme d'ateliers.

Appendice C

Equipement

1. Matériel informatique

- 1 Micro-ordinateur 386, RAM 4 Mo
- 6 Imprimantes
- 2 Tables traçantes
- 1 Onduleur
- Logiciels: Utilitaires, tableur, traitement de texte, interprétation des sondages électriques, interprétation des essais de pompages ...

2. Matériel de laboratoire

- 1 Chromatographe phase gazeuse avec accessoires
- 1 Chromatographe ionique
- 1 Four à graphite pour absorption atomique GFA
- 1 Balance de précision type 12526031 AT 250 ou similaire
- 1 Spectromètre UV-visible avec accessoire
- 2 Titrimètres
- 2 DBO-mètres
- 1 DCO-mètre
- 1 Lot de réactifs chimiques
- 1 Lot petit matériel de Laboratoire
- 2 Oxygène de terrain OXI 96A-A ou similaire
- 10 Lampes cathodiques creuses pour absorption atomique
- 1 Distillateur automatique d'eau
- 1 Flocculateur

3. Matériel de terrain

- 2 Préleveurs d'échantillons type EPIC 1011 avec chariot
- 1 Préleveur type 800 SL ou similaire
- 1 Station de prélèvement type AAX 9465D ou similaire
- 1 Station Minilab complète

4. Véhicules

- 2 4X4 légers

DOCUMENT DE PROJET N° 6

PAYS : Mali

DATE : Juillet 1991

TITRE PROPOSE : Mise en place d'un Service de Documentation
à la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie

**AGENCE GOUVERNEMENTALE
DE MISE EN OEUVRE** : Direction Nationale de l'Hydraulique et de
l'Energie

DUREE ESTIMEE : 2 ans

**CONTRIBUTION INTERNATIONALE
PROVISOIRE** : US \$ 590.000

COUT HOMOLOGUE ESTIME : A décider

SOURCE DE FINANCEMENT : A décider

I. But de l'Aménagement et ses liens avec le Programme pour le Pays

1. Programme pour le Pays

Le développement des ressources en eau souterraines est l'un des facteurs fondamentaux pour le développement sanitaire, social et économique du pays.

Au cours des dix dernières années, des efforts importants ont été menés par le Gouvernement du Mali afin de mettre à disposition des populations de l'eau en quantité et qualité suffisante pour la satisfaction de leurs besoins immédiats.

De très nombreuses études et travaux ont été réalisés et ont fait l'objet de rapports et de documents cartographiques contenant des informations qu'il est important de conserver. Ces documents doivent être stockés dans de bonnes conditions. De plus une gestion convenable doit permettre un accès facile pour les utilisateurs.

A l'heure actuelle les conditions de stockage sont passables pour les documents sur papier. Elles sont inexistantes en ce qui concerne les cartes et les photos aériennes.

L'accès aux documents se fait au moyen de fiches en carton qui ne sont pas à jour. Compte tenu du volume de la documentation une informatisation s'impose.

2. Objectifs du Projet

L'objectif poursuivi est la réhabilitation du Service Documentation tant du point de vue des conditions de stockage que de la gestion.

II. Eléments les plus Importants

- a) Former le personnel du Service Documentation.
- b) Répertorier les documents actuellement rassemblés, et dans la mesure du possible, retrouver les ouvrages disséminés dans les différents services et projets.
- c) Améliorer ou créer des lieux de stockage appropriés.
- d) Acquérir du matériel de reprographie.
- e) Mettre en place un système informatisé de gestion.
- f) Mise en place des circuits de diffusion de l'information.

III. Stratégie du Projet

1. Quels sont les gens et/ou les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet?

La Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie, et les autres Administrations demandeuses d'informations, ainsi que les projets seront les principaux bénéficiaires.

2. Bénéficiaires Désignés

Sans objet.

3. Accords pour la Mise en Oeuvre du Projet

Le Projet sera réalisé par la DNHE.

En ce qui concerne le personnel expatrié, le projet emploiera:

- un Consultant Documentaliste, Chef de Projet, pour la durée du Projet.

4. Stratégie Alternative de Mise en Oeuvre

Aucune stratégie alternative n'est à envisager.

IV. Engagement du Pays Bénéficiaire

1. Soutien Homologue

La désignation d'un Directeur de Projet et du personnel affecté au Projet ne devrait pas poser de problèmes particuliers.

La DNHE fournira les locaux.

2. Accords Légaux et Déploiement Futur de Personnel

Le Projet ne nécessite pas l'embauche de personnel par l'Administration. Le maintien du personnel actuel après la fin du Projet ne devrait pas poser de problèmes particuliers.

V. Risques

Aucun risque particulier n'est à envisager.

VI. Interventions

1. Sommaire des Interventions

Les intrants du personnel expatrié et les différentes activités du Projet sont décrites plus haut.

2. Budget Schématique

Personnel		US \$
National Documentaliste 24 mois techniciens 72 mois	International Chef de projet 24 mois à 16.000 Allocation de subsist. 720 jours à 150 Billets d'avions 3 AR à 6.000	 384.000 108.000 18.000
Sous Total		510.000
Equipement Matériel informatique et logiciels Matériel de reprographie Matériel d'archivage Fonctionnement Matériel, consommable		30.000 10.000 20.000 20.000
Sous Total		80.000
TOTAL		590.000

3. Stratégies

Aucune stratégie particulière n'est à prévoir pour la mise en oeuvre du Projet.

Appendice A

Personnel International

Le Consultant Documentaliste, Chef de Projet, aura une expérience professionnelle de plus de cinq années. Il devra avoir aussi une bonne connaissance de l'informatique et plus particulièrement des systèmes d'information.

Appendice B

Formation

Outre la formation sur le tas, une formation sera assurée dans le domaine de l'informatique, des bases de données et de la documentation informatisée. Cette formation sera dispensée par le Consultant sous forme d'ateliers.

Appendice C

Equipement

1. Matériel informatique

- 1 Micro-ordinateur 386, RAM 4 méga octets
- 2 Imprimantes
- Logiciels

2. Matériel de reprographie

- 1 Photocopieuse
- 1 Tireuse de plan

3. Matériel d'archivage

Rayonnages, meubles à cartes,

ANNEXE C
BIBLIOGRAPHIE

AUTEUR	ORGANISME	TITRE	ANNEE
	JEUNE AFRIQUE	ATLAS DU MALI	1980
	TAMS	LES RESSOURCES TERRESTRES AU MALI	1983
	OFFICE STATIS- TIQUE DES COMMUNAUTES EUROPEENNES	PLUVIOMETRIE DU MALI 1936-1985	1988
	DNGM/BRGM	NOTICE EXPLICATIVE DE LA CARTE GEOLOGIQUE AU 1/1 500 000 DE LA REPUBLIQUE DU MALI	1981
R. REICHELT	MEMOIRE BRGM N° 53	GEOLOGIE DU GOURMA (AFRIQUE OCCIDENTALE) - UN SEUIL ET UN BASSIN DU PRECAMBRIEN SUPERIEUR - STRATIGRAPHIE, TECTONIQUE, METAMORPHISME	1972
	PNUD/DCTD	PROJET MLI/74/001 - RAPPORT FINAL	1976
	BRGM/BURGEAP	PROGRAMME CEAO D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE DANS LES 1ERE ET 2EME REGIONS - RAPPORT DE FIN DE TRAVAUX (1983-1986)	1986
	LAMBERT HYDROGEÓ	PROJET DE DEVELOPPEMENT RURAL INTEGRE DU KAARTA (ODIK) - PHASE II - RAPPORT TECHNIQUE - ACDI	1988
	BERHI INTERNAT.	PROJET PNUD MLI/80/005 - ROUTE DU SEL - PHASE 1 - RAPPORT DE SYNTHESE	1984
	PNUD/DCTD	PROJETS MLI/80/005 ET 80/027 - ROUTE DU SEL - RAPPORT FINAL	1989
J. ARCHAMBAULT	CIEH	REFLEXIONS SUR L'ALIMENTATION DES NAPPES PHREATIQUES EN AFRIQUE SUB-SAHARIENNE	1986
J. ROURE	SERV. HYDRO AOF C & M	HYDROGEOLOGIE DU SOUDAN OCCIDENTAL - CARTE AU 1/1 000 000 ETUDE PRELIMINAIRE SUR L'AGRESSIVITE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA ZONE DU PROJET DE COOPERATION MALI-ITALIE (CERCLES DE KATI, KOULIKORO ET KANGABA	1957 1987
K.F. SAAD	UNESCO	ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE L'EST DU MALI	1989
G.B. ALLISON	J. HYDROL.	ESTIMATION OF EVAPORATION FROM NORMALLY DRY LAKE IN SOUTH AUSTRALIA	1985
C.J. BARNES			
J.C. FONTES	J. HYDROL.	ESTIMATION OF LONG TERM DIFFUSE GROUNDWATER DISCHARGE IN THE NORTHERN SAHARA USING STABLE ISOTOPE PROFILES IN THE WATER	1986
M. YOUSFI			
G.B. ALLISON			
C. SONNTAG	TECH.DOC	LABORATORY AND FIELD EXPERIMENTS OF INFILTRATION AND EVAPORATION OF SOIL WATER BY MEANS OF DEUTERIUM AN OXYGEN 18	1985
D. CHRISTMANN	AIEA		
K.O. MUNNICH			
J.F. ARANYOSSI	BRGM	ETUDE PAR LES ISOTOPES DE L'ENVIRONNEMENT DES DEPRESSIONS PIEZO- METRIQUES: PREMIERES DONNEES SUR DES EXEMPLES AU MALI	1989
A. GUERRE			
M. SIDORO			
J.C. FONTES	NON EDITE	GEOCHEMICAL EVALUATION OF GROUNDWATER EVOLUTION AND RECHARGE IN	

AUTEUR	ORGANISME	TITRE	ANNEE
J.N. ANDREWS W.M. EDMUNDS A. GUERRE Y. TRAVI R. DEGALLIER		ARID AREAS: THE AZAOUAD DEPRESSION OF NORTHERN MALI	1990
	BRGM	UN MODELE DE SIMULATION DES ECOULEMENTS SUPERFICIELS ET SOUTERRAINS: LE MODELE SIMERO - 1972	
	BRGM	ETUDE DE LA SERIE PIEZOMETRIQUE DE TIORIBOUGOU (MALI) PAR LE MODELE GLOBAL PLUIE-NIVEAU GARDENIA - NOTE PROVISoire	1986
	GEOHYDRAULIQUE CIEH	NOTICE D'EXPLICATION ET D'UTILISATION DE LA CARTE DE POTENTIALITE EN EAU SOUTERRAINE DE L'AFRIQUE OCCIDENTALE ET CENTRALE - CCCE, CIEH	1986
	CIEH	CARTE DE PLANIFICATION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE L'AFRIQUE SOUDANO-SAHELIENNE DANS LES ETATS MEMBRES DU CIEH	1976
	MINISTERE DU PLAN	PLAN QUINQUENNAL DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL 1987-1991	1988
	CIEH	EVALUATION DU SECTEUR EAU DES PAYS DU SAHEL	1989
		PROPOSITION DE DECRET PORTANT ORGANISATION ET MODALITE DE FONCTION- NEMENT DE LA DIRECTION NATIONALE DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE	1985
	REPUBLIQUE DU MALI	PROPOSITION DE LOI FIXANT LE REGIME DES EAUX	1989
	BURGEAP DNHE CCCE	PROJET D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE MALI AQUA VIVA - RAPPORT D'EXPLOI- TATION DES ENQUETES DE PROGRAMMATION ET RAPPORT DE FIN DE CAMPAGNE	1989
	FED - CILSS	PROGRAMME REGIONAL SOLAIRE	1987
	WORLD BANK	RURAL WATER SUPPLY AND SANITATION - TIME FOR CHANGE - DISCUSSION PAPER 18	1984
	BURGEAP	L'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE DANS LES PAYS MEMBRES DU CILSS: SITUATION AU MALI	1982
	WORLD BANK	RURAL WATER SUPPLY AND SANITATION IN SUB-SAHARAN AFRICA - DOCUMENT PROVISoire ET CONFIDENTIEL	1989
J. BILLERET	CEES	LE POMPAGE AU MALI - SITUATION AU 15/02/88	1988
	BURGEAP	PROGRAMME REGIONAL D'UTILISATION DE L'ENERGIE SOLAIRE PHOTO-VOLTAIQUE DANS LES PAYS DU CILSS	1987
	BRGM-CIRAD GERSAR	GROUNDWATER AND RURAL DEVELOPMENT IN SUBSAHARIAN AFRICA	1985

AUTEUR	ORGANISME	TITRE	ANNEE
	PNUD-DCTD	PROJET MLI/85/005 - INTERPRETATION DES VARIATIONS PIEZOMETRIQUES ET EVALUATION DES RESSOURCES RENOUVELABLES	1984
	PNUD-DCTD	PROJET MLI/85/005 - RECHERCHE D'EAUX SOUTERRAINES EN ZONES DOLERITIQUE	1984
	PNUD-DCTD	PROJET MLI/85/005 - SURVEILLANCE DES NAPPES AU MALI: RESEAU PIEZOMETRIQUE NATIONAL 1981-1988	1988
	PNUD-DCTD	PROJET MLI/85/005 - CARTE PIEZOMETRIQUE DU MALI ET NOTICE EXPLICATIVE	1988
	PNUD-DCTD	PROJET MLI/85/005 - ESSAI D'INTERPRETATION DES FLUCTUATIONS DES NAPPES OBSERVEES SUR LE RESEAU PIEZOMETRIQUE DU MALI DURANT LA PERIODE 1981-1988	1989
	PNUD-DCTD	RESULTATS ET INTERPRETATION DES ANALYSES ISOTOPIQUES REALISEES AU MALI JUSQU'AU 31/12/88	1989
	PNUD-DCTD	CARACTERISTIQUES HYDRO-CHIMIQUES DES AQUIFERES DU MALI	1989
	PNUD-DCTD	REVIEW ON THE AVAILABLE DATA COLLECTED BY DIFFERENT DRILLING PROJECTS IN MALI AND SIGNIFICANCE OF THE ESTIMATED WELL AND AQUIFER CHARACTERISTICS	1989
	PNUD-DCTD	DONNEES SUR LES RELATIONS EAU DE SURFACE-EAU SOUTERRAINE AU MALI	1989
	PNUD-DCTD	RESSOURCES ET EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES	1990
P. PALLAS	DCTD	EXEMPLE D'ETUDES DE RESSOURCES EN EAU D'UN BASSIN VERSANT DU PLATEAU MANDINGUE SUR MODELE MATHEMATIQUE DE SIMULATION D'ECOULEMENT	1985
	DCTD	RAPPORT SUR LES TRAVAUX EXECUTES A SANSANDING, NIONO, ET NAMPALA DANS LE CADRE DU PROGRAMME UNICEF OMS	1986
	UNICEF-USAID	RAPPORT D'AVANCEMENT (15/1 - 15/4/86) DU PROGRAMME D'URGENCE D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE UNICEF USAID	1986
	DCTD	REALISATION DE 64 FORAGES D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE DANS LES CERCLES DE NIONO, NIAFUNKE ET TENENKOU DANS LE CADRE DU PROGRAMME D'URGENCE UNICEF USAID	1986
	DCTD	PROJET UNICEF MOPTI-TOMBOUCTOU: RAPPORT INTERIMAIRE SUR LES TRAVAUX DE FORAGE REALISES ENTRE JANVIER 1984 ET JUILLET 1986	1987
	DCTD	RAPPORT SUR L'EXECUTION DE TREIZE FORAGES DANS L'ARRONDISSEMENT DE MONINNPE (CERCLE DE MACINA) DANS LE CADRE DU PROGRAMME COMPLEMENTAIRE D'URGENCE D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE DE L'UNICEF-USAID	1987
	DCTD	ETUDE HYDROGEOLOGIQUE POUR L'ADDUCTION DE LA VILLE DE SAN: NOTE RECAPITULATIVE SUR LES ETUDES ET TRAVAUX DE RECONNAISSANCE REALISES PAR LE PROJET PNUD/DCTD MLI/84/005	

AUTEUR	ORGANISME	TITRE	ANNEE
	DNHE/BAD	ETUDE HYDROGEOLOGIQUE COMPLEMENTAIRE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE SAN	1987
	DNHE/BAD	ETUDE HYDROGEOLOGIQUE COMPLEMENTAIRE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE BOUGOUNI	1987
	DNHE/ACDI	ETUDE HYDROGEOLOGIQUE POUR L'ADDUCTION D'EAU DE LA VILLE DE GOUNDAM: RAPPORT TECHNIQUE	1987
	DNHE/UNICEF	PROJET UNICEF MOPTI-TOMBOUCTOU: RAPPORT FINAL	1988
	DNHE/DCTD	ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA REGION DE SAN: SIMULATION DE L'ECOULEMENT SOUTERRAIN SUR MODELE MATHEMATIQUE	1988
B. SALZMANN	DNHE/DCTD	ETUDE GEOELECTRIQUE DU DETROIT SOUDANAIS: RAPPORT DE STAGE	1988
	DNHE/DCTD	NOTE RECAPITULATIVE SUR L'ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS LA ZONE DE KOUTIALA	1989
	DNHE/DCTD	ANNUAIRES DES FORAGES DU MALI:	
		FASCICULE N° 1: 1956 - JUILLET 1985	1985
		FASCICULE N° 2: AOUT 1985 - SEPTEMBRE 1986	1987
		FASCICULE N° 3: OCTOBRE 1986 - SEPTEMBRE 1987	1987
		FASCICULE N° 4: OCTOBRE 1987 - DECEMBRE 1988	1988
		FASCICULE N° 5: JANVIER 1989- AOUT 1990	1990
	DNHE/DCTD	REPERTOIRE DES POMPAGES D'ESSAI REALISES AU MALI AU 31/12/88	1989
	DNHE/DCTD	REPERTOIRE DES ANALYSES CHIMIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU DU MALI AU 31/12/88	1989
	PNUD/DCTD	PROJET MLI/84/005 - SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU MALI	1990
	PNUD/DCTD	PROJET MLI/84/005 - SCHEMA DIRECTEUR DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI	1990

AUTEURS	CLIENT	ANNEE	TITRE	DISP	ARCHI.	OBJET	TYPE
LESGUILLONS F., RODIER J. EDF		1949	MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU COURS SUPERIEUR DU NIGER.	O		HYDROL	4
		1952	BASSIN DU NIGER. A VANT PROJET D'AMENAGEMENT DES RAPIDES DE KENIE. ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE DE BAMAKO DOSSIER A : ETUDE ECONOMIQUE - DOSSIER B : DESCRIPTION DES OUVRAGES - DOSSIER C : PLANS - DOSSIER D : ESTIMATIONS.	O		DIVERS	1
AUVRAY C. AUVRAY C.		1952	ETUDE DES POSSIBILITES D'AMELIORATION DE LA NAVIGATION SUR LE NIGER.	O		HYDROL	1
		1952	NIGER COURS MOYEN. ETUDE DE LA CRUE 1951-1952. BILAN DES PERTES. ETUDE PRELIMINAIRE DE LA ZONE LACUSTRE.	O		HYDROL	4
AUVRAY C.		1953	«L'HYDROLOGIE ET LA NAVIGATION SUR LE NIGER DE KOULIKORO A MOPTI. DANS "ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER, ANNEE 1951".	O		HYDROL	3
EDF-IGUFE		1953	NAVIGATION SUR LE NIGER. AMENAGEMENT DE LA SECTION BAMAKO-KOULIKORO. RAPPORT TECHNIQUE : I - DONNEES DE BASE. II - ETUDE DES DIVERSES SOLUTIONS. III - AVANT-PROJET SOMMAIRE.	O		DIVERS	1
		1952	LES STATIONS LIMNIMETRIQUES DU SOUDAN.	O		HYDROL	1
AUVRAY C. AUVRAY C.		1954	AMELIORATION DE LA NAVIGATION. PROJET D'UNE DIGUE SUBMERSIBLE SUR LE DIAKA.	O		HYDROL	4
AUVRAY C. AUVRAY C.		1954	LES STATIONS LIMNIMETRIQUES ET HYDROMETRIQUES DU BASSIN DU NIGER.	O		HYDROL	4
EDF-IGUFE		1955	RAPPORT ANNUEL (HYDROLOGIE). ANNEE 1954.	N		HYDROL	3
		1957	SUREQUIPEMENT DE LA CENTRALE DU FELOU. ELEMENTS DE BASE POUR LA MISE AU POINT DU PROJET. NOTE HYDROLOGIQUE.	N		HYDROL	4
EDF-IGUFE		1957	PROSPECTION SUR DOCUMENTS DE SITES DE BARRAGES DE REGULARISATION SUR LE BASSIN SUPERIEUR DU NIGER.	N		HYDROL	1
DUBREUIL P. DUBREUIL P. DUBREUIL P. BRAQUAVAL R.	M.E.A.N	1957	NOTE SUR UNE TOURNEE DE RECONNAISSANCE DANS L'ADRAR DES IFFORAS.	N		DIVERS	4
		1958	ETUDE HYDROLOGIQUE SUCCINTE DU RESEAU D'ALIMENTATION DES LACS TELE ET FAGUIBINE	N		HYDROL	4
		1958	LES STATIONS LIMNIMETRIQUES ET HYDROMETRIQUES DU BASSIN DU NIGER.	N		HYDROL	4
		1959	«REGION DE KESSOU. NOTE HYDROLOGIQUE. REPRISE DE L'ETUDE DE P. DUBREUIL "SUR LE RESEAU D'ALIMENTATION DES LACS TELE ET FAGUIBINE.»	O		HYDROL	4
BRAQUAVAL R.		1959	AMENAGEMENT DE LA PLAINE DE SAN-EST. ETUDE HYDROLOGIQUE DU BANIFING DE SAN. 2 TOMES : TOME I ET II.	O		HYDROL	4
EDF-IGUFE		1959	PROSPECTION DES SITES DE BARRAGES EN VUE DE LA REGULARISATION DU NIGER. RAPPORT DE SYNTHESE.	N		HYDROL	4
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE		1959	B.V. DU BANIFING DE SAN. RAPPORT PRELIMINAIRE.	O		HYDROL	3
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE		1960	B.V. DE FARAKO ET DE KOBAFINI A LOULOUNI. RAPPORT PRELIMINAIRE.	O		HYDROL	3
DUBREUIL P.		1960	ALIMENTATION EN EAU DES LACS TELE ET FAGUIBINE. CONGRES CCTA DE NAIROBL	O		HYDROL	4
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE		1960	AMENAGEMENT DE LA PLAINE DE SAN-EST. ETUDE HYDROLOGIQUE DU BANIFING DE SAN. RAPPORT COMPLEMENTAIRE SUR LA CRUE DE 1959.	O		HYDROL	4
BRUNET-MORET Y, DUBREUIL P.		1960	AMENAGEMENT DE LA PLAINE DE LOULOUNI (REGION DE SIKASSO). ETUDE HYDROLOGIQUE DU KOBAFINI.	O		HYDROL	4
AUVRAY C.		1960	UN CAS DE REGULARISATION NATURELLE PAR DEBORDEMENT ET EFFLUENCE A LA STATION DE TILEMBEYA SUR LE NIGER (MALI). CONGRES CCTA DE NAIROBL	O		HYDROL	4
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE		1960	ETAT ACTUEL DES ETUDES HYDROLOGIQUES DANS LA REPUBLIQUE DU MALI.	O		HYDROL	4
DUBREUIL P.		1961	AMENAGEMENT DES LACS TELE ET FAGUIBINE. ETUDES HYDROCLIMATOLOGIQUES.	O		HYDROL	4
ROCHE M.		1961	NOTE HYDROLOGIQUE POUR L'EQUIPEMENT DU BARRAGE DE MARKALA.	O		HYDROL	4
POURRUT P., DUBEE C.		1962	ETUDE HYDROLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX DE KANGABA. CAMPAGNE 1960.	O		HYDROL	3
BRUNET-MORET Y.		1963	ETUDE GENERALE DES AVERSES EXCEPTIONNELLES EN AFRIQUE OCCIDENTALE. REPUBLIQUE DU MALI.	O		CLIMAT	1
EDF-IGECO		1965	RAPPORT DE SYNTHESE POUR UN DEVELOPPEMENT INTEGRE DU BASSIN DU NIGER DANS LA REPUBLIQUE DU MALI.	O		HYDROL	4
JACCON G.	DHE	1968	LA CRUE EXCEPTIONNELLE DU FLEUVE NIGER EN 1967. NOTE HYDROLOGIQUE.	O		HYDROL	4
JACCON G., DJIGANDE O., KOTTA G.	DHE/CTEH	1968	HYDROLOGIE DU BASSIN DU SENEGAL A L'AMONT DE BAKEL. ETUDE DES CRUES 1965-1966-1967. CAMPAGNE HYDROLOGIQUE 1967.	O		HYDROL	3

AUTEURS	CLIENT	ANNEE	TITRE	DISP	ARCHL	OBJET	TYPE
CAMUS H., MOLINIER M.		1969	ETUDE HYDROLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS DU BARRARO ET DU DJITIKO. RAPPORT PRELIMINAIRE.	O		HYDROL	3
JACCON G.	DHE	1969	HYDROLOGIE DU BASSIN DU SENEGAL : ETUDE DU BAFING A DIBIA ET DE LA CRUE 1968.	N		HYDROL	4
JACCON G.	DHE	1969	NOTE SUR LES BASSINS VERSANTS REPRESENTATIFS EN REPUBLIQUE DU MALI ET LEUR INTERET.	N		HYDROL	4
JACCON G.		1969	NOTE SUR L'ETALONNAGE DU NIGER A MOPITI (TEXTE PROVISoire).	O		HYDROL	3
MOLINIER M.		1969	ETUDE HYDROLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS DU BARRARO ET DU DJITIKO. RAPPORT DEFINITIF.	O		HYDROL	4
JACCON G.	DHE	1969	NOTE SUR L'HYDROLOGIE DU NIGER ENTRE DIRE ET NIAMEY.	O		HYDROL	4
MONIOD F.	DHE	1970	NOTE SUR LA PROPAGATION DE LA CRUE DU NIGER ET DU BANI EN AVAL DE KOULIKORO ET DE DOUNA.	O		HYDROL	4
MONIOD F.	UNESCO/DHE	1970	RAPPORT DE TOURNEE EFFECTUEE DANS LA CUVETTE LACUSTRE DU NIGER.	O		HYDROL	4
MONIOD F.	UNESCO/DHE	1970	POUR UN PROGRAMME D'ETUDES VISANT A ELUCIDER LES ANOMALIES DU REGIME DE CRUE DU NIGER.	O		HYDROL	1
LAMAGAT J.P.		1971	TARAGES NON UNIVOQUES DES STATIONS DU NIGER ET DU BANI.	O		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1972	HYDROMETRIE DES OUVRAGES DE L'OFFICE DU NIGER.	O		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1972	RECONNAISSANCE DU BARRAGE DE SELINGUE SUR LE FLEUVE SANKARANI (MALI). RAPPORT FINAL. HYDROLOGIE. COMMENTAIRES ET CALCUL DES CRUES DE FREQUENCES RARES.	O		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1973	ETUDES HYDROLOGIQUES DE L'OPERATION RIZ. RAPPORT TRIMESTRIEL D'INSTALLATIONS.	O		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1973	ETUDES HYDROLOGIQUES DE L'OPERATION RIZ. FREQUENCES DES HAUTEURS D'EAU DU NIGER DE KOULIKORO A MOPITI.	O		HYDROL	4
DEMBELE A.		1973	ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU MALI. ANNEE HYDROLOGIQUE 1969-1970	O		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1974	DEFICITS PLUVIOMETRIQUES ET HYDROMETRIQUES DE 1971 A 1974.	O		CLIMAT	4
LAMAGAT J.P.		1974	ETUDES HYDROLOGIQUES DE L'OPERATION RIZ. RAPPORT : OBSERVATIONS 1973.	O		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1974	HYDROLOGIE. CALCUL SIMPLE DES PARAMETRES D'AJUSTEMENT DES LOIS STATISTIQUES USUELLES UTILISEES EN HYDROLOGIE. APPLICATION AU NIGER A KOULIKORO.	O		HYDROL	3
BRUNET-MORET Y.	CIEH/MINECOOP	1974	REPUBLIQUE DU MALI. PRECIPITATIONS JOURNALIERES DE L'ORIGINE DES STATIONS A 1965.	O		CLIMAT	4
LAMAGAT J.P.		1975	ETUDES HYDROLOGIQUES DE L'OPERATION RIZ. OBSERVATIONS 1974-1975.	O		HYDROL	3
EDF-DAFECO		1975	PETITS BARRAGES D'ACCUMULATION. RECONNAISSANCE PRELIMINAIRE (SUITE), FEVRIER 1975.	O		HYDROL	1
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE	DHE, DGR	1975	ETUDES STATISTIQUES DES HAUTEURS ET DEBITS DECADEAIRES DES STATIONS DU NIGER ET DU BANI.	O		HYDROL	5
LAMAGAT J.P.	DHE	1975	CONVENTION POUR DES ETUDES HYDROLOGIQUES SUR LE BASSIN DU BANI ET SUR LE BASSIN DU HAUT-NIGER. RAPPORT D'INSTALLATIONS.	O		HYDROL	3
HIEZ G., MAIGNIEN R.		1975	SEMINAIRE DE SENSIBILISATION "LA TELEDETECTION DES RESSOURCES TERRESTRES", TUNIS, 29-30 OCTOBRE 1975.	O		DIVERS	5
LAMAGAT J.P.	DHE	1976	CONVENTION POUR DES ETUDES HYDROLOGIQUES SUR LE BASSIN DU BANI ET DU HAUT-NIGER. BAREMES D'ETALONNAGE PROVISOIRES.	O		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.	DHE	1976	ETUDES HYDROLOGIQUES DU NIGER DANS LA REGION DE GAO.	O		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.	DHE	1976	BARRAGE DE TOSSAYE. ETUDES HYDROLOGIQUES. RAPPORT PROVISoire.	O		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.	DHE	1976	CONVENTION POUR DES ETUDES HYDROLOGIQUES SUR LE BASSIN DU BANI ET DU HAUT-NIGER. RAPPORT DE FIN DE CAMPAGNE 1975.	O		HYDROL	4
CRUETTE, J., DUBEE G., LAMAGAT J.P.	BDPA	1976	DETERMINATION DES CAUSES DES ANOMALIES DES CRUES DU NIGER (MALI). RAPPORT DE LA PREMIERE ANNEE D'ETUDES SUR LES ANOMALIES.	O		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1976	DETERMINATION DES CAUSES DES ANOMALIES DES CRUES DU NIGER. REMISE EN ETAT DU RESEAU HYDROMETRIQUE AU MALI. RAPPORT D'ACTIVITES ET ANNUAIRE 1975.	O		HYDROL	3
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE		1977	ETUDE DE FACTIBILITE DU BARRAGE DE TOSSAYE. AVANT PROJET. HYDROLOGIE.	O		HYDROL	1
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE	DHE	1977	ETUDES HYDROLOGIQUES DE BASSINS VERSANTS DANS LA REGION DE SIKASSO.	O		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.	DHE	1977	CONVENTION POUR DES ETUDES HYDROLOGIQUES SUR LE BASSIN DU BANI ET DU HAUT-NIGER. RAPPORT FINAL 1976.	O		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1977	DETERMINATION DES CAUSES DES ANOMALIES DES CRUES DU NIGER, REMISE EN ETAT DU RESEAU HYDROMETRIQUE AU MALI. RAPPORT D'ACTIVITES ET ANNUAIRE 1976.	O		HYDROL	3

AUTEURS	CLIENT	ANNEE	TITRE	DISP	ARCHL.	OBJET	TYPE
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE LAMAGAT J.P.	MDIT/DHE MINECOOP	1977	ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DU MALI. ANNEE 1970-1971.	0		HYDROL	3
		1977	DETERMINATION DES CAUSES DES ANOMALIES DES CRUES DU NIGER (MALI). ETUDES STATISTIQUES, HAUTEURS ET DEBITS DECADEAIRES.	0		HYDROL	3
MONIOD F.	MINECOOP	1977	DETERMINATION ES CAUSES DES ANOMALIES DES CRUES DU NIGER (MALI). RAPPORT DE SYNTHESE, 1975-1977.	0		HYDROL	4
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE KLEIN J.C.	MINECOOP MINECOOP	1979	ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DU MALI. ANNEE 1977. BASSIN DU NIGER.	0		HYDROL	3
		1979	DETERMINATION DES CAUSES DES ANOMALIES DE LA CRUE DU NIGER. RAPPORT INTERIMAIRE DE LA SECONDE PHASE D'ETUDE (1977-1979).	0		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1978	LE LOTIO A KLELA. NOTE DE CALCUL PROVISoire : - EVALUATION DE LA CRUE CENTENAIRE - EVALUATION DES APPORTS - EVALUATION DES DEBITS AU 15 OCTOBRE..	0		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1978	LE KOB I A BOWARA. NOTE DE CALCUL PROVISoire : EVALUATION DE LA CRUE DECENNALE - EVALUATION DES APPORTS - EVALUATION DU DEBIT AU 15 OCTOBRE.	0		HYDROL	3
LAMAGAT J.P. LAMAGAT J.P.		1979	BASSIN DE GAMBAYE. NOTE DE CALCULS HYDROLOGIQUES.	0		HYDROL	4
		1979	LA BOUCLE DU NIGER. ETUDE DU BIEF RARHOUS-ANSONGO. HAUTEURS MAXIMALES - HAUTEURS MOYENNES DECADEAIRES.	0		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1979	REGION DE SIKASSO. LE LOTIO A KLELA. DEBITS MOYENS JOURNALIERS 78/79, APPORTS ANNUELS, CRUE DE PROJET, DEBITS AU 15 OCTOBRE.	0		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1979	REGION DE SIKASSO. LE DEKOROBOUGOU A ZANIENA. DEBITS MOYENS JOURNALIERS, APPORTS ANNUELS, CRUE DE PROJET, DEBITS ENTRE LE 1ER ET LE 15 OCTOBRE.	0		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1979	REGION DE SIKASSO. LE KOBAFINI A LOULOUML. DEBITS MOYENS JOURNALIERS, APPORTS ANNUELS, CRUE DE PROJET.	0		HYDROL	3
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE LAMAGAT J.P. LAMAGAT J.P.	MINECOOP	1980	ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DU MALI. ANNEE 1978. BASSIN DU NIGER.	0		HYDROL	3
		1978	ETUDES HYDROLOGIQUES DE BASSINS VERSANTS DANS LA REGION DE SIKASSO.	0		HYDROL	4
		1980	REGION SUD DU MALI. BILAN DES OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES. DEBITS SPECIFIQUES DECENNAUX. LE DIAN A LOBOUALA.	0		HYDROL	4
LAMAGAT J.P. LAMAGAT J.P.		1981	SEUIL DU BARRI. COURBES DE REMOUS.	0		HYDROL	3
		1981	ZONE OUEST DU DELTA DU NIGER. HYDROMETRIE DES OUVRAGES. JUSTIFICATION THEORIQUE. APPLICATION.	0		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1981	SEUIL DU BANI. CALCUL DES HAUTEURS MOYENNES DECADEAIRES A : DOUNA - BENENI KEGNY - DJENNE SOFARA - SARE MALA - MOPTI. CALCUL DES DEBITS MOYENS DECADEAIRES A : DOUNA - BENENI KEGNY - SOFARA.	0		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1981	SEUIL DU BANI. GESTION DE LA RETENUE POUR LES FREQUENCES FAIBLES : F = 0,90 - 0,95 - 0, 99. CRUE 1973-1974.	0		HYDROL	4
MORELL M., GRANDIN J.	OFFICE DU NIGER	1981	SEUIL DU BANI. GESTION DE LA RETENUE POUR LES FREQUENCES FAIBLES : F = 0,90 - 0,95 - 0, 99. CRUE 1973-1974.	0		HYDROL	4
MORELL M., GRANDIN J. CHOURET A.		1981	ETALONNAGE OUVRAGE POINT A CANAL DU SAHEL. RAPPORT DEFINITIF.	0		HYDROL	4
		1982	LA CRUE 1982 DU NIGER AU MALI. COMPARAISON AVEC LES PERIODES DE SECHERESSE PASSEES.	0		HYDROL	4
LAMAGAT J.P., GIACOMETTI A.	NATIONS UNIES. D.C.T.D.	1982	EVALUATION DE SITES POUR L'AMENAGEMENT DE PETITES CENTRALES HYDRO-ELECTRIQUES AU MALI. RAPPORT DE MISSION DU 24/11 AU 17/12/81.	0		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1980	DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE IRRIGUEE DANS LA VALLEE DU SENEGAL. ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN SAMANKIDI. INSTALLATIONS DES STATIONS.	0		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1980	DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE IRRIGUEE DANS LA VALLEE DU SENEGAL. OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES DES PLAINES D'INONDATION. ANNEE 1980. RAPPORT PROVISoire.	0		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1981	DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE IRRIGUEE DANS LA VALLEE DU SENEGAL. OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES DES PLAINES D'INONDATION. ANNEE 1980. RAPPORT PROVISoire.	0		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1981	DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE IRRIGUEE DANS LA VALLEE DU SENEGAL. ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN DE KOLEGUEMOU. RESULTATS.	0		HYDROL	3

AUTEURS	CLIENT	ANNEE	TITRE	DISP	ARCHI.	OBJET	TYPE
LAMAGAT J.P., MOLINIER M.	MINECOOP	1983	ETUDE DES ANOMALIES DES CRUES DU NIGER.	O		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1983	PROJET D'AMENAGEMENT DU SEUIL DE DJENNE. ETUDES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES.	O		HYDROL	4
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE	CIEH	1981	ETUDE DE RUISSELLEMENT EN ZONE URBAINE DE BAMAKO. RAPPORT DE CAMPAGNE D'EXPLOITATION 1980.	O		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.	B.C.H.	1983	ANALYSE DE LA VITESSE DE PROPAGATION DES CRUES. APPLICATION A LA PREVISION DES CRUES ET DES ETIAGES. DELTA CENTRAL DU NIGER. MODELE PROVISoire DE PROPAGATION.	O		HYDROL	3
CHOURET A., GUIGUEN N.		1983	PROJET HYDRONIGER. RAPPORT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX DE TERRAIN. DONNEES DE BASE.	O		HYDROL	3
CHOURET A., BERTHAULT C.		1984	RECONNAISSANCE HYDROLOGIQUE DANS "ADRAAR DES IFORAS (REGION DE KIDAL). PROPOSITIONS D'ETUDES ET DONNEES SUR LA SECHERESSE.	O		HYDROL	1
ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE		1983	LA CRUE 1982 SUR LE HAUT BASSIN DU SENEGAL AU MALI. COMPARAISON AVEC LES PERIODES DE SECHERESSE PASSEES.	O		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1983	ETUDE HYDROLOGIQUE DU BIEF AKKA-KORYOUME. HAUTEURS MOYENNES DECADEIRES. DEBITS MOYENS DECADEIRES.	O		HYDROL	3
LAMAGAT J.P.		1984	SEUIL DE DJENNE. COURBES DE REMOUS. GESTION DE LA RETENUE. INFLUENCE DE LA GESTION SUR LES ZONES AVAL.	O		HYDROL	4
LAMAGAT J.P.		1984	FAISABILITE D'UNE METHODE DE PREVISION DES CRUES DU NIGER. APPLICATION AUX STATIONS DE TAMANI ET DE SEGOU.	O		HYDROL	1
VAUCHEL P., GUIGUEN N.		1984	ETUDE HYDROLOGIQUE COMPLEMENTAIRE DE LA CUVETTE LACUSTRE DU NIGER. RAPPORT PROVISoire.	O		HYDROL	3
CHOURET A., BERTHAULT C.		1985	BASSIN VERSANT DE L'OUED DE KIDAL (ADRAR DES IFORAS). CAMPAGNE 1984.	O		HYDROL	3
GUIGUEN N.		1985	ETUDES HYDROLOGIQUES COMPLEMENTAIRES DE LA CUVETTE LACUSTRE DU NIGER. RAPPORT FINAL.	O		HYDROL	4
CHOURET A., BERTHAULT C., PEPIN Y.		1986	PERSISTANCE DE LA SECHERESSE AU SAHEL. ETUDE DE STATIONS PLUVIOMETRIQUES ET HYDROLOGIQUES DE LONGUE DUREE AU MALI. OBSERVATIONS DE L'ANNEE 1985.	O		CLIMAT	3
LAMAGAT J.P.		1986	SEUIL DE DJENNE. ETUDES HYDROLOGIE - HYDRAULIQUE.	O		HYDROL	4
PEPIN Y., KONE B.		1986	BASSIN VERSANT DE L'OUED DE KIDAL (ADRAR DES IFORAS). CAMPAGNE 1985.	O		HYDROL	3
GUIGUEN N., PEPIN Y.		1986	ETUDE HYDROLOGIQUE EN HAUTE GUINEE. BASSIN DU NIGER. CAMPAGNE 1986.	O		HYDROL	3
PEPIN Y., BERTHAULT C., KONE B.		1987	BASSIN VERSANT DE L'OUED KIDAL (ADRAR DES IFORAS). CAMPAGNE 1986.	O		HYDROL	3
GUIGUEN N.		1987	UN RESEAU DE TELETRANSMISSION EN AFRIQUE. L'EXPERIENCE HYDRONIGER.	O		HYDROL	4
GAUTIER M., GUIGUEN N., PEPIN Y.		1987	EQUIPEMENT DU RESEAU LIMNIMETRIQUE UTILISE PAR OCP EN HAUTE GUINEE, A L'AIDE D'UN SYSTEME ARGOS-CHLOE DE TELETRANSMISSION DES DONNEES HYDROLOGIQUES. RAPPORT DE MISSION DE POSE DE 15 BALISES EN GUINEE, MALI ET COTE D'IVOIRE DU 14/01 AU 13/02 1987.	O		HYDROL	4
CHOURET A., PEPIN Y.		1988	LE POINT SUR LA SECHERESSE AU MALI A LA MI-JUIN 1988 : DONNEES HYDROPLUVIOMETRIQUES A QUELQUES STATIONS DE LONGUE DUREE.	O		CLIMAT	4
GUIGUEN N., PEPIN Y., TRAORE A.K.	OMS/OCP	1988	INSTALLATION DE 6 TELEBALISES ARGOS-CHLOE SUR LE RESEAU LIMNIMETRIQUE UTILISE PAR LE PROGRAMME ONCHOCERCOSE DANS LE BASSIN DU SENEGAL. RAPPORT DE MISSION.	O		HYDROL	4
GUIGUEN N., PEPIN Y.		1988	INSTALLATIONS DE 5 STATIONS HYDROMETRIQUES EQUIPEES D'UN SYSTEME D'ACQUISITION LIMNIGRAPHIQUE CHLOE-ARGOS SUR LES BASSINS DU KONKOURE ET DE LA FATALA EN MOYENNE GUINEE. RAPPORT DE MISSION.	O		HYDROL	4
CHOURET A., PEPIN Y.		1989	L'HIVERNAGE 1988 AU MALI. SA PLACE DANS LES SERIES HYDROPLUVIOMETRIQUES DE STATIONS DE LONGUE DUREE D'OBSERVATION.	O		DIVERS	4
PEPIN Y.		1989	BASSIN VERSANT DE KAMBO. REGION DE KADIOLO AU MALI. RAPPORT DE MISSION DE JUIN 1989.	O		HYDROL	4
PEPIN Y., GUIGUEN N.		1989	BASSIN VERSANT DE KAMBO REGION DE KADIOLO AU MALI. PROCES-VERBAL DES INSTALLATIONS DE MARS 1989. PROGRAMME BAS-FONDS - CEE N_TS2A 0017 F.	O		HYDROL	4
PEPIN Y.		1989	PROGRAMME BAS-FONDS. BASSIN VERSANT DE KAMBO, REGION DE KADIOLO AU MALI. SYNTHESE DES OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES 1988 ET 1989.	O		HYDROL	4
OLIVRY J.C.		1990	GEODYNAMIQUE DE L'HYDROSPHERE CONTINENTALE. RAPPORT D'ACTIVITE DE L'UR 2A (1987-1990).	O		DIVERS	3

AUTEURS	CLIENT	ANNEE	TITRE	DISP	ARCL	OBJET	TYPE
DIR. NAT. HYDRAULIQUE ET ENERGIE		1986	ACTUALISATION DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE DU BIEF AKKA-KORYOUME, HAUTEURS MOYENNES DECADAIRES.	N	DNHE	HYDROL	4
DIR. NAT. HYDRAULIQUE ET ENERGIE		1988	INFLUENCE DES BARRAGES DE SELINGUE ET DE MARKALA SUR LES DEBITS A L'AVANT.	N	DNHE	HYDROL	4
DIR. NAT. HYDRAULIQUE ET ENERGIE		1990	REPLISSAGE DES DAOUNAS, INFLUENCE SUR LE NIGER.	N	DNHE	HYDROL	4
PUECH C. & CHABI GONNI D.	CIEH	1984	COURBES HAUTEUR DE PLUIES-DUREE-FREQUENCE. AFRIQUE DE L'OUEST ET CENTRALE POUR DES PLUIES DE DUREE 5MINUTES A 24 HEURES		CIEH	CLIMAT	
DEGOULET A.	CIEH	1985	ETUDE DES PLUIES JOURNALIERES DE FREQUENCE RARE AU MAI - MAURITANIE ET SENEGAL		CIEH	CLIMAT	

ANNEXE D
UNITES HYDROGEOLOGIQUES

Système Aquifère	Unité Hydrogéol.	Surface .km2	Secteur Hydrogéol.	Surface km2
CTQ 1 Conti- nental Terminal/ Quater- naire	11 Gondo	pm	11 Koro	pm
	12 Fossé de Gao	59180	12a Gao 12b Menaka	31940 27240
	13 Azaouad S.	61620	13 Azaouad S.	61620
	14 Gourma N-O	24360	14 Gourma N-O	24360
	15 Delta Intérieur	57670	15a Niono- Dioura 15b Macina Diaka 15c Bani-Niger	18350 16140 23180
CSE 2 Crétacé supérieur Eocène Inférieur	21 Bordure Adrar	138910	21a Azaouak	48790
			21b Tilemsi- Telataye	27280
			21c Nord Adrar	62840
CIT 3 Conti- nental Interc./ Terminal	31 Azaouad Nord	188320	31a Araouane S 31b Araouane N	84950 103370
	32 Fossé de Nara	20550	32 Fossé de Nara	20550
CIN 4 Conti- nental Inter- calaire	41 Tamesna	17920	41 Tamesna	17920
	42 Khenachich	64400	42a Kenachich Ouest 42b Kenachich Est	51200 13200
PRI 5 Primaire indif- férencié	51 Taoudenni	112700	51 Taoudenni	112700
CAM 6 Cambrien	61 Ouagadou	30970	61a Nara	14400
			61b Diéma	11950
61c Ballé			4620	
	62 Kaarta	35090	62a Nioro 62b Diallan	12250 22840

Système Aquifère	Unité Hydrogéol.	Surface km2	Secteur Hydrogéol.	Surface km2
ICT 7 Infra-Cambrien Tabulaire	71 Plateau Dogon	12780	71a plateau N. 71b plateau S.	8680 4100
	72 San et Koutiala	19670	72a Koutiala 72b San 72c Yorosso	9520 6810 3340
	73 Bani moyen	39190	73a Dioila 73b Sikasso 73c Banifing aval 73d Banifing amont	18460 7710 8730 4290
	74 Plateau Mandingue Est	35740	74a Kolokani-Mourdiah 74b Kati-Banamba 74c Segela-Guiré	15770 11410 8560
	75 Baoulé	19210	75a Boucle du Baoulé 75b Negala	12560 6650
	76 Bakoye	19120	76a Kita 76b Siracoro	13220 5900
	77 Bafing	29100	77a Bafoulabé 77b Tambaoura Est 77c Bafing Nakana	13370 8930 6800
ICP 8 Infra-Cambrien plissé métamorphique	81 Nord delta	5660	81 Goundas-Soumpi	5660
	82 Gourma	78350	82a Gourma central 82b Gourma sud 82c Gourma est 82d Gourma O.	23580 19230 25440 10100
	83 Gondo	13410	83 Gondo	13410

Système Aquifère	Unité Hydrogéol. km2	Surface Hydrogéol. km2	Secteur Hydrogéol. km2	Surface Hydrogéol. km2
SOC 9 Socle	91 Adrar des Iforas	77070	91a Ouest Adrar	62860
			91b Est Adrar	14210
	92 Bagoé	20430	92a Kolondiéba	8030
			92b Niena	8040
			92c Kadiolo	4360
	93 Baoulé	20770	93a Baoulé amt.	12690
93b Baoulé aval			8080	
94 Sankarani	15260	94a Kangaba	8600	
		94b Yanfolila	6660	
95 Kéniéba	9100	95 Kéniéba	9100	
96 Kayes	13450	96a Tambakara	6550	
		96b Aourou	3480	
		96c Ambidedi	3420	

ANNEXE E
BULLETIN HYDROLOGIQUE

DIRECTION NATIONALE
DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

FICHE DE VENTILATION DU BULLETIN HYDROLOGIQUE

N°	DEPARTEMENTS ET SOINS	AVIS DE RECEPTION
	<u>I. Départements Ministériels</u>	
1	Ministère de l'Industrie de l'Hydraulique et de l'Energie	
2	Ministère de l'Environnement et de l'Elévation	
3	Ministère de l'Agriculture	
4	Ministère des Travaux Publics, de l'Urbanisme et de Cont.	
5	Ministère du Plan	
6	Ministère de l'Administration T. et du D. à la Base . . .	
7	Ministère des Affaires Etrangères et de la Coopération In.	
8	Bureau Exécutif Central (Secrétariat Permanent).	
	<u>II. Directions Nationales et Services Rattachés</u>	
9	Météorologie	
10	Agriculture	
11	Comité du CILSS	
12	Génie Rural	
13	Institut Economie Rural (IER)	
14	Elévation	
15	Eaux et Forêts	
16	Opération Puits	
17	CO.MA.NAV.	
18	CMDT.	
19	ODIPAC.	
20	EDM.	
21	OERHN.	
22	OMBEVI.	
23	Direction Nationale de la Statistique et de l'Inform.	
24	Institut du Sahel	
25	O.H.V.	
26	L'Essor	
27	Sundjata	
28	Radio - Mali	
29	Office du Niger Ségou	
30	Opération Riz Ségou	

31	Opération Blé Diré
32	Action Riz Sorgho Gao
33	Opération Riz Mopti
34	Ile de Paix Tombouctou
35	Opération Pêche Mopti
	III. <u>Autres Départements et Organismes</u>
36	PNUD.
37	ORSTOM.
38	USAID.
39	Chef Mission AMBASSADE AMERICAINE
40	G.T.Z.
41	Mission Coopération Française
42	CNAUR (SAP)
43	OSCE.
44	FED.
45	CCCE.
46	Banque Mondiale
47	FAO.
48	UNICEF.
49	OMVS.
50	OMS.
51	ODEM.
52	Laboratoire d'Hydrologie (Mopti)
53	A.B.N.
54	Agrhymet.
55	Direction Ressources en Eaux - Niamey
56	O.M.M.

DIRECTION NATIONALE DE L'HYDRAULIQUE
ET DE L'ENERGIE

BULLETIN HYDROLOGIQUE N°04 /DNHE

La DNHE communique la situation hydrologique à la date du 26 /08/ 1990

N°	Station	Cours d'eau	Hauteurs (cm)			Debits 1990 (m3/s)	Observations
			1989	1990	Moy. int.		
1	Banankoro	Niger	395	436	491	1860	
2	Bamako	"	174	211	283	+	infl. Sélingué
3	Koulikoro	"	309	(348)	473	1990	"
4	Kirango(Markala)	"	254	300	+	1580	
5	Diré	"	236	298	338	992	
6	Tossaye	"	248	326	+	698	
7	Ansongo	"	126	181	185	613	
8	Sélingué amont	Sankarani	344.04	(346.35)	+	+	Cote en m. IGN
9	Sélingué aval	"	137	(124)	+	100	
10	Pankourou	Bagoé	544	493	+	348	
11	Bougouni	Baoulé	523	390	+	192	
12	Dioïla	"	384	290	428	210	
13	Douna	Bani	282	381	496	611	
14	Bénény kégné	"	347	393	480	598	
15	Mopti	"	381	442	527	1440	
16	Daka Saïdou	Bafing	378	275	+	408	
17	Bafing Makana	"	706	599	+	505	
18	Kayes	Sénégal	610	286	644	522	

Le signe + indique les valeurs inconnues .

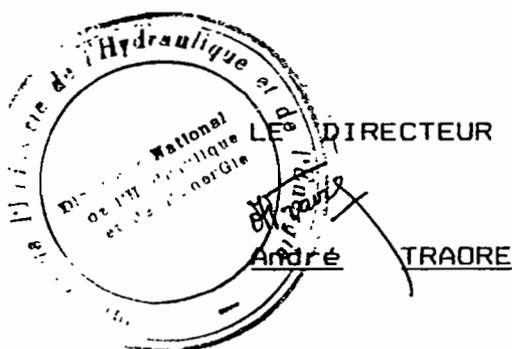
COMMENTAIRE

La situation météorologique des deux dernières décades a été dominée par une accalmie relative de l'activité pluvieuse . Sur le plan hydrologique , il en est résulté une faible montée de niveaux d'eau sur le haut-Niger et une baisse précoce sur les bassins du bani et du haut - Sénégal .

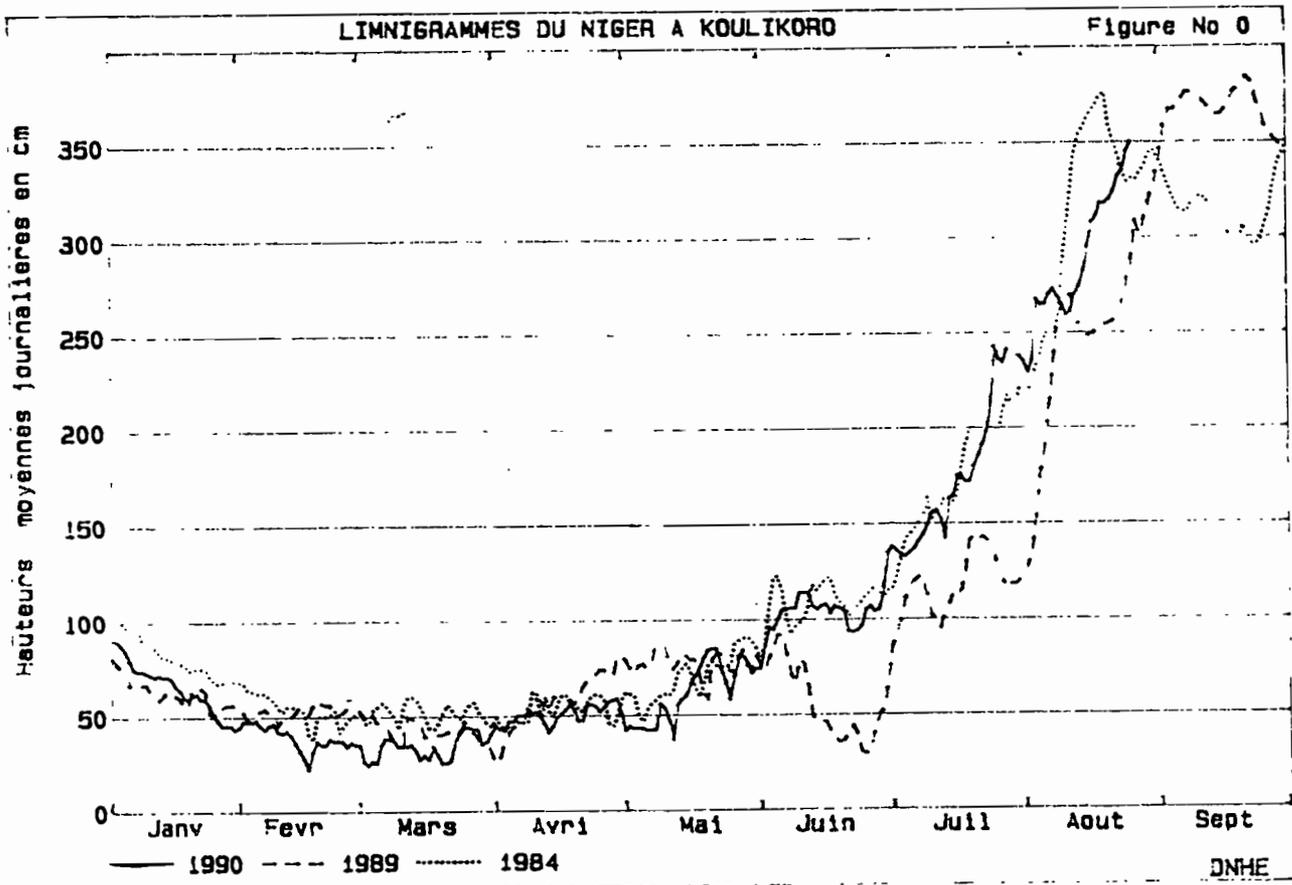
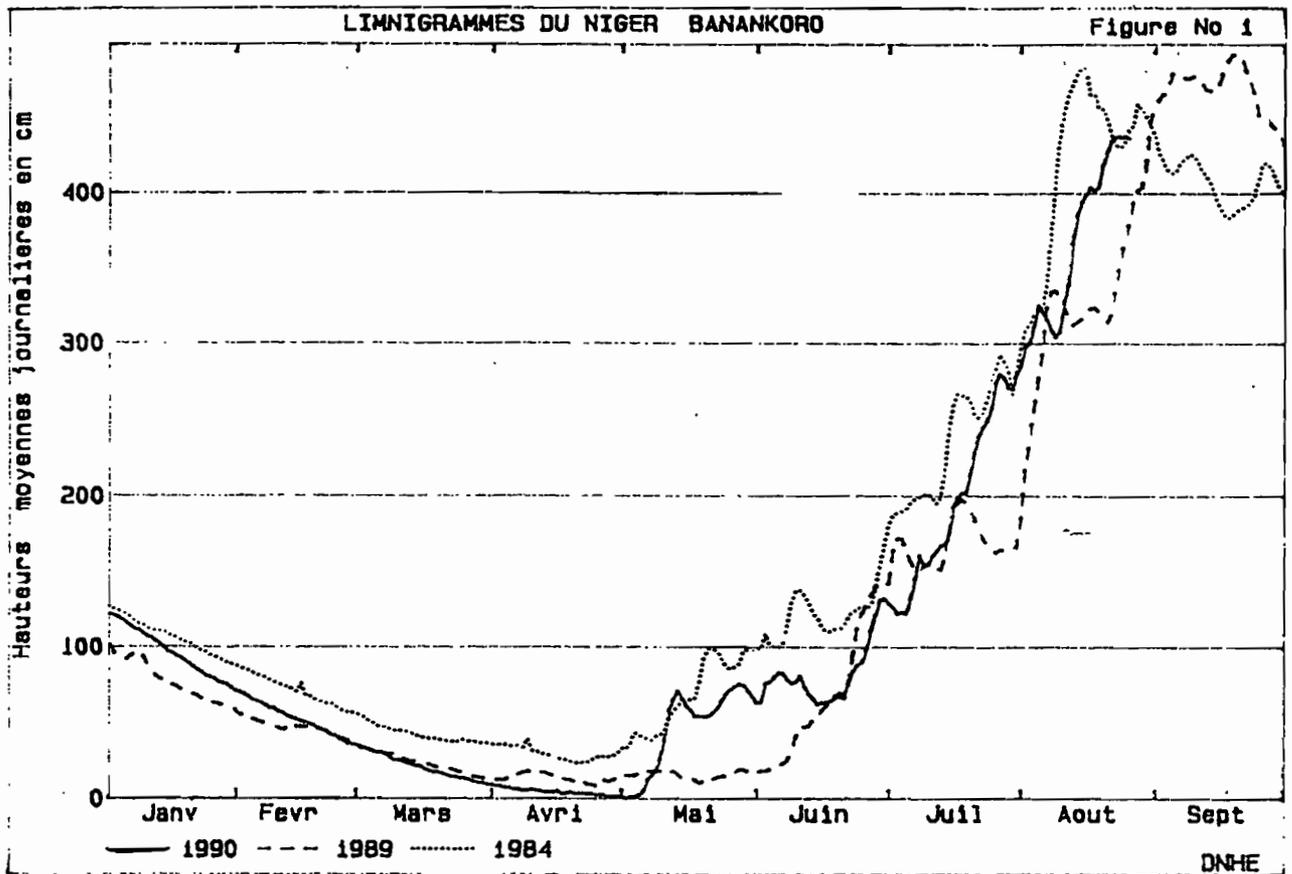
A la date du 26 Août 1990 , les hauteurs sont partout supérieures à celles de 1989 à la même date à l'exception des hauts bassins du Bani et du Sénégal .

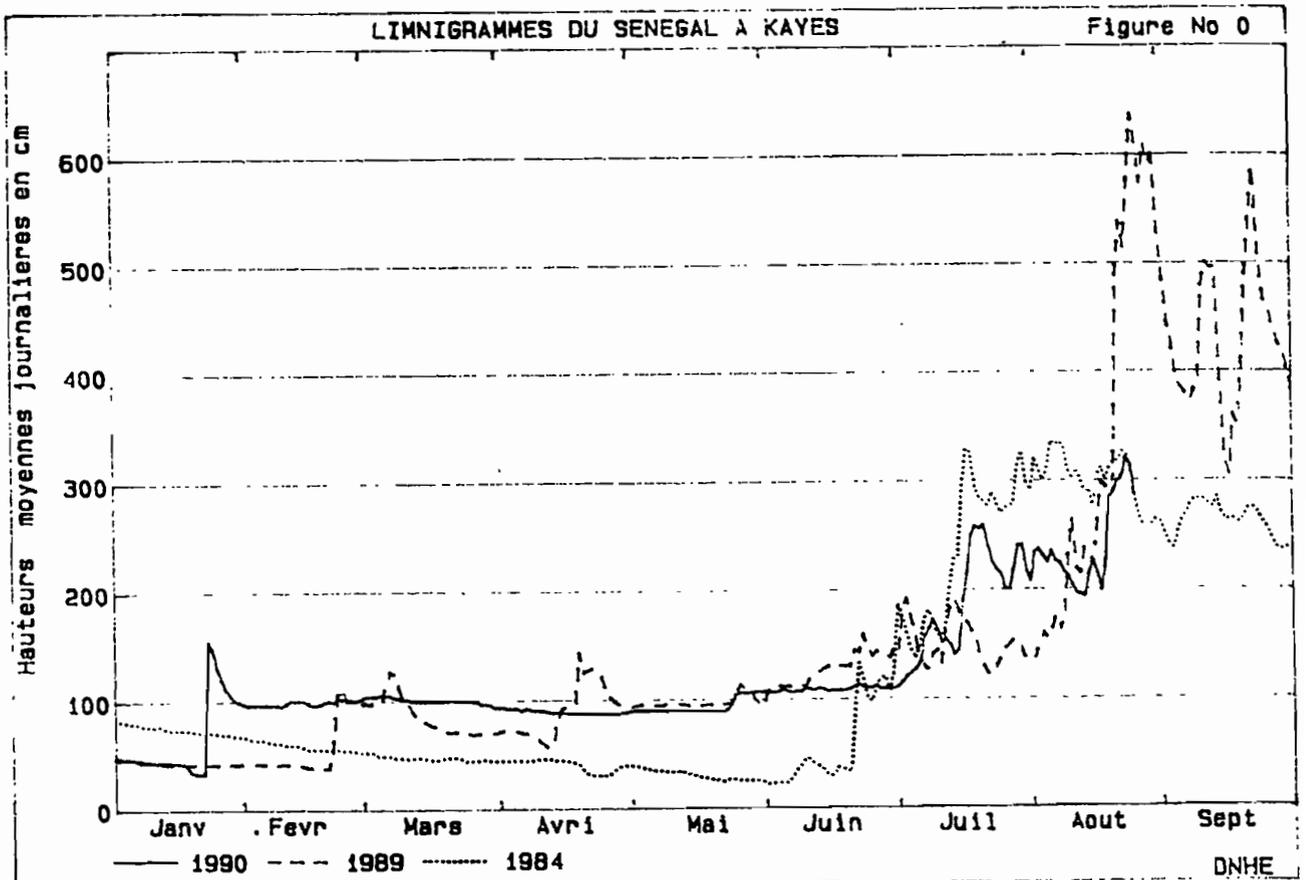
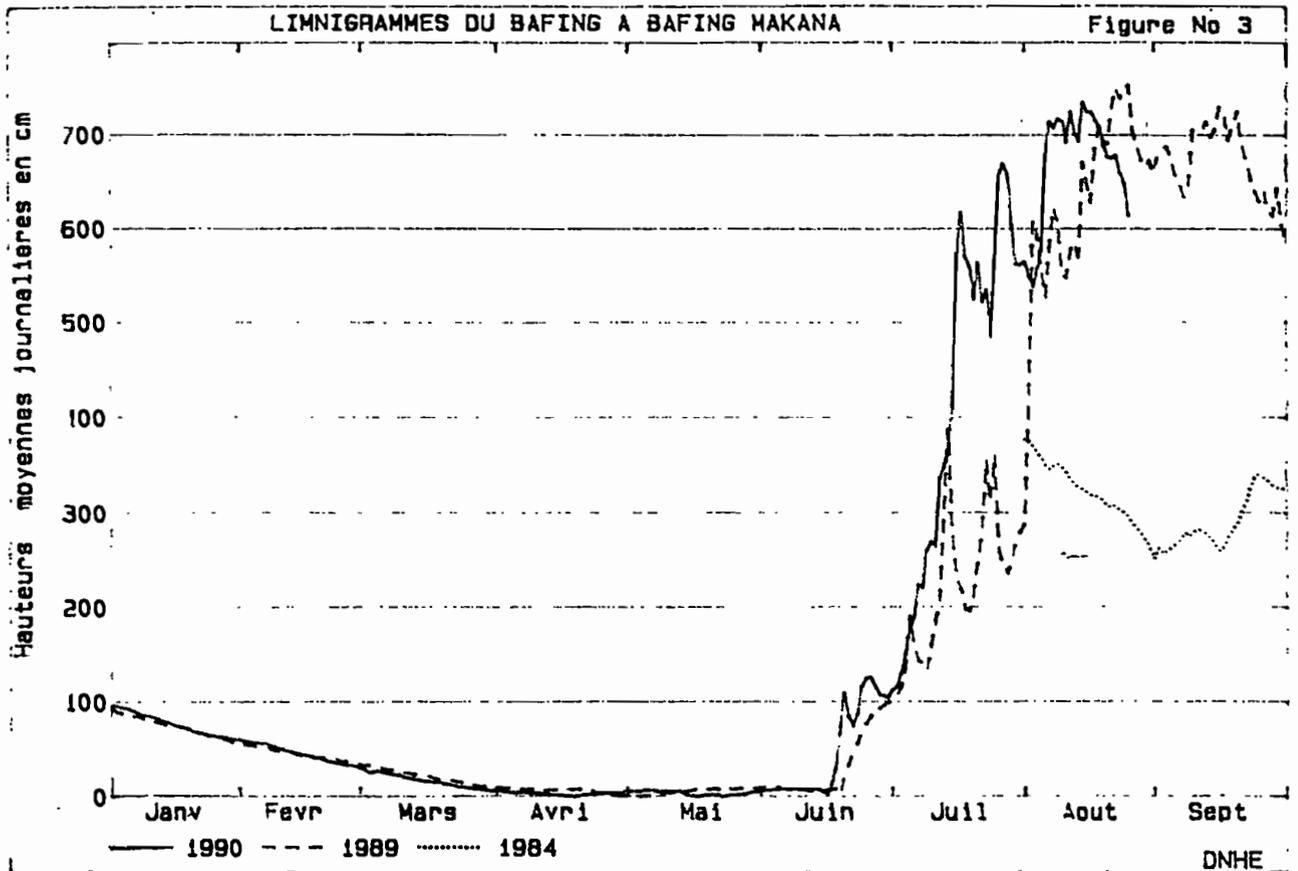
Sur l'ensemble du réseau ,elles sont inférieures aux moyennes saisonnières à la même période .

Au cours des prochains jours , les niveaux d'eau pourraient enregistrer des baisses assez importantes sur les bassins du Bani et du Sénégal . Ailleurs , la montée se poursuivra à un rythme peu soutenu .



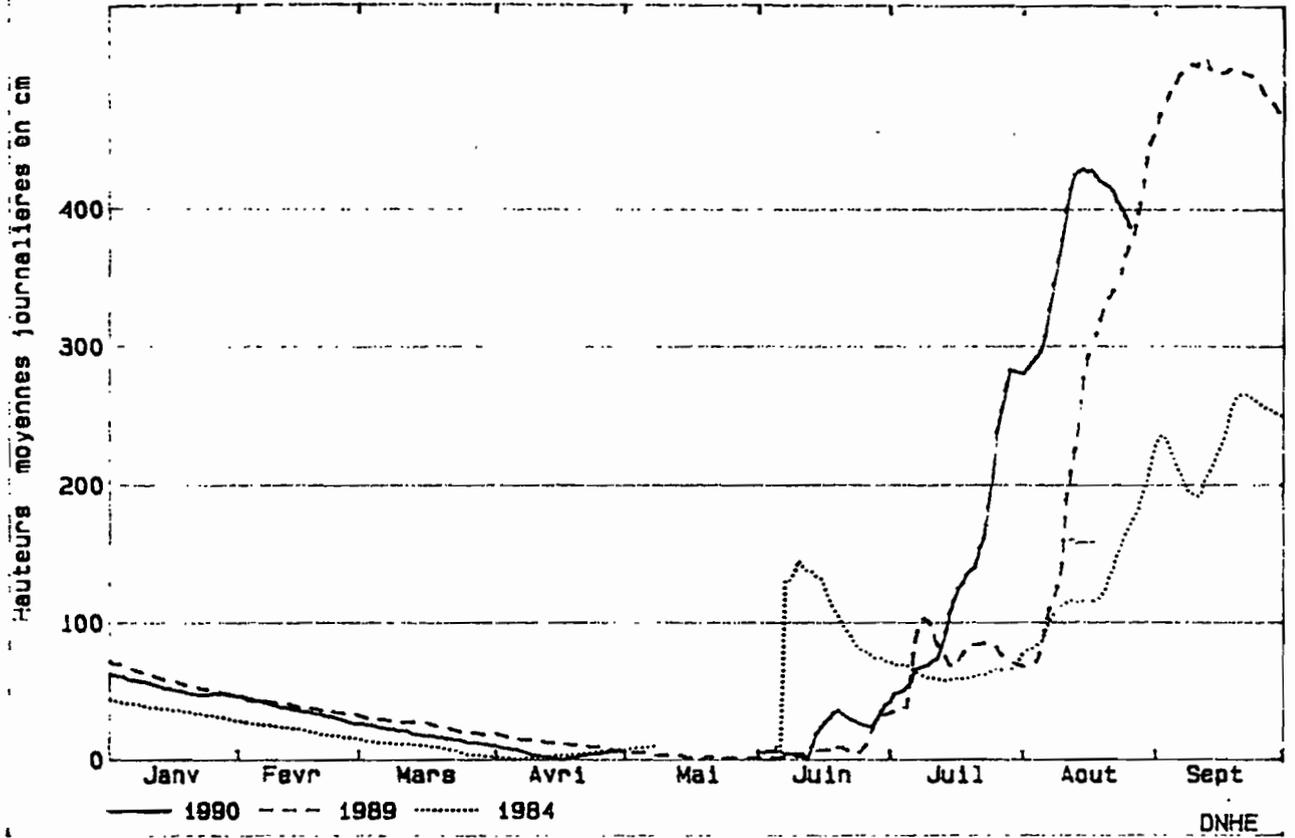
26 AOUT 1990





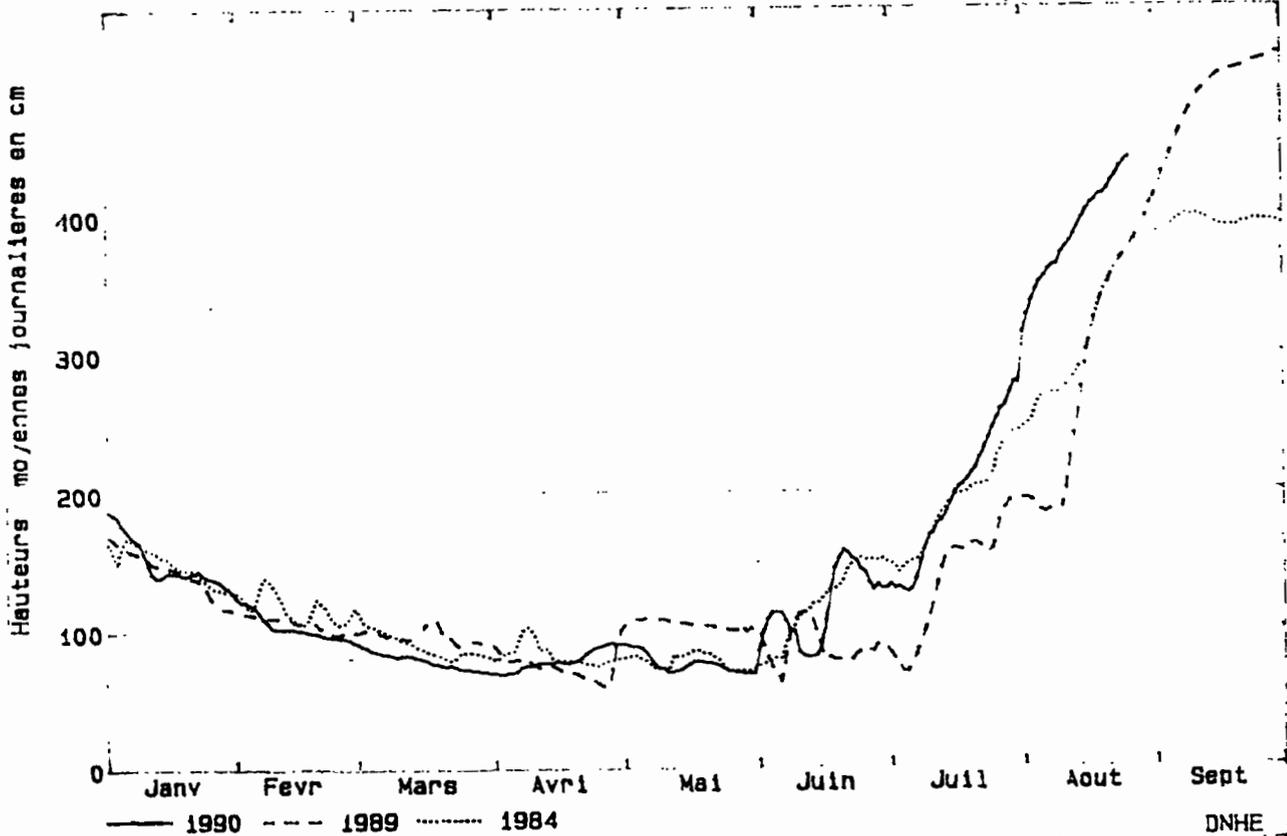
LIMNIGRAMMES DU BANI A DOUNA

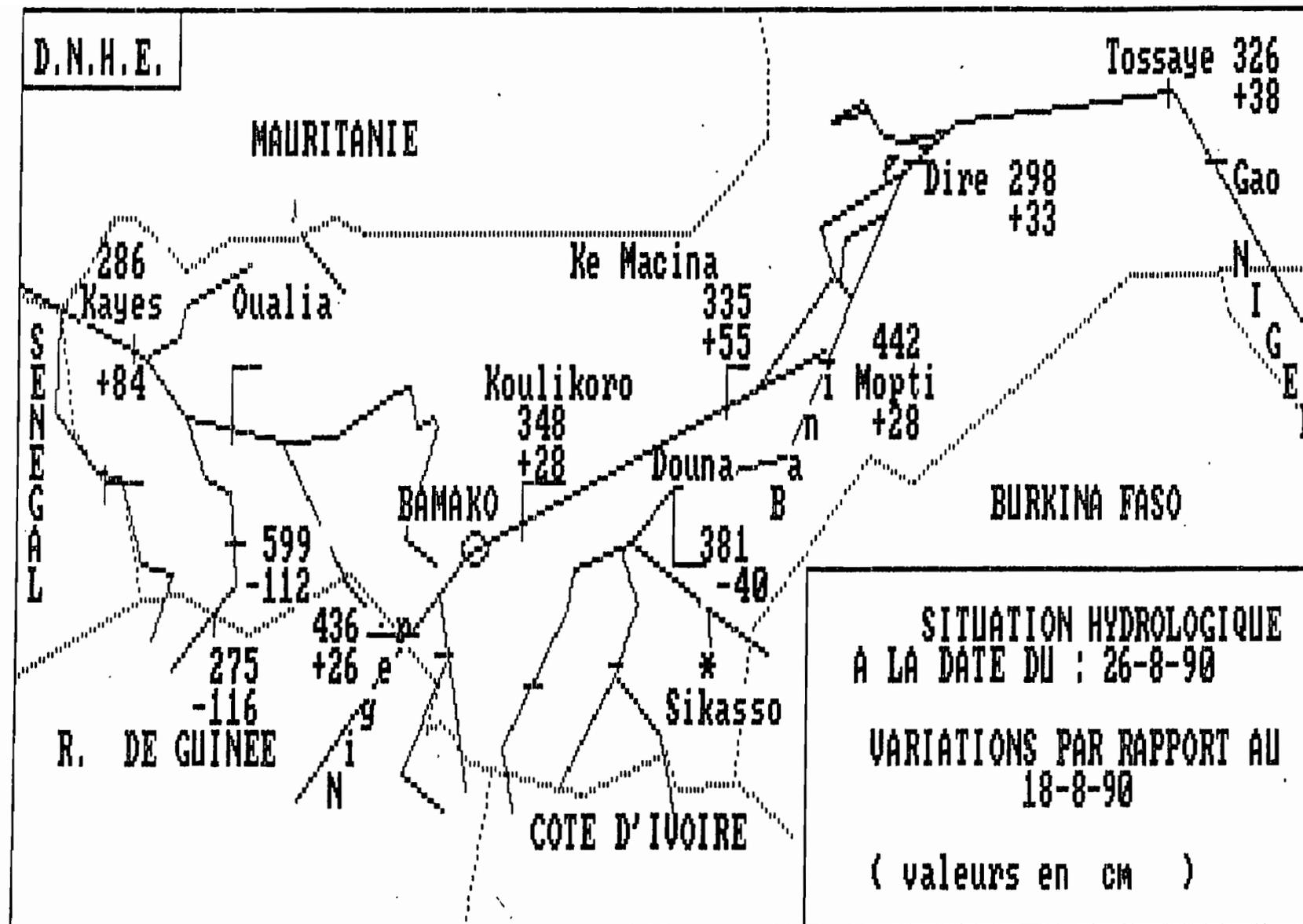
Figure No 2



LIMNIGRAMMES DU BANI A NOPTI

Figure No 0





Baisse sur le haut-Senegal et le Bani . Ailleurs, la montee se poursuit

Ok

ANNEXE F

**ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION NATIONALE
DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE**

Cet organigramme a été transmis par le correspondant national du Projet en Juin 1992. On remarque que l'unité informatique n'y figure pas.

DIRECTION NATIONALE
DE
L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

Centre National de l'Energie
Solaire et des Energies Renouvelables

Centre de Documentation

Centre National de l'Energie
Solaire et des Energies Renouvelables

Garage

Division HYDROLOGIE
et AMENAGEMENTS
des BASSINS FLUVIAUX

Division Approvisionnement
en EAU POTABLE
en EAU POTABLE

Division ENERGIE

Section Hydraulique
Rurale

D.R.H.E
du
District
de Bamako

D.R.H.E
de la
Région de
Kayes

D.R.H.E
de la
Région de
Koulikoro

D.R.H.E
de la
Région de
Sikasso

D.R.H.E
de la
Région de
Ségou

D.R.H.E
de la
Région de
Mopti

D.R.H.E
de la
Région de
Tombouctou

D.R.H.E
de la
Région de
Gao

**Banque Mondiale
Programme des Nations Unies
pour le Développement
Banque Africaine de Développement
Ministère Français de la Coopération**