

03/04/18

MINISTERE DE L' INDUSTRIE
DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT

DIRECTION NATIONALE DE
L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

SCHEMA - DIRECTEUR
DE MISE EN VALEUR
DES RESSOURCES EN EAU
DU MALI

CHAPITRES 5, 6 ET 7

Préparé par le Département de la Coopération
Technique pour le Développement (DCTD)

- Projet MLI 84/035 -

"Exploitation, évaluation et gestion des ressources en eau Scoueraine"

- Décembre 1989 -

03/01/18

SOMMAIRE DU CHAPITRE 5

5.1. SITUATION ACTUELLE

5.1.1. AEP en zone urbaine et semi-urbaine

5.1.2. Hydraulique villageoise

5.1.3. Assainissement

5.1.4. Conclusions

5.2. BESOINS

5.2.1. Quantification et répartition des besoins

5.2.2. Normes de qualité des eaux

5.2.3. Normes quantitatives

5.3. ADEQUATION RESSOURCES/BESOINS

5.3.1. Eaux superficielles

5.3.2. Eaux souterraines

5.4. RECOMMANDATIONS POUR LIMITER LES CONTRAINTES ACTUELLES

5.4.1. Contraintes liées aux ressources et aux types de points d'eau

5.4.2. Contraintes liées aux moyens d'exhaure

5.4.3. Contraintes liées à la géographie des agglomérations

5.4.4. Contraintes liées au contexte socio-économique

5.4.5. Contraintes liées au coût de l'eau

5.4.6. Contraintes liées à l'assainissement

5.5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

TABLEAUX

5.1. Nombre et populations de 4 types de localités en 1989 et 2001

5.2. Approvisionnement en eau des populations du Mali - Situation actuelle

5.3. Alimentation en eau potable de 24 villes du Mali

5.4. Alimentation en eau potable des villages et CR, par Région (à faire)

5.5. Besoins en eau p.c et globaux en l'an 2000, selon les usages et catégories de localités

TABLEAUX (Suite)

- 5.6. Taux de couvertures des besoins en l'an 2000, selon les normes proposées
- 5.7. Adéquation Ressources/Besoins pour 11 villes pompant dans les fleuves
- 5.8. Centres Ruraux et leur potentiel en eau souterraine
- 5.9. Comparaison de coûts de l'eau selon la taille des agglomérations

FIGURES

- 5.1. Taux de couverture des besoins en eau par les pompes et les puits modernes
- 5.2. Nombre moyen d'habitants par pompe
- 5.3. Graphiques de répartition des forages productifs et d'utilisation des pompes selon plusieurs critères
- 5.4. Besoins en eau villageois à l'horizon 2001
- 5.5. Besoins en eau des populations et du bétail
- 5.6. Carte de l'indice de Ryznar
- 5.7. Carte de densité des villages

ANNEXES

- 1. Tableaux par cercles des caractéristiques de l'hydraulique villageoise en 1988.

CHAPITRE 5

APPROVISIONNEMENT EN EAU

ET

ASSAINISSEMENT

Soucieux d'améliorer, en termes de quantité et de qualité, l'approvisionnement en eau des populations du Mali, qui traditionnellement se fait à partir de puits villageois et de concession, mais aussi de rivières et de mares, l'Etat malien a lancé, depuis plus de 20 ans, des programmes d'Hydraulique Urbaine (Système d'adduction d'eau potable - SAEP - ou système d'adduction d'eau sommaire - SAES - selon le pourcentage relatif de populations alimenté par des branchements particuliers - BP - et par des bornes-fontaines - BF -) et, depuis une quinzaine d'années des programmes d'Hydraulique Villageoise (puits modernes et forages équipés de pompes à motricité humaine - PMH). Parallèlement, il a lancé des programmes d'Assainissement, qui comportent la construction de latrines (ordinaires ou améliorées), de fosses septiques, de réseaux d'égouts et de caniveaux pour l'évacuation des eaux usées et des eaux de ruissellement, et enfin la collecte des déchets solides.

On traitera successivement ici de la situation actuelle, des besoins, de l'adéquation ressources/besoins et des contraintes de ces trois types de programme pour les centres urbains et semi-urbains, ruraux et les villages, dont le nombre et la population, rappelons-le (voir ch. 3-1) évoluera comme suit entre 1989 et 2001".

.//...

Tableau 5-1 - Nombre et populations des 4 types de localités

	1989		2001	
	Nbre	Population en 000	Nbre	Population en 000
- Centres urbains(1) (plus de 10000)	22	1.406	31	2.095
- Centres semi-urbains (5000 à 10000)	47	302	84	561
- Centres ruraux (2000 à 5000)	366	1.029	555	1.600
- Villages (moins de 2000)	10243	5.158	10008	5.631
TOTAUX	10678	7.895	10678	9.887

(1) on y ajoute généralement les 36 chefs lieux de cercles dont la population est inférieure à 10.000 hab.

5.1. SITUATION ACTUELLE

Au cours de la décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement 1980-1990 (DIEPA), le Mali a fait des efforts considérables pour l'approvisionnement en eau potable de ses villes et villages, le taux de desserte étant passé de 5 % en 1980 à près de 30 % en 1989. Pourtant, aujourd'hui, la situation est encore loin d'être satisfaisante, puisque globalement moins de 30 % de la population a accès à un point d'eau potable, soit environ les deux cinquièmes de la population urbaine et un cinquième (20 %) de la population rurale (voir tableau 5-2). Quant à l'Assainissement les quelques progrès réalisés dans les villes ont été vite dépassés par l'extension rapide de celles-ci, tandis qu'en zone rurale tout reste encore à faire.

.../...

Tableau 5.2. - Approvisionnement en eau des populations du Mali
Situéation actuelle

Type de localité	BP Eaux superficielles (m ³ /an)	BF Eaux souterraines (m ³ /an)	PA Eaux souterraines (m ³ /an)	PT m ³ /an	Total m ³ /an	Populat. (000)	Consommat. moyenne (l/j/h)	% Pop. accès ARP	% Pop. accès BF + FPMH
Bamako	6.360	417	547	-	2.940	10.264	700	40	50
9 CU (BDM) (eaux superf.)	2.216	157	128	-	2.370	4.866	433	31	32
3 CU (EDM) (eaux souterr.)	594	70	-	-	586	1.200	107	31	28
3 CU + CSU (en cours)	-	-	255	368	558	1.151	102	32	-
2 CU, 5 CSU, 3 CR (DNHE)	24	438	-	266	400	1.128	73	42	30
4 CU, 30 CSU non équipés	-	-	(160)	1.073	1.610	2.843	294	26	-
TOTAL URBAIN	9.194	1.071	1.190	1.707	8.464	21.582	1.703	35	34
363 C.R.	-	-	500	3.756	5.634	9.890	1.029	26	85
4.100 villages équip.	-	-	500	3.766	5.650	9.916	1.037	26	70
6.143 villages équip.	-	-	-	-	22.584	22.584	4.125	15	0
TOTAL RURAL	-	-	1.000	7.522	33.868	42.590	6.186	19	20
TOTAL	9.194	1.027	2.190	9.299	42.322	64.172	1.894	22	29

Legend : BP : Branchement particulier ; les consommations proviennent de l'EDM et de la DNHE.

BF : Borne fontaine ; les consommations proviennent de l'EDM et de la DNHE.

PA : Poste autonome (lavage équipé à moteur diésel pour les usages industriels, de pompe solaire pour les usages domestiques et le jardinage) - les consommations proviennent de SIGMA.

P : Puits modernes et forage avec pompe à motricité humaine ; les consommations ont été calculées sur la base de 10 l/j/hab et de la population concernée.

PT : Puits traditionnels : les consommations ont été calculées sur la base de 15 l/j/h et de la population concernée (pour Bamako, où la population concernée est de 190.000 hab qui s'alimentent aux bornes fontaines plus les 347.000 qui n'ont pas accès à l'AEP). Les consommations sont en milliers de m³/an.

5.1.1. AEP en zone urbaine et semi-urbaine /5-1 partie 2/

En 1989, parmi les 69 agglomérations comptant plus de 5.000 habitants (1,71 millions d'hab., y compris Bamako 700.000 hab), 24 sont dotées d'un système d'adduction d'eau potable (ou sommaire) : 13 sont gérés par l'Energie du Mali (E.D.M.), 11 par des comités de gestion avec l'aide de la DNHE; les premières (sauf 3) sont principalement alimentées à partir des eaux de surface, les autres à partir des eaux souterraines. L'adduction d'eau de 5 autres villes est en cours, à partir des eaux souterraines (voir tableau 5.3).

Dans les 13 grandes villes (dont le SAEP est géré par l'EDM et qui totalisent 1,24 millions d'habitants), 21,5 % de la population sont desservis par des branchements particuliers et consomment en moyenne 95 l/j/hab; 20,5 % de la population de ces villes s'approvisionnent à des bornes-fontaines, avec une consommation très faible de l'ordre de 6 l/j/hab à Bamako et de 9 l/j/hab dans les autres villes. Donc, même dans les villes les mieux équipées, plus de la moitié de la population urbaine a encore recours, de façon prioritaire ou permanente, aux puits, généralement nombreux, creusés dans les concessions mêmes, alors que toutes les stations de pompage ne fonctionnent que 5 à 8 heures par jour et sont donc sous-utilisées, même en tenant compte des pertes du réseau et des périodes de pointe. Le faible taux d'utilisation est dû à des facteurs techniques et financiers :

./...

Tableau 5.3. - Caractéristiques des SAEP et SAE
après par EDM et DNHE

		Cap. pom. install. (m ³ /h)	Heures pomp. par an	Cons. Tot. 000 m ³ par an	Cons. P.C. (1/j/ha)	% pop. desservie	C.S. C.P.	Long. réseau par hab.	Popul. (000)	Légende et Observations
1. Bamako	Cap.	B	2250	3012	6777	106	6	23	30	6,6 0,37 700
2. Kayes	R1	R	378	1216	460	67	9	23	35	-2,2 0,72 75
3. Koulikoro	R2	R	90	2333	210	80	9	31	58	4,4 0,85 21
4. Sikasso	R3	R	80	3075	246	80	9	7	16	10,0 0,12 74
5-6. Ségou, Markala	R4, GU	R	290	2141	677	144	6	11	18	29 3,8 0,57 106
7. Mopti	R5	R	250	1752	438	93	6	17	2	19 6,0 0,51 76
8. Tombouctou	R6	F	75	2480	186	65	9	21	18	39 4,7 0,39 33
9. Gao	R7	F	115	2626	302	75	9	19	0,2	19 4,3 0,88 56
10. Kita	G1	R	120	1091	131	40	9	32	32	64 7,5 0,15 23
11. Nioro	G1	F	70	1800	126	54	9	35	0,6	36 11,4 1,0 18
12. Kati	G2	R	100	2450	245	53	6	31	20	51 23,0 0,86 35
13. Bougouni	G3	R	45	1311	60	28	0	25	~	25 3,1 0,94 23
13 C.U. EDM			3863	2552	4859	95	6,4	21,5	42	6,6 0,46 1240
1. Koutiala	C3	4F	200							46 31
2. San	C4	3F								12
3. Goundam	C6	4F								6
4. Niafunké	C6	F								5
5. Kadiolo	C6	F								
1. Bandiagara	C5	1F	10	1285	33	~	21	~	26	3 0,56 11
2. Djenné	C5	2F	60	(1643)	(98)	50	11	5	95	100 0,5 13
3. Bouentza	C5	2F	60	(1277)	(77)	~	~	~	22	22 0,5 8
4. Koro	C5	1F	10	2190	22	~	25	~	24	24 3 0,31 8
5. Hombori	A5	1P	3	3650	11	~	12,5	~	78	78 10 0,27 3
6. Diré	C6	1F	70	(782)	(55)	~	~	~	~	0,4 6 0,82 2
7. Tominian	C4	1F	5	4380	22	~	25	~	98	98 95 3,7 0,48 7
8. Yorosso	C3	1F	8	2737	22	~	20	~	95	49 (11,1) (5,4) 7
9. Nara	C2	2F	27	2029	55	~	34	8	49 100 5 1,11 5	
10. Kangaba	C2	1F	10	3650	36	~	18,5	~	100	100 100 3,7 2,52 6
11. Yélimané	C1	1F	8	3285	33	~	30	~	100	100 100 3,7 2,52 6
11 Centres DNHE			271	1712	464	50		21	88	90 1,3 (2,3) (1,54) 73

- le déphasage entre l'extension des réseaux et celle beaucoup plus rapide de la population, notamment dans les quartiers périphériques, à cause de l'exode rural;
- le coût d'un branchement particulier, (environ 120.000 F.CFA pour un raccordement de 10 m) trop élevé pour beaucoup de familles à revenu modeste;
- le prix du m^3 d'eau au B.F. qui, sans être prohibitif (90 F.CFA, compris 10 F de taxe d'assainissement, pour la 1ère tranche de 50 m^3 /mois), rend parfois les factures lourdes à payer pour les abonnés les plus modestes;
- enfin le prix du m^3 d'eau à la BF (250 F/ m^3 à raison de 5 F par seau de 20 l). est jugé beaucoup trop cher par les usagers, même s'ils s'en rendent moins compte, en payant l'eau au rythme de leur consommation journalière.

- Pour les 11 villes de taille plus petite, dont le SAEF est géré par la DKHE et qui totalisent 73.000 habitants, il semble (malgré des renseignements incomplets: voir tab. 5-3) que le pourcentage de population desservie soit plus élevé que dans les grandes villes (60 % contre 42 %) et que la consommation aux BF dépasse largement celle aux EP, la moyenne de consommation aux BF étant aussi largement supérieure à celle des grandes villes (environ 24 l/j/hab, au lieu de 6 à Bamako et 9 dans les autres grandes villes). En fait, ces systèmes sont plutôt des systèmes d'adduction d'eau sommaire.

Ils ont été réalisés entre 1972 et 1987, avec des capacités de stockage relativement faibles (en général réservoir de 30 m^3 , soit 1,3 fois le débit horaire des forages, contre 6,6 pour les

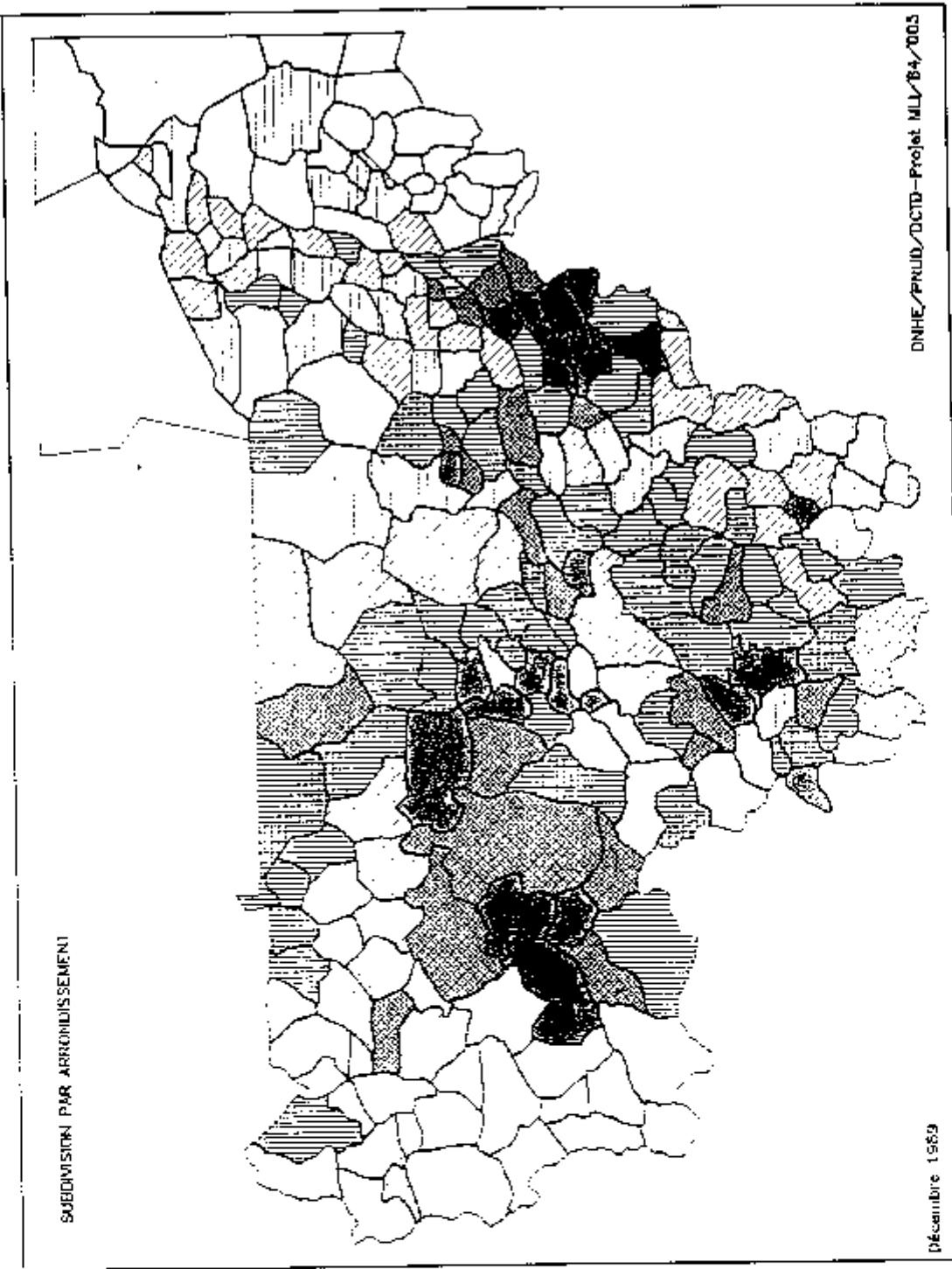
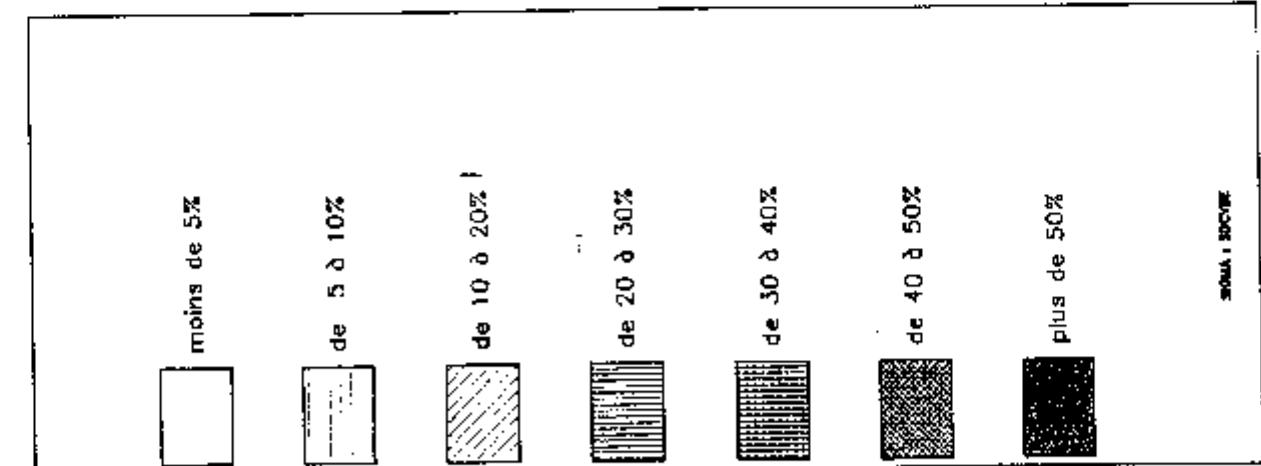
.../...

grandes villes), mais des longueurs de réseaux plus importantes relativement (1,54 m/hab en moyenne contre 0,5 pour les grandes villes). L'investissement per capita de ces systèmes était de l'ordre de 3.000 à 4.000 F.CFA/hab en 1972-73; celui de Djenné, réalisé en 1987 serait de l'ordre de 18.000 F.CFA/hab, sans qu'on sache si ce coût élevé est dû à un suréquipement ou à l'inflation (voir plus loin § 5.4.5.).

5.1.2. Hydraulique villageoise / 5-1 – part 3/

Au 31/12/89, les différents programmes d'hydraulique villageoise avaient réalisé 8580 forages positifs dont environ 6200 équipés de PMH et environ 1500 puits modernes villageois. Si ces 7.700 points d'eau modernes productifs avaient été répartis également dans les 10646 localités qui constituent le "champ" de l'HV (10.243 villages, 366 CR et 35 CSU non équipés d'AES), on aurait pu avoir plus de 2 points d'eau potable pour 3 localités (et 0,6 PMH) soit une couverture minimum des besoins en eau potable de boisson (voir plus loin). Or la carte de la Figure 5.1 montre que les zones d'action des projets les plus anciennes et les plus continus (PNUD, B.M. Helvetas et MAV – voir carte fig.5.2) ont été favorisées, aux dépens en particulier des Régions 5, 6 et 7 où le taux de localités "couvertes" est respectivement de 17, 18 et 19 %, contre plus de 50 % pour les Régions 1, 2, 3 et plus de 40 % pour la Région 4 (voir tableau 5.3 et annexe 1, pour les tableaux détaillés). Environ 4250 localités ont bénéficié de puits modernes et/ou de forages, soit 40 % moyenne.

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI



TAUX DE COUVERTURE DES BESOINS EN EAU PAR LES POMPES ET PUITS

Figure 5-1

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI

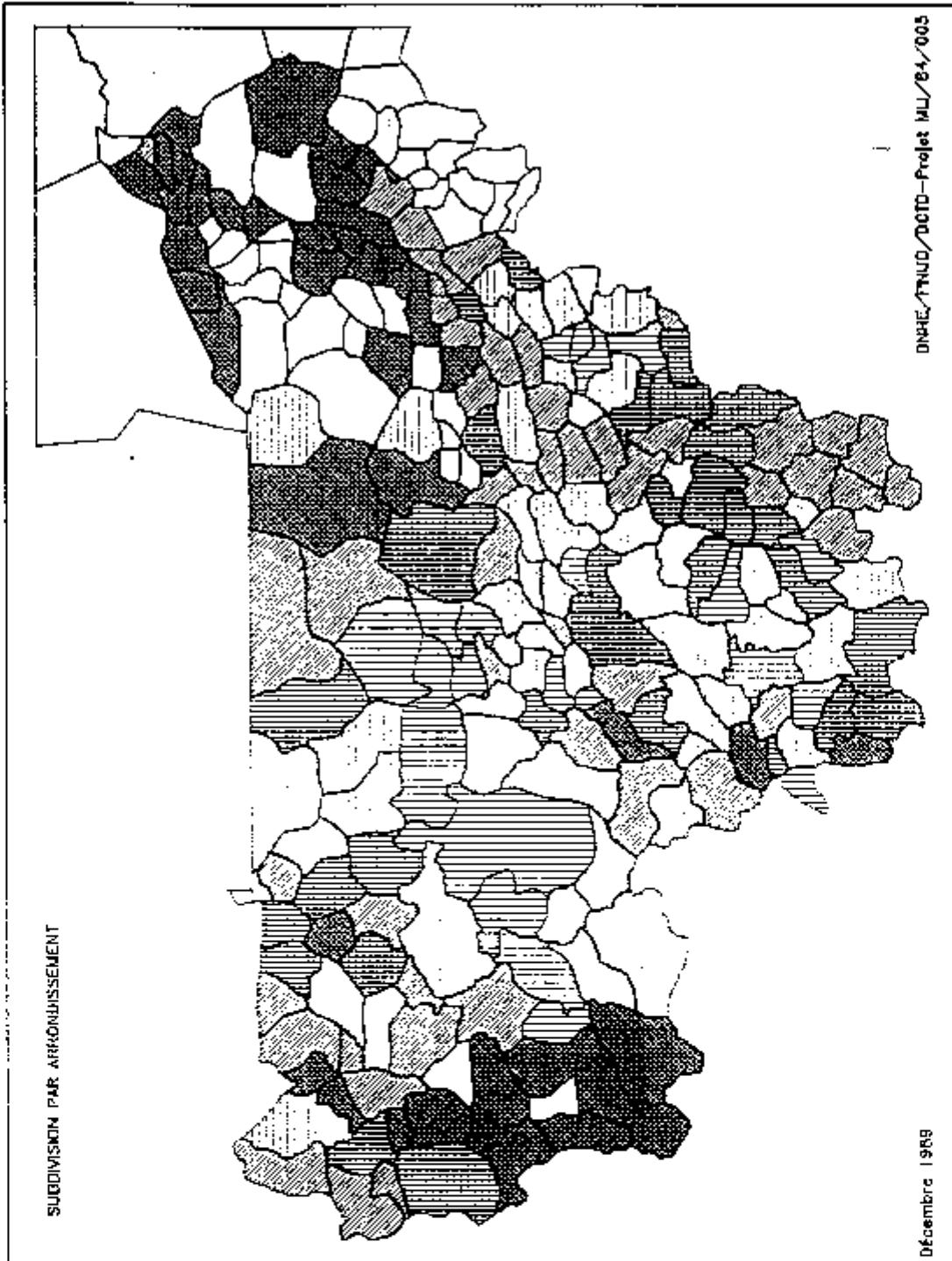
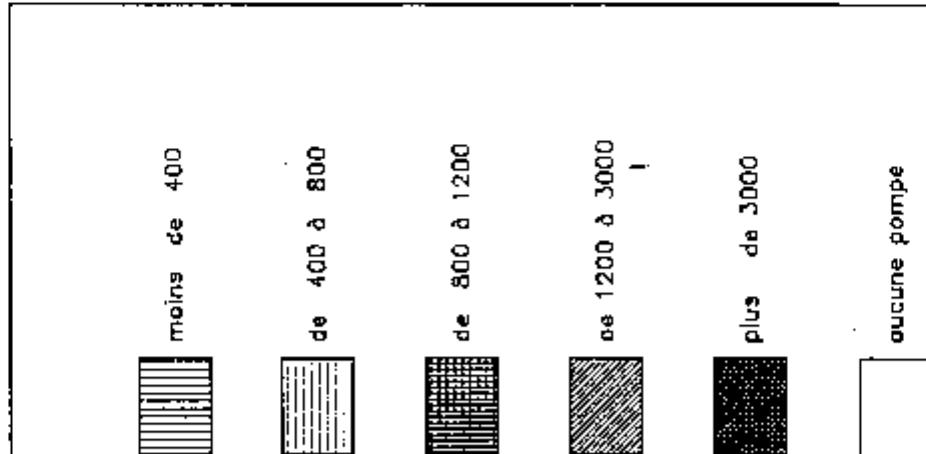


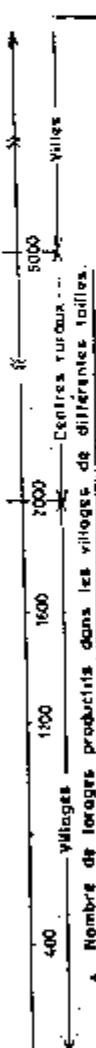
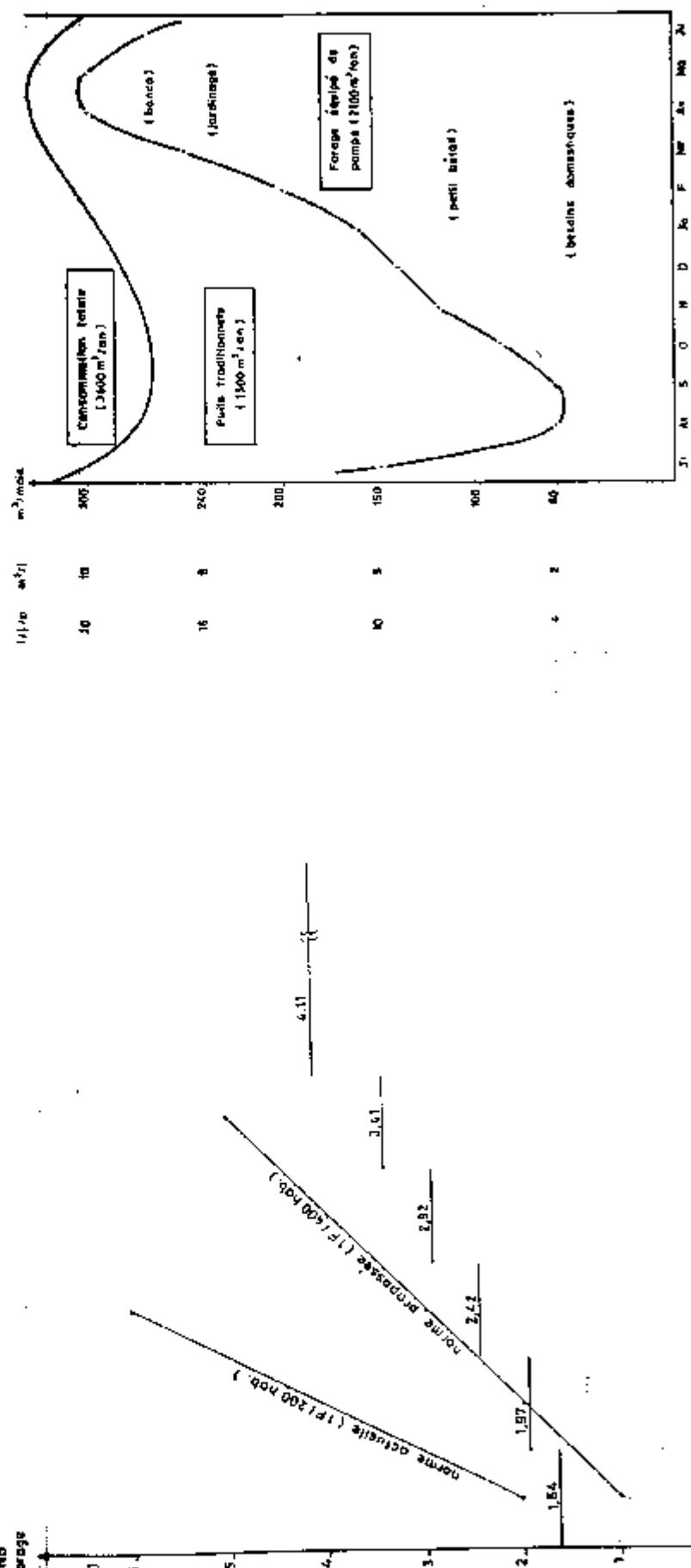
Figure 5 - 2

HOMME MOYEN D'HABITANTS PAR POMPE

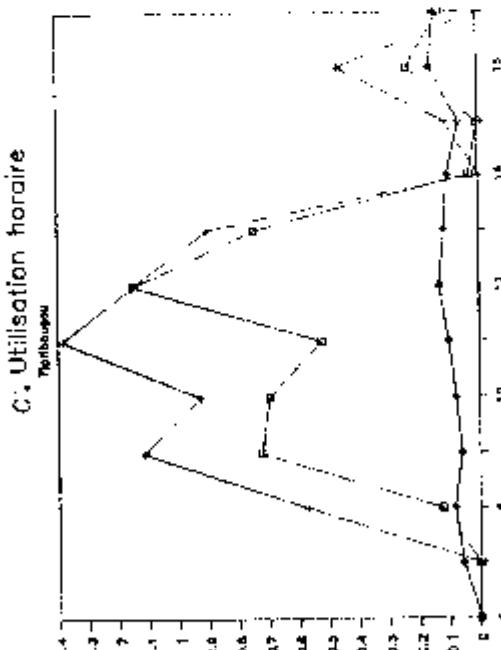
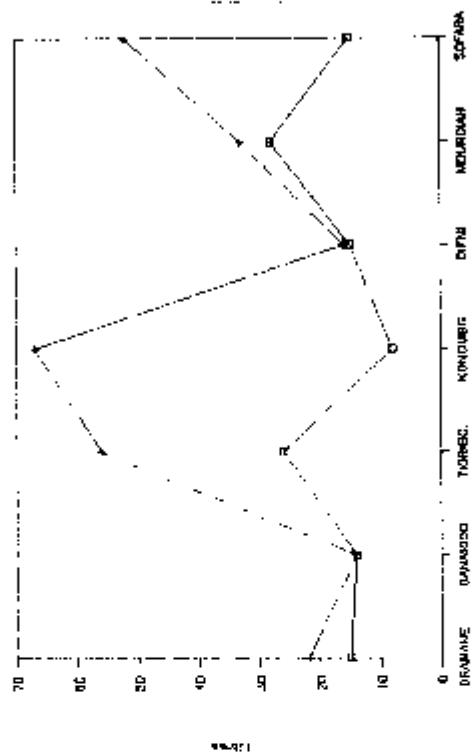
La population de l'ensemble des localités, objet de l'HV, est de 6,5 millions d'habitants; si les pompes avaient été réparties également on aurait pu avoir 1 pompe pour environ 1000 habitants soit environ 20 % de la norme d'équipement actuelle (1 pompe pour 200 hab). Or la carte du nombre d'habitants par pompe (fig. 5.2) révèle un sous-équipement moyen, par rapport à la norme, dans tous les arrondissements et particulièrement en Région 5 (Mopti). Ceci est dû au poids relatif des petits villages (plus de la moitié des villages ont moins de 400 hab) et aux décisions d'équipement qui les ont favorisés relativement par rapport aux villages plus importants et aux centres ruraux et semi-urbains (voir graphique, fig. 5.3.A).

Il faut enfin souligner que, même dans les localités relativement bien équipées, les populations rurales n'utilisent que très partiellement la capacité installée: la moyenne des mesures de consommation sur 7 pompes en fin de saison sèche est de $3,2 \text{ m}^3/\text{j/p}$ pour une capacité installée de $9,6 \text{ m}^3/\text{j/pompe}$ /SDM-SOC-5/ soit environ un tiers. C'est sans doute plus en heure et jour de pointe, moins moins en hivernage (voir graphique - fig. 5.3-B). Les raisons de cette sous-utilisation est dûe à des phénomènes variés, détaillés en /SDM-SOC-5/ et résumées plus loin (§ 5.4.4.): éloignement de la pompe, capacités financières d'entretien et de réparation des pompes par les villageois, goût inhabituel de l'eau du forage, habitudes en matière d'utilisation de l'eau, notamment en hivernage, préférence sociale donnée aux puits traditionnels quand ils ne sont pas secs, utilisation de la pompe de façon inadéquate et grande variabilité du taux d'utilisation de la pompe au cours de la journée et suivant les jours et les saisons (voir graphique - fig. 5-3-C et D).

Figure 5.3: Graphiques de répartition des forages productifs et d'utilisation des pompes selon plusieurs critères.



D. Quantité pompée par usager



Globalement, sur une consommation annuelle d'environ 110 millions de m³/an pour les besoins domestiques, artisanaux et du jardinage (53 millions m³/an) et du bétail (57 millions de m³) en zone rurale (voir tableaux 5.1. et 6.1), on estime(1) que seulement 11 millions de m³/an sont fournis par les forages et les puits modernes (soit 10 %), 77 millions de m³/an (soit 70 % pour les puits traditionnels et 20 millions de m³/an (soit 20 %) pour les eaux superficielles, principalement (mais pas uniquement) pour le bétail en hivernage.

5.1.3. Assainissement /5-1 - part 4/

La DNHPA avance les taux de couverture des besoins suivants :

- En zone urbaine, 93 % des excreta et eaux usées sont évacuées (1 % pour les égouts, 20 à 25 % pour les fosses septiques et fosses étanches et 60 % pour les latrines ordinaires) :
- 52 à 77 % des déchets solides sont évacués à Bamako (2 % par collecte individuelle dans les quartiers à haut standing et le reste sur des dépôts collectifs), mais à raison de seulement 5 % dans les autres villes

. . . .

-
- (1) - Consommation globale estimée sur la base de (voir ch. 4) :
 - 15 l/j/hab pour les populations des localités non équipées
 - 25 l/j/hab pour les populations des localités équipées
 - 30 l/j/UDT
 - 7700 PE modernes x 4 m³/j X 365 = 11 millions de m³/an
 - pour le bétail, on a estimé que durant les 4 mois d'hivernage, les besoins étaient couverts à raison de 70 % par les eaux de surface et pendant les 8 mois de saison sèche à raison de 80 % par les eaux souterraines, soit sur l'année: 65 % eaux souterraines, 35 % eaux superficielles (sauf 4 cercles du delta: 50/50) soit au total 63 % eaux souterraines.

- les eaux de ruissellement sont évacuées dans le centre de Bamako, pour 250 km de caniveaux, (généralement mal entretenus et de toutes façons insuffisants en hivernage) et pour 40 km de caniveaux seulement dans les autres quartiers de Bamako, pour 10 à 100 km de caniveaux dans les capitales régionales et 0 à 10 km dans les autres villes.
- En zone rurale, où la situation est beaucoup plus préoccupante les excreta sont évacués à raison de 5 à 60 % pour des latrines ordinaires, mais seulement 1 % des villages sont dotés d'un système de compostage individuel ou collectif, des produits organiques, récupérés sur les déchets solides.

Des études et projets de construction d'équipements d'assainissement ont été programmés de 1980 à 1988, pour un montant global de 22 milliards de F.CFA.

5.1.4. Conclusions

L'analyse de la situation actuelle, révèle que les acteurs du développement au Mali se sont attaqués résolument, dans les années 80, aux "deux bouts de la chaîne immense du dur labeur des pourvoyeuses d'eau": de la ville bientôt millionnaire de Bamako jusqu'au hameau qui tend à disparaître, quitte relativement à moins favoriser les agglomérations intermédiaires. Mais ils ont surestimé l'ampleur et la réalité des besoins solvables, ont fixé d'emblée des normes trop généreuses et ont sous-estimé les contraintes techniques, financières et surtout humaines, qui allaient ralentir la mise en œuvre et l'utilisation des trois systèmes collectifs choisis (BP, BF, PMH),

ainsi que des divers systèmes d'assainissement. Aussi n'ont-ils pu réaliser qu'une petite partie des objectifs de la DIEPA qui étaient de couvrir 50 % des besoins en 1989 et 80 % en l'an 2000. Les efforts et les sommes considérables investies dans les programmes d'AEP urbains et villageois(1) et les résultats obtenus, certes spectaculaires mais combien insuffisants – doivent inciter à revoir les politiques et les stratégies appliquées jusqu'à maintenant: c'est ce que voudrait susciter le présent Schéma-Directeur, en évaluant les besoins d'équipement selon des normes plus réalistes (voir § 5.2. ci-dessous) et en proposant au chapitre 8 les mesures qu'il conviendrait de prendre pour parvenir à une meilleure couverture des besoins.

5.2. BESOINS

La notion de besoins est ambiguë, relative et évolutive :

- ambiguë, car elle englobe, selon les circonstances, des besoins objectifs ou minima (par ex. 3 à 6 l/j/hab d'eau de boisson pour les humains, 20 à 30 l/j/HBT pour le bétail) et des besoins subjectifs et variables (voir ci-dessous), des besoins de quantité et de qualité, des besoins de proximité, ou encore des besoins globaux ou des besoins supplémentaires par rapport aux quantités fournies par les points d'eau traditionnels; il faut donc, chaque fois, bien préciser de quoi l'on parle et distinguer en particulier la notion de besoins ressentis et la notion de norme d'équipement en points d'eau modernes;

•/••

(1) – 7,5 milliards pour l'hydraulique urbaine entre 84 et 88 (dont 3 pour Bamako) et 13 milliards programmés pour la durée du Plan 87-91 /5-1 – part. ?/.

- milliards pour l'hydraulique villageoise
- 22 milliards pour l'Assainissement entre 1980 et 1988.

- relative et évolutive, car les besoins dits subjectifs sont liés aux habitudes sociologiques et aux conditions de vie du moment et du lieu considéré. Ainsi, les besoins en eau même s'ils sont aujourd'hui jugés couverts par les différentes catégories de population du Mali (soit par les puits traditionnels soit par les systèmes modernes), pour les différents usages qu'ils en font, varieront en fonction de l'évolution des mentalités, des habitudes de vie, de la valeur attachée à l'eau, de l'habitat, voire des techniques utilisées... Après l'an 2000 les besoins ressentis seront très certainement plus élevés qu'aujourd'hui et sans doute assistera-t-on à une certaine spécialisation des différents types de points d'eau en fonction d'usages différents. En outre, il sera demandé - plus qu'aujourd'hui - que l'eau potable soit fournie à la concession pour les besoins domestiques. Ceci est une évolution normale de la demande en eau qu'il faut d'ores et déjà prévoir, donc préparer et planifier.

Dans le cadre du SD, on a établi tout d'abord les besoins optima en se basant sur des consommations per capita "idéales" telles qu'on peut les évaluer aujourd'hui sachant qu'elles évolueront sans doute à la hausse d'ici 2001. On a ensuite fixé des normes en fonction de consommations pondérées selon les catégories d'utilisations. Appliquées aux différentes catégories de populations estimées en 2001, ces normes conduisent au taux de couverture à atteindre d'ici 2001.

5.2.1. Quantification et répartition des besoins optima en eau

Les sept comités régionaux de développement (peut être inspirés par le Ministère du Plan) ont proposé en 1986 /5-2/ des chiffres de consommation optimale qui se révèlent très proches les uns des autres, pour les différents types de besoins per capita et ceci dans 6 milieux différents; ces chiffres seront adoptés ici pour calculer les besoins globaux en l'an 2001 (fin du 2e plan quinquennal). Ils sont synthétisés dans le tableau 5-4 ci-après.

Tableau 5.4. - Besoins en eau optima per capita et globaux selon les usages et les catégories de localités, en l'an 2001

	BESOINS PER CAPITA				BESOINS GLOBAUX EN 2001	
	domest.	art./ comm.	jardin. (1/j/hab)	Totaux (m ³ /a/ha)	Population (en Millions)	Besoins (en Mm ³ /an)
	(4)	(5)	(6)	(7)		
- Bamako	70	20	10	100	35	1,13
- C.U. (1)	60	12	8	80	30	0,98
- CSU/CR	38	8	9	55	20	2,14
- Rural (2)	25	2	16	45	15	5,24
- Résert (3)	15	-	-	15	5	0,40
TOTAUX :					9,89	194

Notes

- 1 - Pour la définition des types de localité variables 5.1
- 2 et 3-Pour les milieux ruraux et nomades, les besoins de l'élevage non proportionnels au nombre d'habitants, ne sont pas pris en compte (voir tableaux 6).
- 4 - Les besoins domestiques sont répartis comme suit (en 1/j/hab)

Boisson - Cuisine/ - Toilette et - Air cond. - Totaux
vaiseille linge

Nomades	3	2	10	-	15
Ruraux	5	7	13	-	25
CSU/CR	6	10	22	-	38
CU	6	14	30	10	60
Bamako	6	16	33	15	70

Notes (Suite)

- 5 - Pour les C.U./CSU/CR et Bamako, il s'agit de l'arrosage de jardins publics et privés, et du nettoyage de la ville.
- Pour les villages, 18 l/j/hab correspondent à l'arrosage de 30 m³ de jardin de concession (10 hab/concession) à raison de 6 mm/jour.
- 6 - Arrondis.
- 7 - Voir tableau 5.1

La répartition des besoins en eau par arrondissement est représentée sur les cartes des figures 5.4 pour les besoins villageois en l'an 2001 et 5.5, pour les besoins totaux en eau des populations et du bétail en 2001.

5.2.2. Normes quantitatives

Elles concernent les propositions d'équipement en points d'eau modernes qui paraissent raisonnablement faisables.

- a) Pour les SAEP et SAES dans les centres urbains, semi-urbains et ruraux /5-1 - part 2/

On distingue 3 niveaux de desserte :

	EP	BF	Total	Moyenne % (l/j/hab)
- niveau élevé (NE)	75% pop. à 100 l/j/h	25% pop. à 25 l	100%	81,25
- niveau moyen (NM)	50% pop. à 100 l/j/h	30% pop. à 25 l	80%	57,5
- niveau bas (NB)	10% pop. à 100 l/j/h	50% pop. à 25 l	60%	22,5

.../...

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI

- 19 -

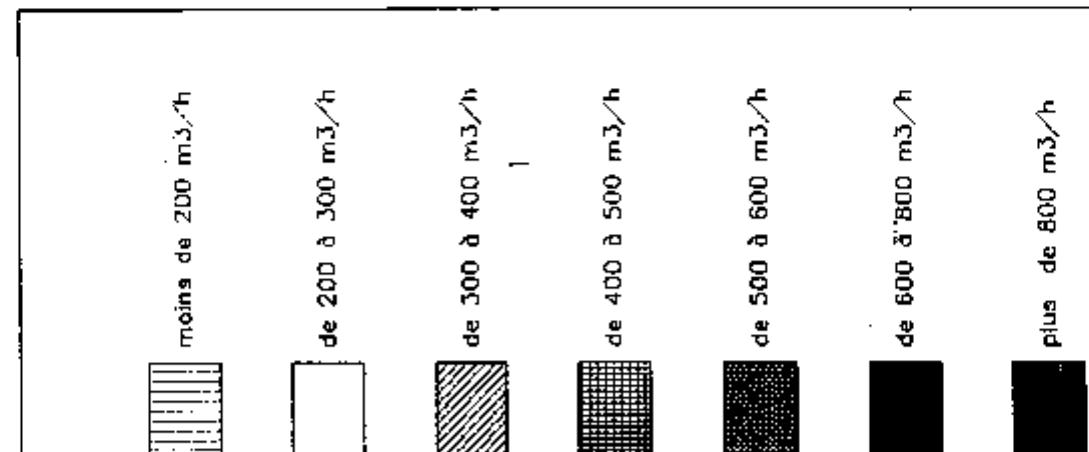
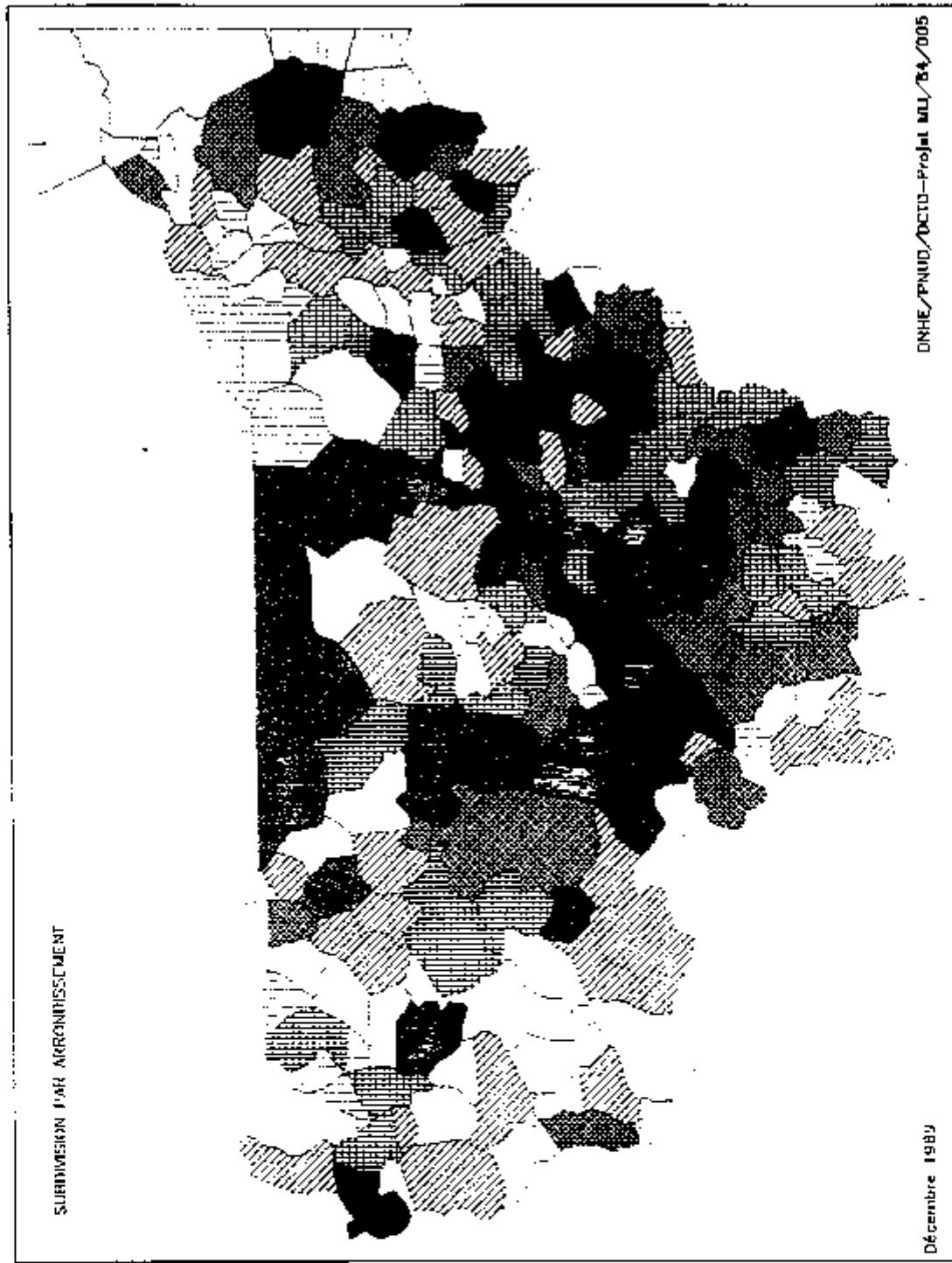


Figure 5-4 BESOINS EN EAU VILLAGEOIS A L'HORIZON 2001

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI

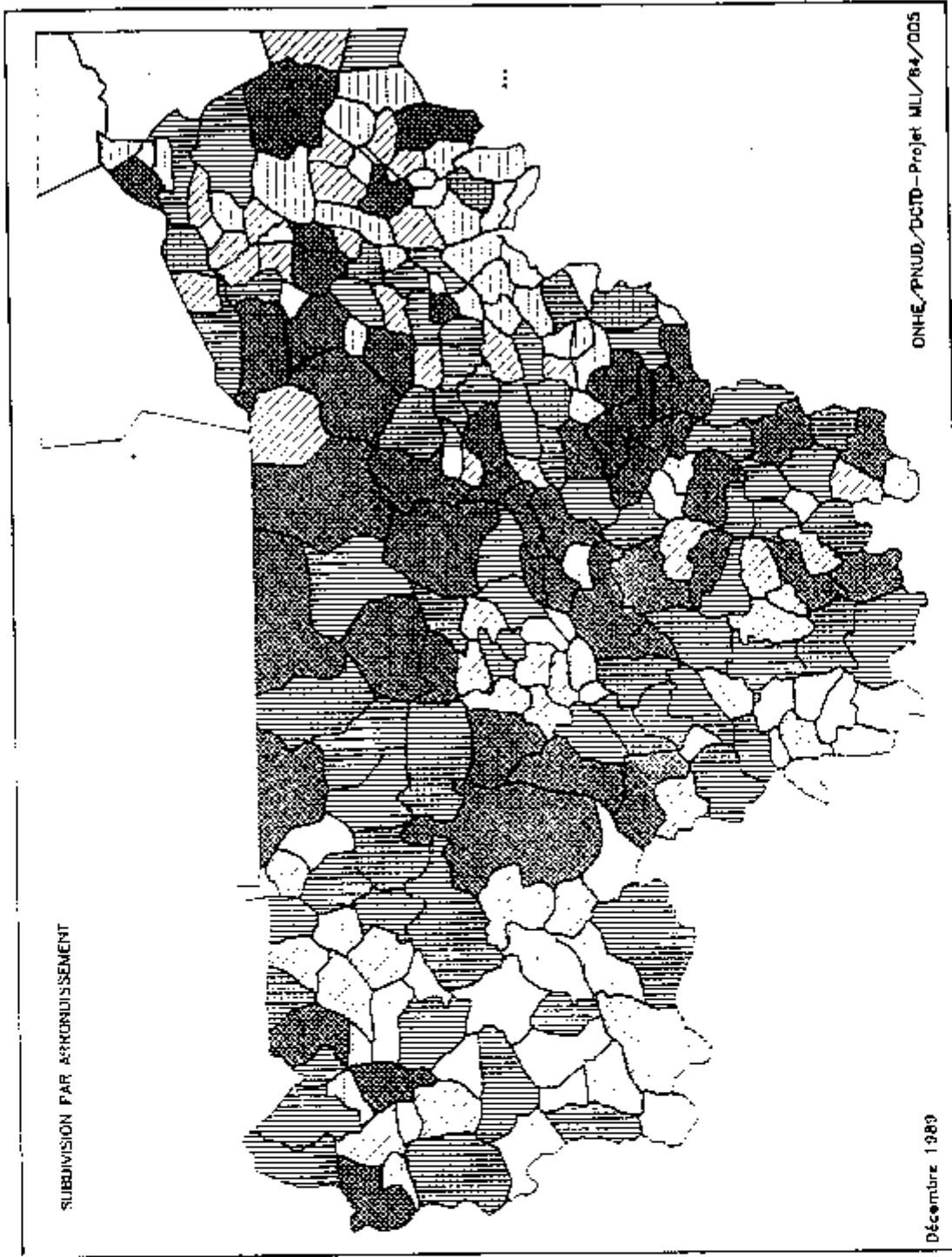
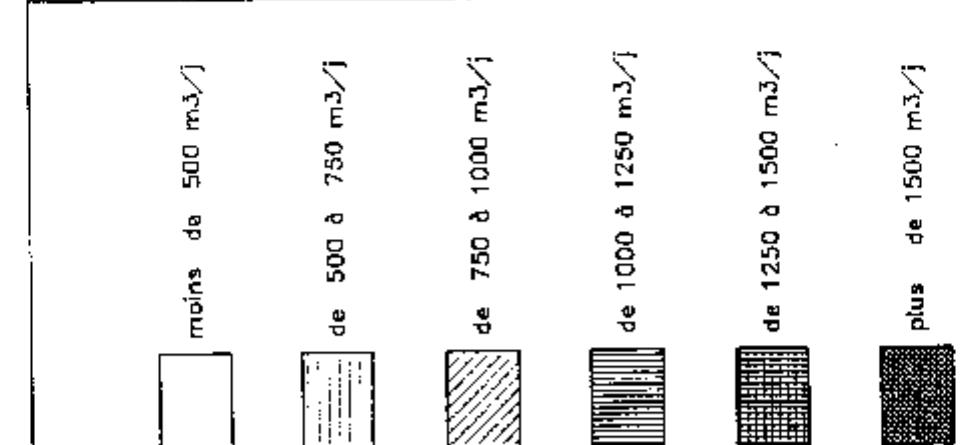


Figure 5 - 5 BESOINS EN EAU DES POPULATIONS ET DU BETAUT

On aboutit ainsi aux chiffres du tableau 5.5. ci-après.

Tableau 5.5. - Estimation des besoins et de leur taux de couverture en 2001 selon les normes du SD et les types d'agglomérations.

Catégories de localités	1.Cons en 1989	2.Pop. en 2001	3. Normes au 8-9		4.Bes. en 2001	5.Bes. optimale selon 2001	4/5 %	1/4 %
	(Mm3/a)	(Mil. hab.)	1/5/h	m ³ /an	N. SD	(5,4) (Mm3/an)	(Mm3/an)	
Bamako	7,3	1,13	54	19,7	22,3	40	56	33
Autres CU	3,7	0,98	46	16,8	16,5	30	55	22
GSU + CR	6,2	2,14	31	11,3	24,2	43	56	25
Villages	4,3	5,63	20	7,3	41,1	81	51	10
Tot./moy.	21,5	9,89	-	-	104,1	194	54	20

13

Malgré l'application de normes relativement modestes, on ne couvrirait en 2001 avec des systèmes modernes d'approvisionnement en eau potable qu'un peu plus de la moitié des besoins ressentis (table 5.4); l'autre moitié continuera à être couverte pour les points d'eau traditionnels. L'application des normes du SD représente cependant un effort considérable, puisqu'il faudrait en 12 ans mettre à la disposition des habitants de Bamako des volumes triples de la consommation d'eau potable de 1989 multiplier par 4 ou 5 ceux des centres urbains, semi-urbains et ruraux et multiplier par 10 ceux des villages.

5.2.3. Normes de qualité des eaux

Les normes OMS (voir annexe 6) devraient pouvoir être respectées presque partout, grâce à la qualité naturelle des eaux superficielles ou souterraines (voir ch. 4) ou par traitement (filtration, flocculation, décantation, neutralisation, injection d'eau de Javel); si le coût du traitement se révèle trop élevé pour approcher les normes OMS, on pourra se référer à des normes moins sévères, établies par Schoeller pour les pays arides (voir annexe 6).

5.3. ADEQUATION RESSOURCES/BESOINS

5.3.1. Eaux superficielles

Pour les 6 grandes villes qui sont alimentées à partir du Niger (Bamako, Kati, Koulikoro, Ségou, Markala, Mopti) les débits unitaires qui seront pompés dans le Niger et qui passeront de 8 millions m^3 /an en 89 à 27,7 millions m^3 /an en eau seront, même en l'an 2000, très inférieurs aux débits d'étiage de ce fleuve, grâce notamment aux "lachers" du barrage de Sélingué /5-9/; il en sera de même pour Kayes (0,46 à 1,7 millions m^3 /an) sur le fleuve Sénégal avec le barrage de Manantali.

Pour les 3 autres villes (Kita, Bougouni et Sikasso), il y a actuellement des problèmes pendant l'étiage du fait du déficit pluviométrique chronique. Pour sécuriser l'AEP de ces villes, la solution devrait être trouvée soit en stockant de l'eau derrière un barrage (solution coûteuse mais sûre), soit par recours aux eaux souterraines. À noter que, pour Bougouni, les recherches d'eau souterraines à proximité n'ont pour l'instant trouvé que des ressources limitées /DG-RGL-12/.

5.3.2. Eaux souterraines

La comparaison des tableaux 5.2 et 5.5 montre que les débits globaux supplémentaires à exploiter en l'an 2001, par forages et puits modernes à partir des ressources en eaux souterraines des nappes principales, pour couvrir les besoins du SD sont de l'ordre de 94 millions de m^3 /an (104- 15); les débits supplémentaires à puiser dans les nappes superficielles par les puits traditionnels pour couvrir

.//...

aussi les besoins optima sont de l'ordre de 13 millions de m^3 /an (77 aujourd'hui, d'après § 5.1.2., (194 - 104) en l'an 2001 d'après tableau 5.5). On est dans l'ordre de la dizaine à la centaine de millions de m^3 /an. Le chapitre 4 a montré que les ressources renouvelables des nappes de type fissuré sont de l'ordre de 55 millions de m^3 /an (dont 5 milliards pour les immenses superficies en général peu peuplées du NE du Mali, dans les nappes de type intergranulaire) soit 600 fois plus que les besoins supplémentaires. Selon les nappes, l'adéquation sera plus ou moins aisée (voir tableau 5.6); pour les nappes superficielles (voir § 5.4.1.d), en relation hydraulique avec les nappes principales, il faudra localement approfondir les puits traditionnels.

5.4. RECOMMANDATIONS POUR LIMITER LES CONTRAINTES ACTUELLES

5.4.1. Contraintes liées aux ressources et types de systèmes d'approvisionnement en eau

- a) Les 10 grandes villes, qui s'alimentent en eau potable à partir des fleuves et rivières, devraient voir leur consommation triplée d'ici l'an 2000; pour y arriver, il faudra, en plus des recherches de ressources complémentaires pour 3 villes, mentionnées en 531, d'abord :
 - réduire les pertes du réseau et accroître la durée de pompage jusqu'à 20 h/j
 - accroître la longueur du réseau pour couvrir les nouveaux quartiers
 - parallèlement revoir la tarification de l'eau, pour rendre sa consommation plus accessible financièrement pour les revenus les plus modestes

.../...

- enfin, pour les villes de Bamako, Kati, Bougouni et Ségou-Markala, augmenter le débit des stations de pompage et de traitement, sans doute au cours du dernier quinquennal du siècle (voir tableau 5.6).
- b) Pour les 500 SAES des centres urbains, semi-urbains et ruraux qui exploiteront les ressources en eau souterraine; la contrainte sera la localisation, à proximité du centre, de forage à gros débit, dont l'exploitation influence peu le niveau de l'eau dans les puits traditionnels (voir ch. 4). Le tableau 5.7, établi sur la base des données de forage de SIGMA, montre que pour la moitié de ces centres, il suffira d'aléser si possible un forage existant, et de bonnes caractéristiques et de le tester: on pourra même dans certains cas envisager un système mixte AES - irrigation (voir ch. 7); pour les autres centres, la recherche pourrait amener à des sites quelque peu éloignés des centres (voir § 5.4.5.). Les études de simulation déjà faites montrent qu'en général la baisse du niveau statique des puits avoisinants consécutive à l'exploitation du forage sera inférieure aux variations saisonnières.
- c) Pour l'hydraulique villageoise: A cause de leur coût (double de celui des forages) et de la durée de leur exécution (10 fois plus longue), les puits modernes ont été jusqu'à présent six fois moins nombreux que les forages; mais pour les usages gros consommateurs d'eau (abreuvement de troupeaux, construction de banco, irrigation,...), les populations rurales avouent leur préférence pour les puits /SDM-SOC-5/. Il faudra donc améliorer les conditions de leur réalisation, par une meilleure organisation des campagnes et dans les terrains tendres l'expérimentation des méthodes de havage mécanique. Les forages pour

l'hydraulique villageoise peuvent aussi être améliorés; moindre profondeur suffisante pour les petits débits requis, expérimentation en zones de terrains tendres et alluviaux de méthodes de forage au battage et de pointes filtrantes. Enfin la coordination entre les deux types d'ouvrages et d'entreprises devrait être recherchée.

- d) Les puits traditionnels - qui resteront, au moins jusqu'en 2000, la principale source d'approvisionnement en eau des ruraux - sont construits de telle façon qu'ils requièrent souvent un long travail de remise en état; leur amélioration par curage, cuvelage sommaire, couverture et éventuellement approfondissement par des puisatiers traditionnels devrait être encouragée.

5.4.2. Contraintes liées au moyens d'exhaure

- a) Les pompes solaires devraient être plus prises en considération, concurremment avec les pompes à moteur diésel, pour les SAES (et aussi pour l'irrigation). Bien que le Mali ait la plus large expérience en pompage solaire, au Sahel (111 PS au Mali sur 170 dans les 7 pays du CILSS), elles n'ont pas encore "décollé", principalement à cause du coût de l'investissement initial et des travaux de Génie Civil associés; il semble pourtant que cette pompe, qui utilise une énergie renouvelable et gratuite, se place en excellente position pour l'alimentation en eau des centres de 500 à 3000 hab; au-delà, la moto pompe diésel s'impose; mais les constructeurs annoncent une baisse de 50 % du coût des panneaux photovoltaïques dans les 15 ans qui viennent. Il faudra donc suivre de très près, sur les plans technique, économique et organisationnel, l'installation, dans le cadre du 6e FED, de 225 P.S. (AES, irrigation et mixtes), principalement dans la région de Mopti /5-4/.

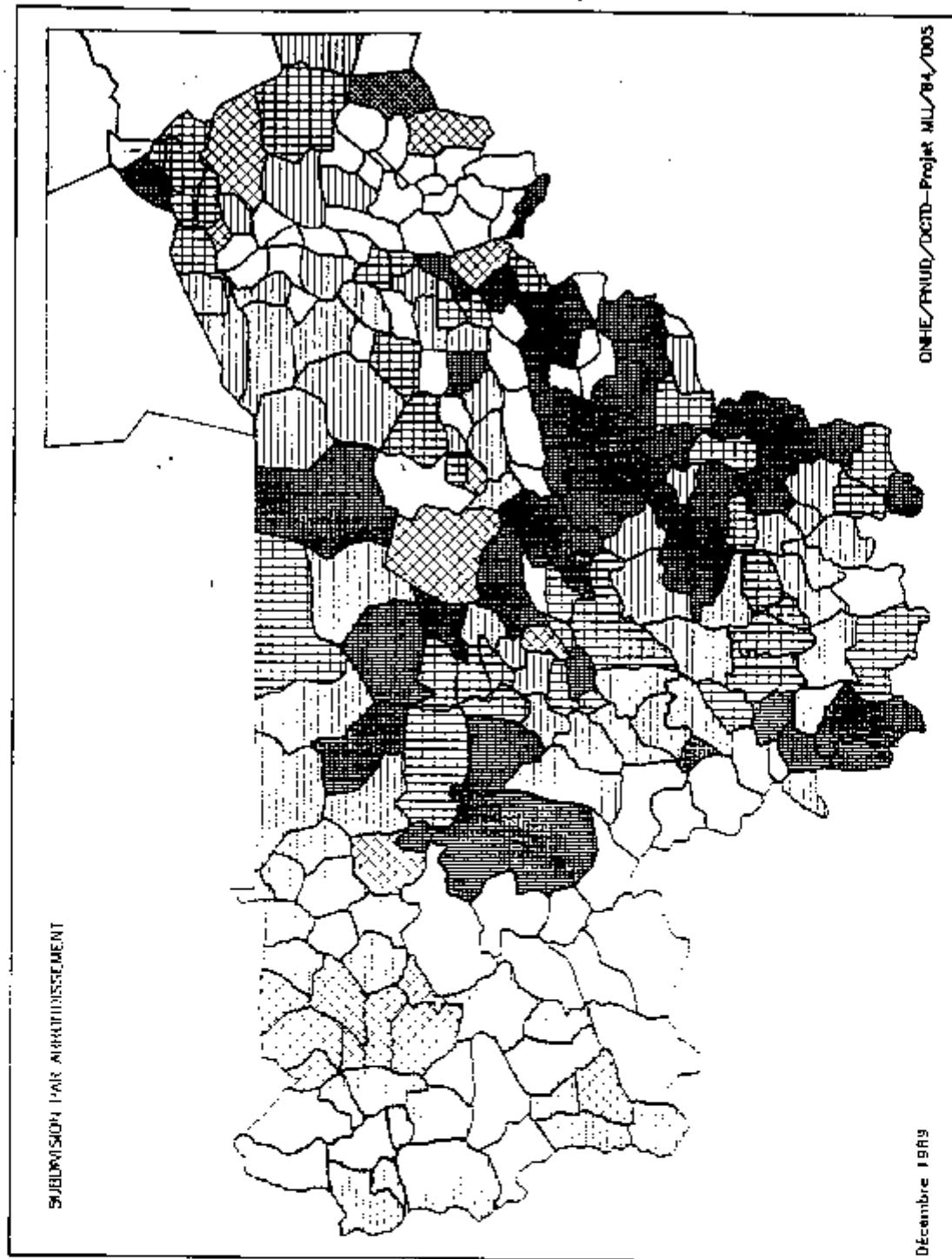
b) Les pompes à motricité humaine se sont imposées au Mali à cause de leur qualités en ergonomiques. Pourtant 20 % en moyenne sont en panne, mais c'est souvent plus pour des raisons d'organisation (voir § 5.4.4.) que pour des raisons techniques. Sur le plan technique, la nouvelle pompe Vergnet et la pompe India fabriquée au Mali par EMAMA, sont fiables techniquement. A 30 m, la pompe India est moins chère que la pompe Vergnet (225.000 F.CFA contre 410.000), sauf dans les zones où le pH est bas et les eaux agressives (voir carte fig. 5.6) et où il faut remplacer les tringles et le cylindre en acier galvanisé de la pompe par des pièces en INOX (455.000 F.CFA); mais pour un débit supérieur à celle de Vergnet).

5.4.3. Contraintes liées à la géographie des agglomérations (densité, taille, forme des villages et des centres et densité de l'habitat)

C'est un domaine de géographie humaine peu connu au Mali (quelques thèses d'étudiants seraient les bienvenues). Il a pourtant son importance en ce qui concerne les déplacements des chantiers et surtout l'organisation de l'espace (déplacement des villageois vers les chefs-lieux d'arrondissement et de cercle où sont les administrateurs, les artisans-réparateurs et les stocks de pièces détachées) et enfin le transport de l'eau; l'un des buts des programmes d'approvisionnement en eau est en effet de rapprocher l'eau potable du consommateur.

a) Or pour l'hydraulique villageoise, le premier problème de ces programmes provient de la taille des villages (plus de la moitié ont moins de 400 hab) et de l'extrême dispersion des villages (voir carte fig. 5.7): 22 villages seulement pour 1000 km^2 (moyenne des 5 premières

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI



Source : Sogea

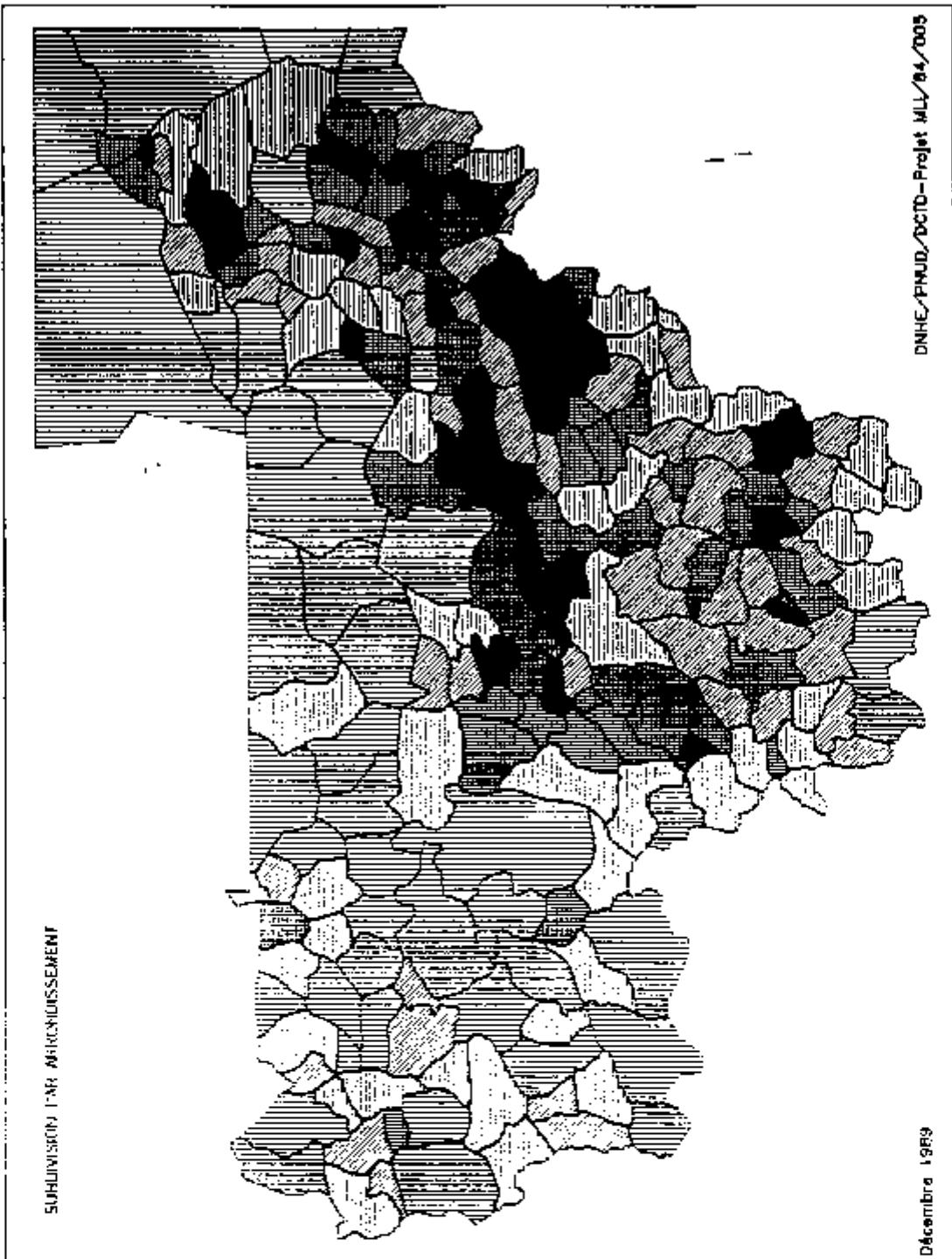
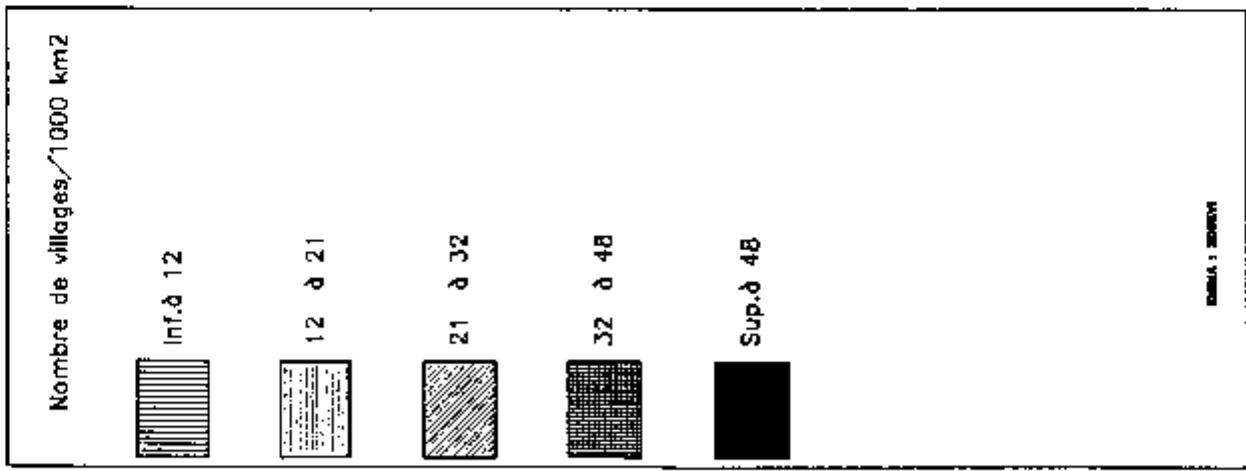
AGRESSIVITE DES EAUX (selon l'Indice de RYZNAR)

Figure 5.6

Régions) soit une distance moyenne entre villages de 7 km, par des mauvaises pistes: d'où une augmentation du coût des déplacements des machines de forages et des équipes de puisatiers, même pour les campagnes d'équipement généralisé; cependant, pour les arrondissements où la densité des villages est supérieure à 50/1000 km², (soit une distance moyenne entre village de 4 à 5 km), on pourrait envisager, à terme et dans certains cas, des SAES simplifiés, groupant plusieurs gros villages proches autour d'un même forage.

Le deuxième problème provient de la densité de l'espace construit: sauf peut être dans le pays Dogon, la dispersion des concessions est souvent très grande; de plus, dans chaque village administratif, il y a plusieurs quartiers et parfois des hameaux ethniques ou de culture, éloignés du centre, d'où la difficulté de localiser le point d'eau à moins de 200 m de toutes les cases; dans le cas idéal (sans doute peu fréquent) d'un village circulaire de 200 m de rayon (12,5 ha), il faudrait pour atteindre cette distance maximum (avec une norme d'un forage pour 400 hab.) que la densité soit de 32 hab/ha (400 : 12,5), c'est probablement rarement le cas. D'où le développement du transport de l'eau en fûts sur charrettes, malgré l'absence de crédit pour cet équipement (ce qui montre, entre parenthèses, que certains villageois sont prêts à payer l'eau pour éviter les files d'attente à la pompe et de longs et nombreux transports).

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALL



DENSITE DES VILLAGES

Figure 5-1

- b) Pour les centres ruraux et semi-urbains, la densité de l'espace construit est plus élevée, mais on n'a pas de chiffres. Elle est probablement inférieure aux densités connues dans les villes (par ex. : 100 hab/ha à Goundam, 60 à Bougouni et 20 à San). Or une étude de la Banque Mondiale /5-5/ affirme que "les adductions d'eau présentent des économies d'échelle importantes (voir § 5.4.5.) et seraient rentables à partir de 800 hab et une densité de 80 personnes par ha". C'est probablement rarement le cas, même dans les centres plus importants. Le nombre de bornes fontaines par centre dépendra donc de la densité d'habitation, selon un raisonnement analogue à celui du paragraphe précédent.

La longueur des canalisations de distribution dépendra également de cette densité, mais aussi de la forme des villages, (arrondi, en croix, longiligne le long d'une route,...); dans les centres DNHE (voir tableau 5.8) la longueur du réseau est de 0,7 m/hab (sans compter Kara: 5,4 m/hab) alors qu'elle est de 0,46 m/hab pour les grandes villes.

5.4.4. Contraintes liées au contexte socio-économique

On traitera ici de la capacité de s'organiser pour gérer les points d'eau et la capacité de payer l'eau (voir aussi ch. 2 et 3).

- a) La capacité de s'organiser pour concevoir, promouvoir, financer, réaliser, entretenir et gérer les équipements hydrauliques concerne principalement l'Etat pour les 5 premières actions et les populations pour les 2 dernières, encore que les populations doivent être, plus qu'aujourd'hui, associées à la conception (situation et rôle des différents types de points d'eau), au financement et à la réalisation

- (participation financière et en nature, amélioration des puits traditionnels). On reprendra ces points au ch. 8. On a vu au ch. 2 les progrès et les faiblesses de l'Etat dans la réalisation des 5 premiers types d'activité et on y reviendra au ch. 8. L'Etat voudrait se désengager complètement de l'exploitation et de la maintenance des équipements
- au niveau des villages. les comités de gestion mis en place, place, à l'occasion de l'installation des pompes, sont en général assez formels et fonctionnent mal /SDM-SOC-5/; ceux qui semblent le mieux fonctionner sont ceux formés par initiative villageoise et où les femmes ont un rôle. Les systèmes des réparateurs villageois et des artisans-réparateurs fonctionne en général assez bien dans les zones où il est encore contrôlé par des projets. Mais il faut le perfectionner pour éviter des abus et associer à un réseau commercial de distribution de pièces détachées et à un certains nombre de mécaniciens régionaux (ou de soustractants des fabricants de pompe) qui devraient remplacer les brigades pompes de la DNRE pour les grosses réparations (voir ch. 8 et 9).
 - pour les centres ruraux, la gestion des futures AES cont il ne faut pas sous-estimer les difficultés devrait s'inspirer de celle des centres semi-urbains /SDM-ECO-2 note 2/: comités de gestion (éventuellement renforcés de jeunes diplômés) supervisant l'action du gardien, du mécanicien et des fontainiers.

Mais, malgré la présence dans ces centres d'administrateurs, d'artisans, et parfois de mécaniciens, il subsiste des doutes sur la capacité des comités de gestion, même après formation, à assurer seuls les réparations, l'entretien et la gestion financière des AES. La DAEPA de la DNRE, qui appuie déjà les comités de gestion de 11 petites

villes, propose de prendre en charge celle des 500 CR, après renforcement et régionalisation. Devant l'ampleur de la tâche, ceci ne paraît pas une solution à retenir à long terme, alors que la DNHE envisage d'autre part de se désengager de l'entretien des pompes manuelles; une solution faisant intervenir des "compagnies fermières" (type SAUR au Sénégal) devrait être étudiée.

b) La capacité de payer l'eau

L'un des résultats de la Décennie, au Mali comme ailleurs, a été de commencer à écorner le mythe de la gratuité de l'eau; les populations rurales ont été invitées (malheureusement avec des modalités différentes selon les régions) à participer financièrement et en nature à l'exécution du forage et à l'installation de la 1ère pompe (mais seulement pour quelques pourcents du coût total) et totalement à celle de l'entretien et plus tard du renouvellement de la pompe. Malgré la faiblesse des revenus monétaires ruraux, on a été surpris de la capacité des villageois à dégager parfois de grosses sommes, quand la pompe est ressentie comme une nécessité.

Il faudra à l'avenir explorer plus à fond cette capacité de payer l'eau, sans oublier le caractère social de l'hydraulique rurale et urbaine; en particulier le louable désir de rentabiliser la totalité des investissements et des frais d'O/M des AES, en faisant payer l'eau au seau (soit 250 F/m^3) limite l'utilisation de l'eau aux bornes fontaines (6 à 9 l/j/hab pour les grandes villes, peut être 20 l/j/hab pour les petites villes, alors que les installations ont été construites au projetées pour une consommation moyenne de 40 l/j/hab).

.../...

5.4.5. Contraintes liées au coût de l'eau

Le tableau 5.7. montre :

- des coûts par consommateur plus élevés quand on passe à un système de desserte meilleur
- des facteurs d'économie d'échelle à l'intérieur de chaque système, l'investissement par consommateur passant, pour les SAES de 18.800 F.CFA (pour un centre de 2000 hab) à 9.422 F.CFA (pour un centre de 4.500); il remonte pour le centre de 8.000, dans le cas où il faudrait 2 forages de $5 \text{ m}^3/\text{h}$, mais il serait inférieur si un forage à proximité du centre pouvoit débiter $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Le "seuil" entre le système PMII et le SAES se situant, dans le modèle théorique du tableau entre 2000 et 3000 habitants; c'est pourquoi, on a introduit un système intermédiaire dit "poste autonome" dans lequel un réservoir de faible volume est situé au-dessus de l'abri de pompage
- l'influence sensible sur le coût du m^3 d'eau de la consommation unitaire (dernière ligne du tableau).

Il faudra donc, pour inciter les consommateurs à profiter du SASS, certes vendre l'eau à un prix incitatif, mais, pour que le système soit rentable, il faudra s'ingénier à abaisser le coût de l'eau; tout en la rapprochant du consommateur; on proposera donc, dans un premier stade, de diminuer le volume du réservoir (par exemple 30 m^3 comme pour les villes DNHE) mais, par contre, d'augmenter la longueur des conduites de distribution et le nombre de bornes fontaines.

:

.../...

Tableau 5.9. - Coût de l'eau dans divers systèmes d'approvisionnement en eau

HYDRAULIQUE VILLAGEOISE			SYSTEMES D'ADDUCTION D'EAU SOMMAIRE					
	PUITS TRADIT.	PUITS MODERN.	FORAGE AVEC POMPE A MOTR. HUM.	POSTE AUTONOME	RESEAU DE DISTRIBUTION EXHAURE PAR MOTO POMPE A GROUPE DIESEL			
- NOMBRE DE CONSOMMAT.	133	400	400	1000	2000	3000	4500	8000
- CONSOMMATION (m ³ /an)	1942	5840	5840	14600	29200	43800	65700	116800
INVESTISSEMENT (millions de F.CFA)								
- Forage ou puits/nombre/	1,0	10,0	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	10,6/2/
- Pompe			0,4	1,2	1,4	1,6	1,8	2,8/2/
- Groupe élect.				4,9	4,9	4,9	4,9	7,4/2/
- Réservoir /volume en m ³ /				1,5 /50/	17,8 /50/	17,8 /50/	19,0 /75/	49,2/2/ /125/
- Abri, cuve à carb., clôture				1,5	2,0	2,0	2,0	2,0
- Conduites				1,0	4,2	5,0	5,7	8,4
- Bornes-font. /nombre/				0,6 /2/	2,0 /6/	2,7 /8/	3,7 /11/	5,0 /15/
INVEST. TOTAL	1,0	10,0	5,7	16,0	37,6	39,3	42,4	85,4
INVEST. PAR CONSOMMATEUR (F.CFA)	7519	25000	14250	16000	18800	13100	9422	10675

/...

COUT DE L'EAU (millions de F.CFA/an)								
- Amortis. et frais financ.	0,1	0,9	0,6		4,5	4,7	5,0	9,6
- Entretien			0,1		1,0	1,1	1,2	2,1
- Main-d'oeuvre					2,0	2,4	2,5	3,5
- Carb. et lub.					0,6	0,8	1,3	2,4
TOTAL	0,1	0,9	0,7		8,1	9,0	10,0	17,6
COUT PAR m^3 (F.CFA/ m^3)	48	161	118		274	205	153	151
COUT HORS AMORT. FORAGE OU PUITS	0	0	33		240	194	145	142
COUT HORS TOUS AMORT.	0	0	22		113	98	76	69
COUT HORS TOUS AMORT. ET POUR CONSOMM. DE 20 l/j par consommateur	0	0	44		206	177	133	177

5.4.6. Contraintes liées aux travaux d'Assainissement /5-1 – part. 4/

La faible priorité accordée aux actions et travaux d'Assainissement, par rapport aux autres programmes du secteur Eau tient aux facteurs suivants :

- insuffisance de la sensibilisation des populations en matière d'assainissement,
- peu d'intérêt de la plupart des bailleurs de fonds pour le financement des programmes du sous-secteur, à l'exception, en ce qui concerne le secteur rural (villages et centres ruraux) de l'UNICEF et de la Banque Mondiale
- coûts élevés des investissements et manque de technologies appropriées, qui marqueraient un progrès dans le sens de l'hygiène, tout en étant de coût d'investissement et d'entretien, abordables par les bénéficiaires;
- insuffisance de coordination des activités des différentes institutions

Pour remédier, à l'avenir, à ces différentes contraintes, on propose pour le secteur rural (villages et centres ruraux) de :

- intensifier l'éducation sanitaire, dans toutes les localités bénéficiant d'un projet d'alimentation en eau (et d'abord dans les localités où existe un centre de santé): il s'agirait de vulgariser progressivement des actions simples, relatives à l'hygiène de l'eau des puits traditionnels, l'hygiène aux abords des points d'eau modernes..., l'évacuation des excreta et des déchets solides, des eaux usées et des eaux de ruissellement;

.../...

- identifier des ouvrages peu coûteux, faciles à exécuter et entretenir par les populations; pour les ouvrages plus importants et collectifs, prévoir une subvention;
- inscrire dans tous les programmes d'alimentation en eau un pourcentage (par exemple 5 à 10 %) réservé à des actions d'éducation sanitaire, et à des réalisations publiques et privées à réaliser après identification.

. / ...

5.5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

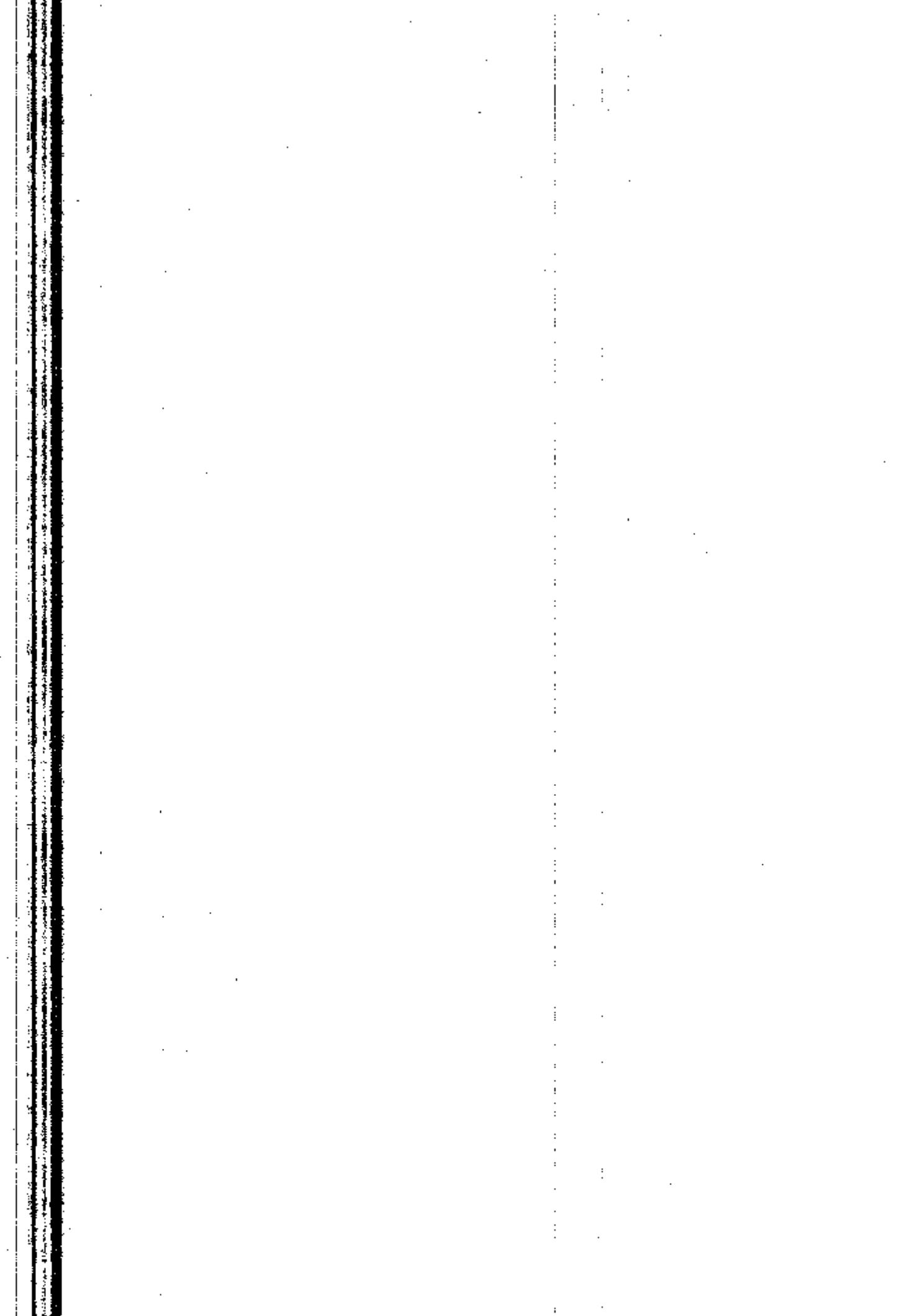
Les normes réalistes proposées pour le Schéma-Directeur vont amener à quintupler en 10 ans le débit des systèmes modernes d'approvisionnement en eau des populations, tout en assurant à tous une eau de bonne qualité et en la rapprochant des habitations. Cet effort considérable ne sera possible qu'en réduisant les principales contraintes qui se sont manifestées au cours de la Décennie de l'Eau, c'est-à-dire en :

- réduisant à la fois les suréquipements et les sous-utilisations;
- en profitant de l'économie d'échelle, et en faisant passer 500 CSU et CR (population actuelle: 1,4 millions) du système PMH au système AES; mais ces systèmes devront être modulés;
- en réduisant les pertes des réseaux et en établissant une tarification de l'eau incitative (en particulier pour les BF);
- en favorisant, quand ce sera possible, les usages multiples, des systèmes;
- en améliorant la gestion des systèmes;
- en faisant participer les populations plus qu'aujourd'hui à la conception, au financement et à la gestion de leurs systèmes d'approvisionnement en eau potable, tout en les incitant à améliorer leurs puits traditionnels et leurs systèmes d'assainissement individuel: un effort considérable de promotion, d'éducation, de formation devra accompagner les investissements,
- en convainquant les bailleurs de fonds, par un effort sérieux de planification et de réglementation, que les investissements seront bien utilisés.-

CHAPITRE 5

BIBLIOGRAPHIE (HORS DOCUMENTS DU PROJET)

- 5.1. Rapport au troisième Atelier National de la DTEPA sur la planification du Secteur Eau Potable et Assainissement - Bamako 6 - 8 Déc. 1988.
 - Partie 1 : Synthèse et recommandations - pp. 1 à 6
 - Partie 2 : Approvisionnement en eau potable en milieu urbain - pp. 7 - 25
 - Partie 3 : Approvisionnement en eau potable en milieu rural - pp. 26 - 75
 - Partie 4 : Assainissement en milieux urbain et rural - pp. 80 - 113
- 5.2. 7 Diagnostics des Régions par les Comités Régionaux de Développement 1985
- 5.3. Influence des barrages de Sélingué et Markala sur les débits à l'aval - DNHE (Division Hydrologie) - Avril 1988
- 5.4. Programme Régional Sclaire - FED/CILSS - 1987
- 5.5. Rural water supply and sanitation - Time for a change - Discussion paper 18 - World Bank (1984).



SOYMAIRE CH. 6

HYDRAULIQUE PASTORALE

6.1. SITUATION ACTUELLE DE L'ELEVAGE ET DE L'HYDRAULIQUE PASTORALE

6.1.1. Cheptel

6.1.2. Organisation pastorale

6.1.3. Points d'eau pastoraux

6.2. BESOINS EN EAU

6.2.1. Normes

6.2.2. Besoins en 1989

6.2.3. Besoins à l'horizon 1996

6.2.4. Besoins à l'horizon 2001

6.2.5. Besoins maxima théoriques

6.3. ADEQUATION DES RESSOURCES ET DES BESOINS

6.3.1. Besoins couverts par les projets du Plan 1987-91

6.3.2. Besoins couverts par les projets prévus à court terme

6.3.3. Besoins à couvrir par de nouveaux projets à programmer

6.4. CONTRAINTES ET LIMITATIONS

6.4.1. Contraintes et limitations liées aux ressources et aux types de points d'eau

6.4.2. Contraintes et limitations liées à l'organisation pastorale

6.4.3. Contraintes et limitations liées aux moyens d'exhaure

6.4.4. Contraintes et limitations liées au coût de l'eau

6.5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.5.1. Conclusions

6.5.2. Recommandations

FIGURES

6.1. Répartition du bétail (effectifs 1989)

6.2. Besoins en eau du bétail en 1989

:

6.3. Potentialités de charge en bétail

TABLEAUX

- 6.1. Effectifs de bétail par Région (estimation 1987)
- 6.2. Besoins en eau en saison chaude et sèche pour le bétail en 1989
- 6.3. Besoins en eau en saison chaude et sèche pour le bétail en 1996
- 6.4. Besoins en eau en saison chaude et sèche pour le bétail en 2001
- 6.5. Besoins couverts par les projets du Plan 1987-1991
- 6.6. Besoins couverts par les projets prévus à court terme
- 6.7. Contraintes et limitations liées aux ressources et aux types de points d'eau
- 6.8. Réalisations recommandées jusqu'à l'horizon 2001
- 6.9. Apport prévu des réalisations recommandées jusqu'à l'horizon 2001
- 6.10. Récapitulation des besoins maxima en eau et de l'apport des projets en cours, programmés, identifiés et à identifier.

CHAPITRE 6 - HYDRAULIQUE PASTORALE

6.1. SITUATION ACTUELLE DE L'ELEVAGE ET DE L'HYDRAULIQUE PASTORALE6.1.1. Cheptel

Les effectifs d'animaux d'élevage sont présentés dans le rapport annuel de la Direction Nationale de l'Elevage (DNE).

Tableau 6.1(*) - Effectifs de bétail par Région (estimation 1987) (en milliers de têtes) (voir également figure 6.1.)

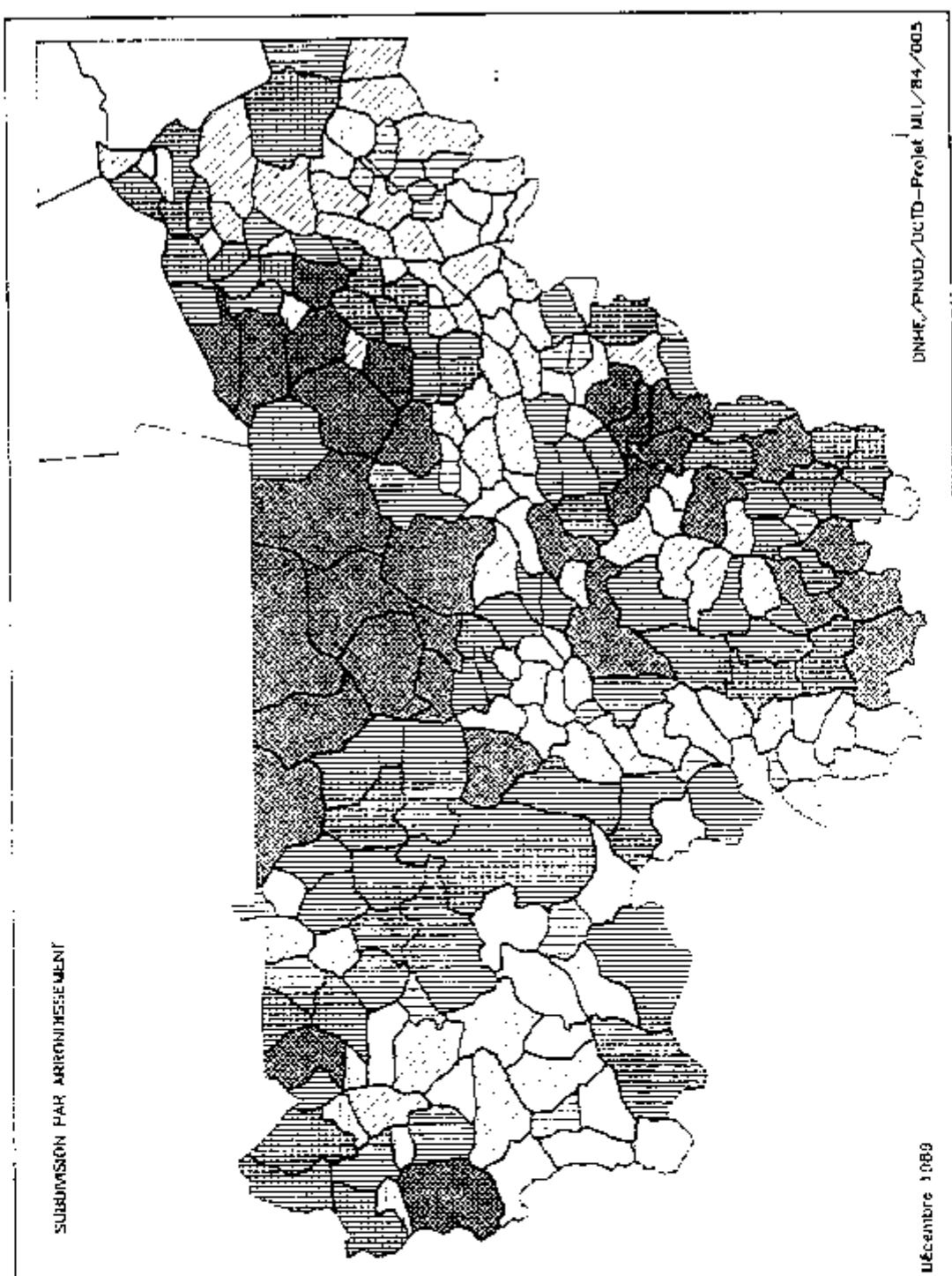
REGION ADM.	BOVINS	OVINS CAPRINS	EQUINS	ASINS	PORCINS	CAME- LINS
Kayes	735	1062	7,4	17,5	0,5	-
Koulikoro	703	1796	15,8	46,5	3,0	13,2
Sikasso	1228	581	1,1	33,5	-	-
Ségou	554	1154	11,3	36,2	47,0	0,1
Mocti	1014	2783	16,0	49,7	-	2,6
Tombouctou	244	1231	1,2	93,5	-	96,0
Gao	79	1857	0,5	44,5	-	74,6
Dist. Bamako	30	60	0,8	1,0	5	-
TOTALX	4 389	10 529	54,1	422,4	55,5	186,7

Ces effectifs sont en augmentation par rapport à ceux des années précédentes bien que le cheptel soit encore en phase de reconstitution après les pertes dues à la sécheresse de 1963-1984. Basée sur les chiffres de vaccinations, cette répartition spatiale du cheptel correspond essentiellement à la situation en saison sèche, ce qui est d'une importance capitale au plan de l'hydraulique pastorale. Les

.../...

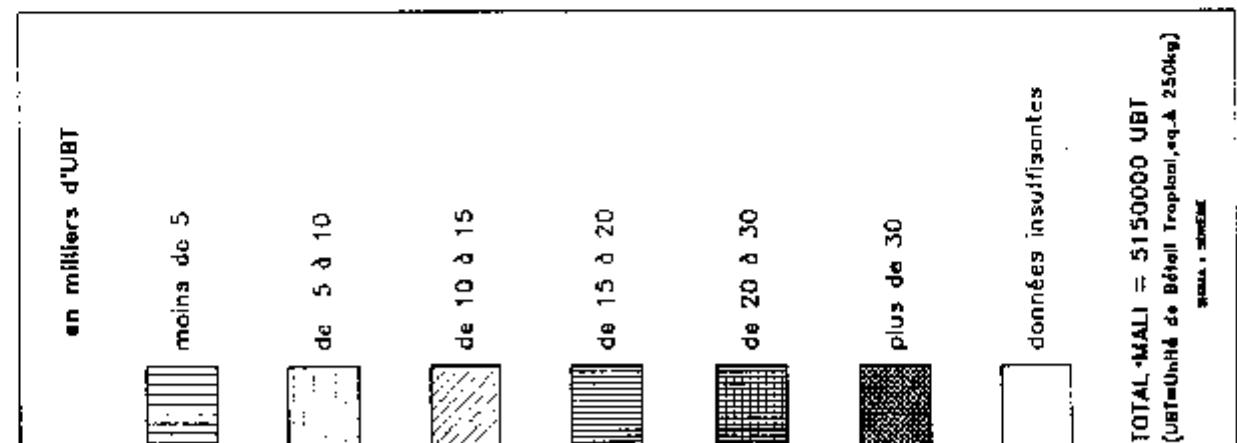
(*) Les effectifs du cheptel par cercle peuvent être consultés dans le rapport SMD-MPL-1 (Annexe 1).

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI



REPARTITION DU BÉTAIL (effectifs) 1989

Figure 6.1



Régions de Mopti et surtout de Sikasso sont actuellement et de loin les plus fournies en bétail bovin. On a ainsi observé au cours des dernières années une nette migration des bovins vers les régions agricoles du Sud du pays où sévit cependant le trypanosome bovin. La Région de Mopti connaît actuellement le plus grand nombre d'ovins-caprins et d'asins, suivie par les 7e et 6e Régions (Gao et Tombouctou) où sont également concentrés les camelins.

L'embouchure bovine, ovine et caprine est largement pratiquée dans certaines Régions (5e; MOPTI; 4e; SEGOU) - 150M/500 - 5%.

6.1.2. Organisation pastorale

Les systèmes d'élevage sont très diversifiés au Mali, en raison des ressources fourragères liées aux conditions climatiques, des ethnies et des traditions des éleveurs. On peut cependant les grouper autour de 3 types :

a) Système purement pastoral ou élevage transhumant

Ce système est pratiqué par les Touaregs et les Peulhs d'une part, les Maures d'autre part. Les Touaregs et les Peulhs exploitent pendant l'hivernage les pâturages de l'ensemble du Nord-Est du pays en utilisant des points d'eau temporaires (mares) pour l'abreuvement des troupeaux. Quand ces points d'eau commencent à s'assècher, ils se rapprochent des points d'eau permanents et des rives du Niger en vue d'exploiter les pâturages de décrue. Le système des Maures est analogue à celui des Touaregs et des Peulhs: ils exploitent en hivernage les pâturages mauritaniens et viennent en saison sèche au voisinage des affluents du fleuve Sénégal.

.//...

b) Système associé aux cultures pluviales (mil et sorgho)

Ce système est pratiqué par des agriculteurs peuls marginalièrement auto suffisants en céréales et pour lesquels l'élevage constitue l'unique source de revenu monétaire. Pendant la période des cultures (Juin à Décembre), les troupeaux sont confiés à des bergers qui les éloignent des terres cultivées. Ils reviennent après la récolte pour consommer les chaumes de céréales pendant environ 1 mois (Décembre - Janvier). Ils repartent ensuite en transhumance vers des pâturages associés à des points d'eau permanents.

c) Système associé aux cultures de décrue

Ce système est en général pratiqué par des riziculteurs peuls (parfois des pêcheurs); il est orienté vers la production laitière et ne donne lieu qu'à des mouvements de transhumance localisés et peu importants (ébrieurement à partir des fleuves). Il est pratiqué dans les zones inondées du delta intérieur du Niger et au voisinage des affluents du Sénégal.

d) Système agro-pastoral à dominante agricole

C'est le système pratiqué dans le Sud du pays. Les animaux peuvent être totalement sédentaires; mais on pratique dans certains cas une transhumance d'hivernage destinée à éviter la détérioration des cultures et les conflits entre cultivateurs et propriétaires de bétail; elle a pour conséquence une meilleure utilisation des ressources fourragères.

e) Système associé à la riziculture en submersion contrôlée

— Ce système est pratiqué essentiellement dans la zone de l'Office du Niger. Les animaux sont sur les rizières jusqu'à leur mise en eau. Pendant la période des cultures, ils sont confiés à des bergers qui exploitent les zones périphériques du domaine d'action de l'Office, non inondées et non cultivées.

D'une manière générale, l'organisation pastorale actuelle montre que :

- la transhumance des bovins est pratiquée dans l'ensemble du pays sauf dans le Sud tandis que les ovins et caprins se déplacent relativement peu ;
- il existe des organisations d'éleveurs (coopératives, associations), mais elles ne sont véritablement actives que dans le cadre de projets ;
- d'une manière générale, les points d'eau en zone pastorale ne sont pas gérés par de tels groupements, aussi leur entretien n'est-il, de ce fait, pas assuré ;
- les éleveurs n'entretiennent les points d'eau qu'ils utilisent que si les pâturages desservis par ces points d'eau leur appartiennent en propre. Comme le régime foncier des pâturages n'est pas codifié, on comprend le rôle important de l'appropriation traditionnelle des pâturages.

6.1.3. Points d'eau pastoraux

Parmi les points d'eau pastoraux qui exploitent les eaux souterraines, les plus simples et les moins coûteux sont les puisards creusés à la main par les éleveurs et exploitant les nappes superficielles de faible profondeur. La faiblesse des débits est compensée par leur grand nombre. On rencontre également de nombreux puits traditionnels creusés à la main sans busage et généralement peu profonds; ils présentent des risques permanents d'éboulement et s'assèchent souvent en saison chaude. les points d'eau modernes (forages et puits cuvelés) consacrés exclusivement à l'élevage sont encore peu nombreux: environ 1 millier de puits et quelques centaines de forages (sur les 12.000 existants) équipés de groupes moto-pompes (secteurs PRODESO et ODEM*).

Les puits modernes peuvent être soit directs, soit couplés avec des forages (puits-citerne ou contrepuits) dans le cas de nappes profondes (zones désertiques). Généralement de grand diamètre (1,80 m), ils peuvent permettre plusieurs puisages simultanés lorsque leur débit le permet. Ils sont exploités par les moyens d'exhaure traditionnels et ont de ce fait la faveur des éleveurs. Toutefois, le contre-puits est un ouvrage cher au-delà d'une certaine profondeur; son coût (15 à 25 millions F.CFA) équivaut à 4 ou 5 fois celui du forage et sa construction nécessite 1 à 3 mois de travail (contre 1 à 3 jours pour le forage).

.../...

(*) PRODESO: Projet de Développement de l'Elevage dans le Sahel Occidental.
ODEM: Opération de Développement de l'Elevage dans la Région de Mopti.

En dehors de ces points d'eau pastoraux "construits" qu'on rencontre surtout en zones sahélienne et désertique, le bétail s'alimente en grande majorité aux points d'eau de surface: lacs et rivières. Cependant, depuis le début des années 70, le déficit pluviométrique a provoqué une forte diminution du remplissage des mares et lacs naturels et donc leur tarissement bien avant la fin de la saison sèche. De même, certaines rivières pérennes, notamment les affluents du Sénégal et du Niger, ne coulent plus dès le début de la saison sèche.

La disparition prématuée de ces points traditionnels d'abreuvement du bétail, aggravée par l'abaissement des nappes et le tarissement des puits et puisards, est l'un des facteurs principaux de déplacement du cheptel vers le delta intérieur et le Sud du pays.

Les surcreusements de mares ou la création de mares artificielles et de points d'eau permanents (puits modernes et forages) restent encore trop rares pour permettre une exploitation rationnelle de l'important potentiel fourrager du pays.

b) Répartition des points d'eau

La répartition des points d'eau n'a pas toujours été conforme à la logique et aux besoins de l'élevage par suite d'un défaut de concertation entre les différents services gouvernementaux concernés d'une part et les éleveurs d'autre part.

En fonction des nombreux projets de développement de l'élevage qui se sont succédé depuis 1973-1974, certaines régions sont bien pourvues en points d'eau pastoraux (Kayes, région centrale, retenues d'eau du pays Dogon) alors qu'ils font défaut dans des zones ayant un potentiel fourrager reconnu et des ressources en eaux souterraines ou de surface suffisantes (Ouest du delta intérieur du Niger, Est du pays, Nord de Niono, certaines zones de la 3e Région).

c) Gestion des points d'eau

La DNE qui est chargée du suivi des pâturages et des points d'eau, a opté pour une politique qui vise à désaisir complètement le Gouvernement de la gestion des points d'eau pastoraux (fonctionnement, entretien, renouvellement des équipements, etc...) et de la confier aux associations et groupements pastoraux qui seront progressivement mis en place et deviendront propriétaires des points d'eau, ceci afin de les responsabiliser quant à l'utilisation et à la maintenance des ouvrages.

C'est ainsi que les usagers regroupés au sein de ces associations pastorales participent dorénavant au financement des nouveaux points d'eau à raison en moyenne de 200.000 F.CFA par forage villageois ou pastoral (Projet Mali Aqua Viva, Gao et Tombouctou), mais pouvant atteindre 2 Millions F.CFA par contre-puits ou forage (ODEM). En outre les usagers paient pour le fonctionnement des pompes à moteur équipant certains forages. Dans ce même type de gestion, le PRODESO a organisé dans les zones de Kara-Est et Kayes deux périmètres pastoraux avec 3 forages équipés de pompes gérés par des associations d'éleveurs. Ceux-ci paient au trésorier de leur association une "cotisation" pour l'abreuvement du bétail fixée à 1.000 F.CFA/JBT par campagne (ou par an). Ce système fonctionne depuis 5 ans. Il existe une petite caisse pour les dépenses courantes (carburant, huile, etc...) alimentée par un compte bancaire, et un cahier des charges réglemente l'utilisation des pâturages et des points d'eau.

Les redevances pour l'utilisation de l'eau par les transhumants ne sont pas uniformes, variant de 25 à 50 F.CFA/bœuf; quelquefois l'eau est gratuite. Il existe également en ce qui concerne les transhu-

mants, des "contrats de fumure" avec les paysans sédentaires. Dans ce cas les transhumants ont droit au pâturage et à l'eau en échange de la fumure des champs des "propriétaires" des terroirs. Ces contrats de fumure seraient très fréquents dans le Sud du pays (3e région: STKASSO).

6.2. BESOINS EN EAU

6.2.1. Normes

Les besoins en eau du bétail sont évalués ici d'après les normes suivantes :

a) Une UBT (unité de bétail tropical, soit 250 kg de poids vif) requiert 30 l d'eau par jour en saison chaude et sèche (donc consommation maximum) et de 20 l environ seulement en moyenne pendant le reste de l'année. Dans les calculs, la norme de 30 l/UBT est adoptée.

b) Les équivalences en UBT par espèce sont les suivantes :

- Bovin	0,7	UBT	/ 1 /
- Ovin ou caprin	0,1	"	/ 1 /
- Asin	0,4	"	(estimation)
- Equin	0,7	"	"
- Camelid	1,6	"	"
- Porcin	0,2	"	"

Les normes en matière de superficie desservie par un point d'eau, de distance entre points d'eau et de quantité d'UBT par point d'eau sont fonction de la qualité et de la densité des pâturages autour du point d'eau considéré et du volume disponible journalièrement sur ce point d'eau. En moyenne, on considère que les troupeaux doivent pouvoir s'abreuver à un point d'eau à une distance maximale de

12 km correspondant au parcours qu'il peut effectuer dans une journée. La superficie maximum desservie par un point d'eau doit donc être de 110 km² et les points d'eau distants de 12 km au maximum. Le nombre d'UBT pouvant exploiter cette superficie est de 700 à 1000. Le point d'eau doit donc pouvoir fournir un débit de 20 à 30 m³/jour /SDM/EPL-1/.

6.2.2. Besoins en eau

Les besoins en eau actuels (1989) sont évalués ici par projection linéaire jusqu'en 1989 des tendances d'évolution du bétail sur la période 1970-1987. On obtient ainsi :

Tableau 6.2. - Besoins en eau en saison chaude et sèche pour le bétail en 1989.

ESPECE	EFFECTIF 1989 (MILLIERS)	UBT (MILLIERS)	BESOINS MAXIMA(Grrondis) (m ³ /jour)
Bovins	5.023	3.516	105.400
Ovins et caprins	11.207	1.121	33.600
Sous-total		4.637	139.000
Asins	552	221	6.600
Equins	55	39	1.200
Camelins	239	382	11.500
Porcins	60	12	400
Sous-total		654	19.700
TOTAL CHEPTEL 1989		5.291	158.700 arrondi à 159.000m ³ /j

On estime actuellement que ces besoins sont couverts pour 2/3 environ à partir d'eaux souterraines, pour 1/3 par des eaux de surface.

Les besoins en eau par Arrondissement sont montrés par la figure 6.2. Ils sont calculés selon la répartition par Arrondissement du bétail indiquée dans le recensement de 1987 et majorée selon les taux d'accroissement 1970-1987, supposés constants jusqu'en 1989.

6.2.3. Besoins à l'horizon 1996 (fin du prochain Plan Quinquennal 1991-1996)

Il est très difficile, dans le contexte actuel de l'élevage au Mali, de faire des projections d'effectifs de bétail à moyen et long termes. Les estimations actuelles d'effectifs sont d'ailleurs elles-mêmes incertaines.

Une projection des tendances d'évolution des effectifs de bétail mesurés depuis 1970 peut cependant donner une indication au niveau national. Une telle projection établie sur la base de régressions linéaires, par espèces, sur la période 1970-1987 et prolongée jusqu'en 1996 conduit aux chiffres du tableau 6.3 ci-après.

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI

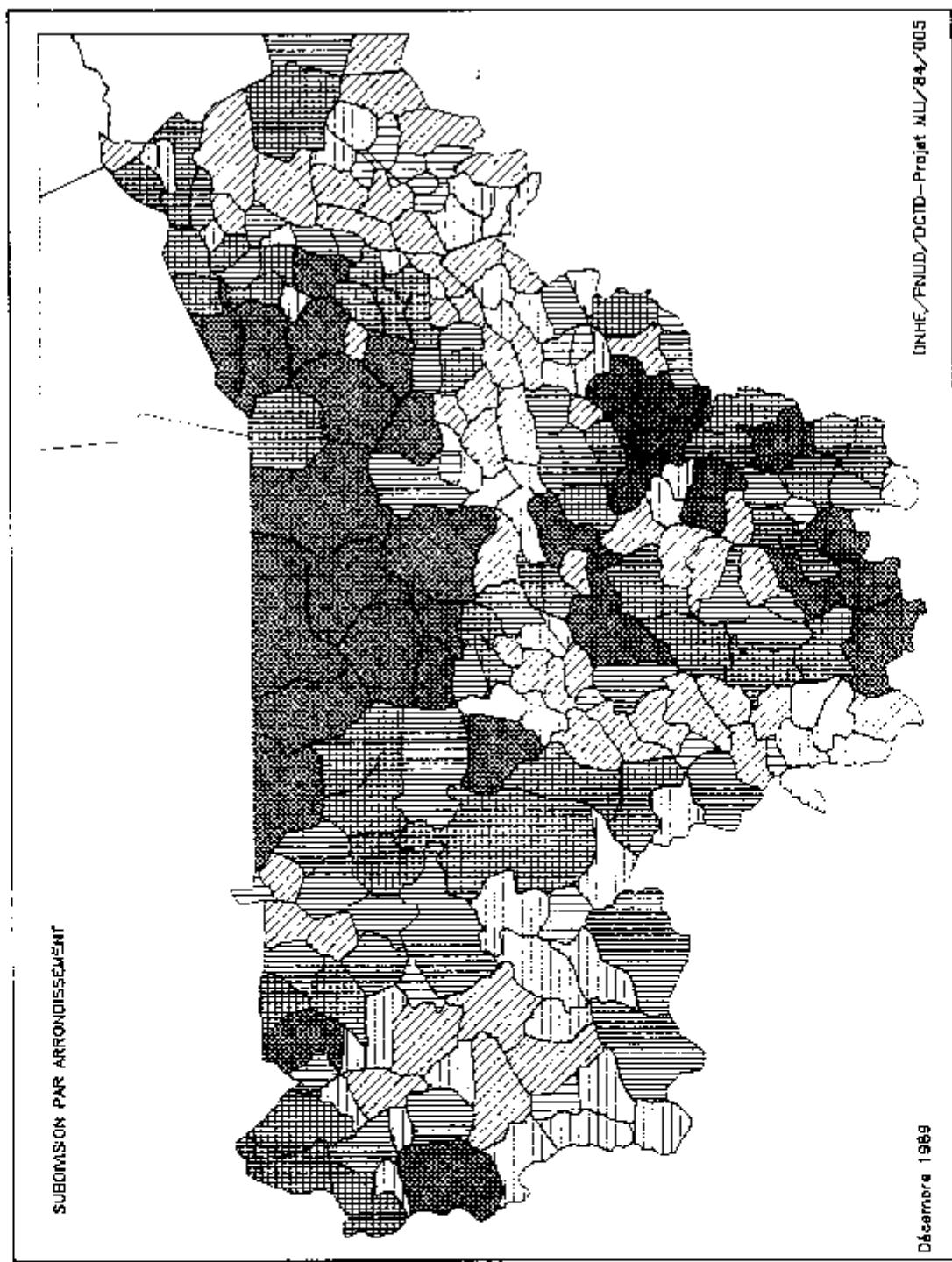
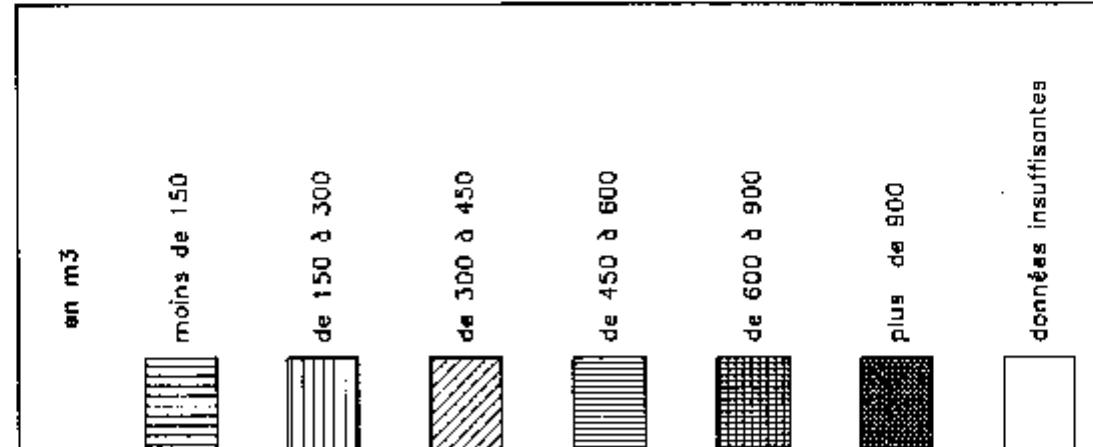


Figure 6.2

Tableau 6.3 - Besoins en eau en saison chaude et sèche pour le bétail en 1996

ESPECE	EFFECTIF 1989 (MILLIERS)	UBT (MILLIERS)	BESOINS MAXIMA (arrondis) (m ³ /jour)
Bovins	5.121	3.585	107.600
Ovins et Caprins	12.227	1.223	36.700
Sous-total		4.808	144.300
Asins	604	242	7.300
Equins	23	16	500
Camelins	259	414	12.400
Porcins	72	14	400
Sous-total		686	20.600
TOTAL CTEPTEL 1996		5.494	164.900

Les besoins en 1996 seront ainsi d'environ 165.000 m³/jour, soit 6.000 m³/jour de plus qu'en 1989.

En fait ces besoins supplémentaires ne représentent que ceux dus à la poursuite de la tendance d'accroissement des troupeaux. Dans les zones où la disponibilité des points d'eau constitue le facteur limitant, le Schéma-Directeur devra viser la satisfaction de besoins supérieurs à ceux qui sont ainsi estimés afin de rendre possible des taux de croissance du bétail (bovin notamment) supérieurs aux taux tendanciels.

On prendra ici pour hypothèse que les besoins en eau d'abreuvement seront de 15 % supérieurs à ceux de 1989 ce qui équivaut à un accroissement moyen annuel de 2 % par an.

;

.../...

Cette hypothèse correspond aussi à une croissance du troupeau bovin (dont les effectifs sont les plus sensibles aux limites des ressources en eau en saison chaude et sèche) de 2,5 % par an, les effectifs des autres espèces continuant d'évoluer selon les tendances actuelles.

Les besoins maxima à prévoir pour 1996 sont donc de l'ordre de 182.000 m³/jour soit 23.000 m³/jour de plus qu'en 1989.

Cette hypothèse se justifie par le fait que le troupeau bovin se trouve encore en phase de reconstitution depuis 1985, et par la croissance démographique du pays. La réalisation d'une telle hypothèse suppose cependant que les conditions de commercialisation (commerce intérieur et commerce extérieur) permettent l'accroissement prévu des effectifs bovins.

6.2.4. Besoins à l'horizon 2001 (fin du Plan Quinquennal 1997-2001)

Sur les mêmes bases que ci-dessus (sous-chapitre 6.2.3), la projection des besoins maxima à l'horizon 2001 est la suivante :

Tableau 6.4. - Besoins en eau en saison chaude et sèche pour le bétail en 2001.

ESPECE	EFFEKTIF (MILLIERS)	UBT (MILLIERS)	BESOINS MAXIMA(arondis) (m ³ /jour)
Bovins	5.190	3.633	109.000
Ovins et Caprins	12.955	1.296	38.900
Sous-total		4.929	147.900
Asins	641	256	7.700
Equins	1	1) 13.200
Camelins	274	438)
Porcins	80	16	500
Sous-total		711	21.400
TOTAL		5.640	169.300 arrondi à 170.000

Les besoins en 2001 sont donc d'environ 170.000 m³/jour contre 159.000 en 1989 et 165.000 en 1996 et une augmentation de 11.000 m³/j par rapport à 1989 et de 5.000 m³/j par rapport à 1996.

Mais, comme on l'a observé précédemment, il est préférable de viser une satisfaction de besoins supérieurs à ceux ainsi estimés afin de ne pas limiter une éventuelle (et probable) croissance du bétail supérieure à la tendance 1970-1987.

Selon la même hypothèse concernant l'accroissement des effectifs de bovins, les besoins en 2001 seront d'environ 201.000 m³/j, soit 42.000 m³/j de plus qu'en 1989 (voir aussi tableau 6.10 en fin de chapitre).

.../...

1

6.2.3. Besoins maxima théoriques

L'évaluation des besoins maxima en eau pastorale est basée sur l'évaluation des ressources fourragères du Mali établie par CTA-ITEMVT /6-3/.

Elle conduit à un potentiel de charge en bétail, sur l'ensemble du Mali, de 20.500.000 UBT alors qu'actuellement (voir ci-dessus) le troupeau national équivaut à 5.300.000 UBT (1989), soit 25 % du potentiel théorique de charge. Ce qui revient à dire que le Mali dispose d'un potentiel fourrager très sous-exploité actuellement.

La figure 6-3 établie à partir de la carte CTA-ITEMVT montrant les potentiels de charge en détail /6-3/ montre à la fois la charge potentielle en UBT par Arrondissement et le volume journalier des besoins en eau correspondants (Nb. d'UBT $\times 30.10^{-3} \text{ m}^3/\text{j}$). Elle a été obtenue en affectant à chaque Arrondissement un potentiel UBT/hectare calculé, si nécessaire, en faisant la moyenne pondérée des potentiels lorsque plusieurs secteurs équipotentiels différents sur la carte CTA-ITEMVT occupent le même Arrondissement, et ensuite en multipliant cette moyenne par la superficie en hectares de l'Arrondissement.

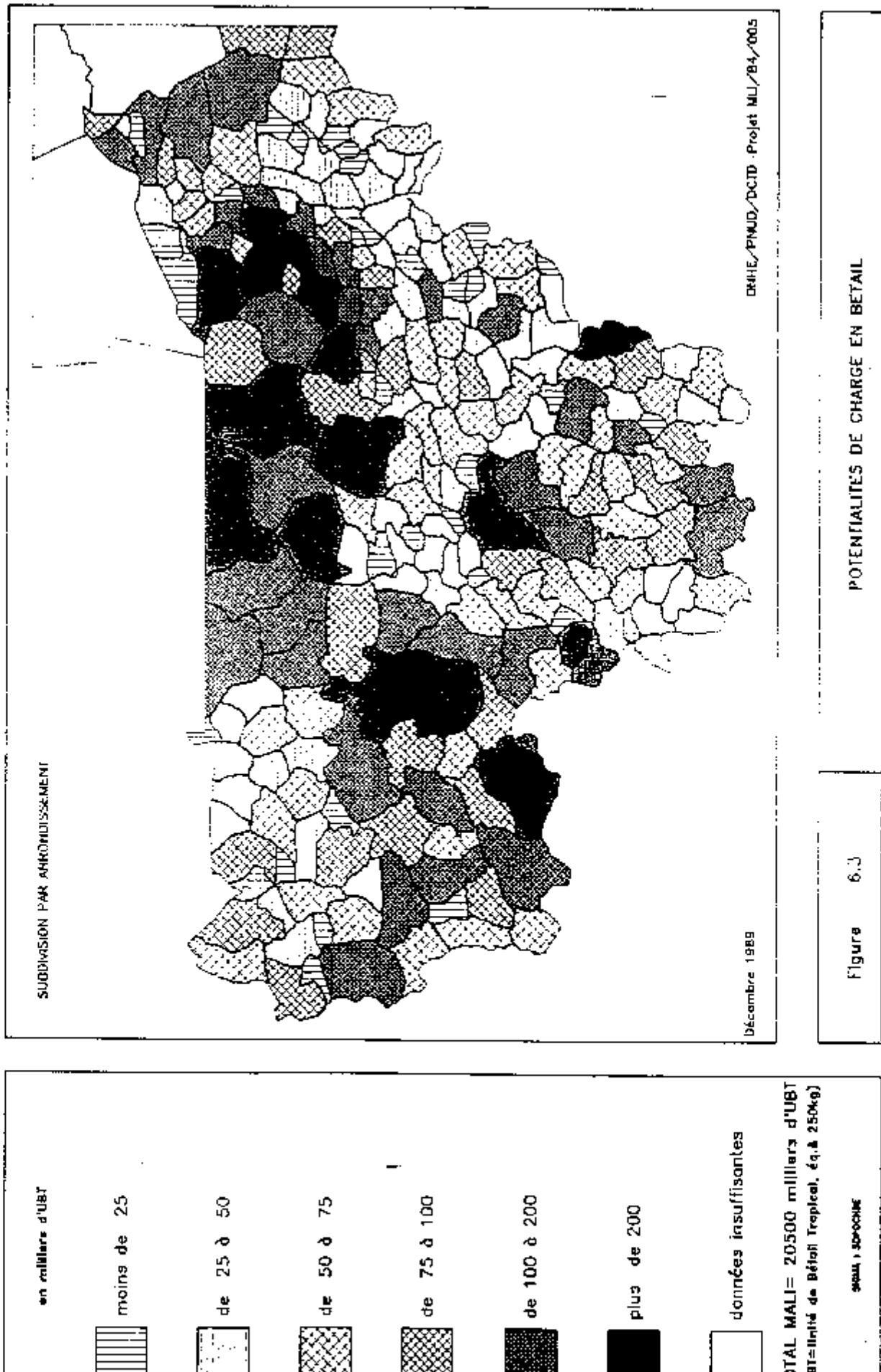
6.3. ADEQUATION DES RESSOURCES ET DES BESOINS

L'un des principaux facteurs limitants est, en la matière, la disponibilité et la répartition en points d'eau, temporaires ou permanents, sur les pâturages de saison sèche et sur les parcours de transhumance. Par contre, pour le bétail sédentaire ou semi-sédentaire, le facteur le plus limitant est, en général, l'état sanitaire du bétail.

.../...

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI

- 17 -



L'amélioration de l'état sanitaire peut, en particulier chez les ovins et les caprins, favoriser l'augmentation du nombre d'agneaux ou de chevreaux vivants par mère et d'augmenter ainsi le coût des troupeaux et les besoins en eau.

Si on retient l'hypothèse simplificatrice selon laquelle les besoins actuels en eau pour l'abreuvement des troupeaux sont totalement couverts par l'exploitation des ressources existantes, l'accroissement futur des besoins devra être couvert à partir des ressources en eau rendues accessibles grâce aux travaux réalisés par les projets en cours, par les projets inscrits dans le court terme, et par de nouveaux projets à programmer en fonction des besoins en eau restant à satisfaire.

6.3.1. Besoins couverts par le projets du Plan 1987-91

Les projets en cours sont :

- le PRODESO (Kayes - Nord, Kara-Est et Diilly),
- le projet d'appui à l'ODEM,
- le programme d'hydraulique villageoise et pastorale du LIPTAKO-GOURMA,
- le 2e programme d'hydraulique villageoise et pastorale de la CEAQ,
- le programme de développement intégré du KAARTA (ODIK).

L'estimation globale des réalisations correspondantes, acquises ou en cours, de l'ensemble de ces projets ou programmes (pour la seule hydraulique pastorale) conduit aux chiffres suivants, en terme de ressources additionnelles utilisables induites par ces projets.

:

. / ...

Tableau 6.5. - Besoins couverts par les projets du Plan 1987-1991

Nature des réalisations	Nombre de puits d'eau pastoraux	Quantité d'eau utilisable en saison chaude et sèche	
		par unité (m ³ /jour)	totale (m ³ /jour)
- Forages productifs équipés de pompes manuelles.....	340	8 (1)	2.720
- Forages productifs équipés de pompes solaires.....	2	40 (2)	80
- Puits modernes simples ("directs") ou couplés avec des forages ("puits-citernes" ou "contre-puits") avec moyens d'exhaure traditionnels (dalous).....	575	20	13.500
- Puits traditionnels actuellement exploités remise en état.....	(17)(3)	-	-
- Mares existantes: surcreusement.....	(75)(3)	-	-
TOTAUX	1.017		arrondi à 16.000

(1) 0,8 m³/h pendant 10 h/jour(2) 5 m³/h " 8 h/jour

(3) prolongation de la durée du service, sans augmentation de la disponibilité en eau en période de consommation maximale.

6.3.2. Besoins couverts par les projets prévus à court terme (après 1991)

Les projets prévus à court terme sont le projet MALI NORD-EST et le projet d'aménagement agro-pastoral de la région de SIKASSO.

Selon les mêmes bases d'estimation que ci-dessus, l'estimation de la disponibilité en eau additionnelle due à ces projets est la suivante :

Tableau 6.6. - Besoins couverts par les projets prévus à court terme (après 1991)

Nature des réalisations	Nombre de points d'eau pastoraux	Quantité d'eau utilisable en saison chaude et sèche	
		par unité (m ³ /jour)	totale (m ³ /jour)
- Forages pastoraux.....	90	8	720
- Puits modernes.....	77	20	1.540
- Petits barrages de retenue..	80	30 (1)	2.400
TOTAUX			4.660 arrondi à 5.000

(1) Quantité journalière optimale à consommer pour maintenir la retenue en eau pendant toute la saison sèche /SDM/ENP-3/.

6.3.3. Besoins à couvrir par de nouveaux projets à programmer

Les nouveaux projets à programmer devront couvrir la différence entre :

- l'accroissement maximum des besoins entre 1989

et 2001, soit 42.000 m³/jour

- les aspects des projets en cours (16.000 m³/j)

et des projets prévus à court terme (5.000 m³/j),

soit 21.000 m³/jour

Il reste donc à couvrir (de 1989 à 2001) 21.000 m³/jour.

L'accroissement des besoins entre 1989 et 1996, soit 23000 m³/jour, est partiellement couvert par l'ensemble des projets en cours ou prévus à court terme, soit 21.000 m³/jour. Reste à couvrir d'ici à 1996 : 2.000 m³/jour (voir tableau 6.10 en fin de chapitre).

Avant de proposer les projets à programmer (voir § 6.5.2.b), il convient d'examiner les contraintes à prendre en compte pour la mise en oeuvre de ces projets.

6.4. CONTRAINTES ET LIMITATIONS

6.4.1. Contraintes de limitations liées aux ressources et aux types de points d'eau

Une première contrainte est évidemment due à la nature des ressources en eau disponibles: eaux de surface, permanentes ou non (le présent S.D. ne traitant pas des ressources en eaux de surface permanentes, eaux souterraines disponibles à plus ou moins grande profondeur et à plus ou moins grand débit exploitable).

Toujours les eaux de surface et les eaux souterraines sont simultanément disponibles, les éleveurs donnent évidemment la préférence aux eaux de surface qui permettent un abreuvement plus facile et les dispensent du travail et du temps de puisage (au prix, il est vrai, de risques sanitaires pour le bétail).

Les types de points d'eau sont liés à la nature des ressources en eau disponibles. Chaque type de point d'eau donne lieu à des contraintes dont les principales figurent au tableau 6.7 ci-après.

Par ailleurs, la répartition géographique des points d'eau permanents constitue actuellement l'une des contraintes majeures car elle conditionne les possibilités de déplacement des troupeaux et peut avoir en corollaire un effet désastreux sur l'environnement en cas de concentration excessive sur les pâturages soit qu'ils sont suréquipés en points d'eau soit qu'ils disposent d'eau en grande quantité, ou l'inverse.

Tableau 6.7. - Contraintes et limitations liées aux ressources et aux types de points d'eau.

RESSOURCE	TYPE DE POINT D'EAU	CONTRAINTE ET LIMITATION D'UTILISATION
<u>Eaux de surface</u>	Mares naturelles	<ul style="list-style-type: none"> - Situation aléatoire par rapport aux zones de pâturage. - Assèchement rapide. - Ensablement.
	Mares surcreusées Réservoirs	<ul style="list-style-type: none"> - Nature des sols et hydrologie. - Entretien et protection nécessaires. - Possibilité de développement de parasites.
	Petits barrages	<ul style="list-style-type: none"> - Topographie, nature des sols, hydrologie, technicité. - Disponibilité en matériaux de construction. - Entretien nécessaire. - Possibilité de développement de parasites. - Coût,
<u>Eaux souterraines</u>	- Puisards	- Entretien et protection nécessaires (nécessité de surcreuser ou de curer chaque année).
- à faible profondeur (moins de 10 m)	- Puits traditionnels (éventuellement alimentés par des barrages souterrains).	
- à moyenne et grande profondeur (plus de 10 m)	<ul style="list-style-type: none"> - Forages - Puits modernes : *puits directs *puits-citernes/ contre-puits (avec forage) 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'exhaure mécanique pour les forages avec les contraintes de fonctionnement et d'entretien. - Coût élevé des puits. - Délai de construction pour les puits.

. / ...

6.4.2. Contraintes et limitations liées à l'organisation pastorale

La contrainte majeure réside dans l'absence d'un Code Pastoral qui réglementerait sans ambiguïté l'utilisation des pâturages et des points d'eau se fondant sur une organisation adéquate des associations et groupements d'éleveurs et tenant compte des conditions et des traditions inhérentes et spécifiques à chaque secteur et système d'élevage. Notamment, la prise en charge totale de la gestion des points d'eau pastoraux, de leur équipement, de leur fonctionnement et de leur entretien par les éleveurs devrait être un préalable obligé à toute réalisation d'ouvrage hydraulique destiné à l'abreuvement du bétail. Par ailleurs, l'utilisation des points d'eau villageois pour le bétail sédentaire et transhumant sera à étudier et réglementer, notamment sur le plan des redevances.

6.4.3. Contraintes et limitations liées aux moyens d'exhaure

Pour répondre aux besoins, les moyens d'exhaure doivent fournir un débit suffisant pour couvrir les besoins d'abreuvement sans atteindre excessive au point d'eau, être maintenus en état permanent de fonctionnement et, en outre (voir ci-après sous-chapitre 6.4.4.), ne pas conduire à des coûts excessifs.

Depuis quelques années, les forages profonds destinés à l'hydraulique pastorale ont été équipés de pompes alimentées par batteries solaires ou par groupes électrogènes Diesel, en particulier dans le cadre des projets PRODESO et ODEM.

En pratique, de telles réalisations ne sont possibles qu'au sein d'un projet qui suscite et soutient une organisation d'éleveurs et assure l'entretien des installations. Dans la zone du projet PRODESO, on note cependant l'abandon de plusieurs pompes solaires /SDM/SOC-5/.

Ces contraintes d'entretien expliquent la préférence générale des éleveurs pour les moyens d'exhaure traditionnels, à main ou à traction animale (deiou), praticables uniquement sur des puits.

6.4.4. Contraintes et limitations liées au coût de l'eau (investissements et fonctionnements)

Les investissements qui correspondent à la création de points d'eau ou à leur amélioration (surcreusement de mares) ne peuvent pas être entièrement supportés par les éleveurs eux-mêmes ou par leurs groupements.

En revanche, les coûts de fonctionnement (y compris amortissements, au moins dans certains cas, et coûts d'entretien) peuvent être couverts par des cotisations provenant des groupements ou des associations d'éleveurs (voir § 6.1.3.c).

6.5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.5.1. Conclusions

L'analyse de la situation actuelle permet de dégager les conclusions suivantes qui doivent guider les réalisations à venir :

- a) Lorsque le choix est possible entre les eaux de surface et les eaux souterraines, c'est-à-dire surtout près des rivières, dans le Delta intérieur et dans la partie Sud du pays, la préférence sera donnée aux eaux de surface.
- b) Dans les zones sahélienne et saharienne, hormis les vallées des cours d'eau permanents, le recours aux eaux souterraines sera le plus souvent nécessaire. Dans ce cas, l'expérience des difficultés d'exploitation de systèmes d'exhaure par moto-pompe conduit à préférer

l'exhaure par pompe manuelle ou par puisage à traction animale (puisse-
tte ou delou), cette dernière solution étant la meilleure car elle
permet une utilisation plus souple et plus sûre.

Le type de point d'eau à développer est donc le puits ou le
puits-citerne, la solution forage équipée de pompe manuelle ou à mo-
teur devant être réservée soit aux villages (utilisation combinée de
l'eau, possibilités d'entretien des pompes,...), soit aux groupements
d'éleveurs qui en sont demandeurs et financièrement aptes à en assu-
mer l'entretien. Le choix d'une telle solution répond aux voeux des
éleveurs et à l'orientation des programmes de développement en cours
et prévus.

c) Dans les zones où la disponibilité des eaux souterraines est faible
(3e Région: SIKASSO), des programmes de réalisation de petites rete-
nues d'eau seront privilégiés.

d) Gestion des pâturages

Au plan technique de la gestion rationnelle des ressources
fourragères et de la protection de l'environnement, il est certain
que pour exploiter une superficie donnée de pâturages, plusieurs
points d'eau de débit moyen, avec exhaure traditionnelle ou animale,
sont préférables à un seul forage à gros débit équipé d'une pompe à
moteur, ou à une grande mare. En effet la limitation des effectifs
d'animaux par point d'eau permet une meilleure exploitation du pâturage
et évite sa dégradation (surpâturage). Il n'en va pas de même malheu-
reusement au plan économique, les puits-citernes présentant des coûts
d'investissement très élevés par rapport à ceux des forages.

La solution des petits barrages de retenue pour l'abreuvement du cheptel ne pose évidemment aucun problème d'exhaure et de ce fait, elle a la faveur de la majorité des éleveurs. Par ailleurs ses inconvénients sont bien connus: forte évaporation (2 m en moyenne) limitant fortement son utilité, coût élevé du m^3 d'eau stocké, risques d'infestations parasitaires du bétail. De plus l'utilisation des retenues d'eau ou des mares pour l'abreuvement des animaux pose des problèmes d'entretien de ces ouvrages: piétinement des abords et dégradation des berges.

Toutefois les programmes de petites retenues d'eau s'avèrent nécessaires dans les zones où l'exploitation des eaux souterraines est difficile (3e région: SIKASSO) /SMD-HPL-1/.

6.5.2. Recommandations

a) Enquêtes pastorales

D'une manière générale, et en préalable à la création de nouveaux points d'eau, il sera absolument nécessaire de mener des enquêtes approfondies pour étudier et trouver des solutions aux contraintes évoquées au § 6.4. Ces enquêtes préliminaires sont indispensables avant les études d'exécution et devront aborder toutes les contraintes en jeu: techniques, économiques, juridiques, sociales. Le programme détaillé des enquêtes à réaliser ne peut être déterminé ici.

En ce qui concerne plus particulièrement les aspects zootechniques, les enquêtes devront donner une approche de la densité animale (nombre d'UBT par km^2) et de la valeur fourragère des pâturages. Ces données sont en effet nécessaires pour établir le maillage des points d'eau en tenant compte de ceux qui existent. Elles aideront donc à la détermination du nombre et de la localisation des nouveaux points d'eau.

Cette détermination s'effectuera en concertation avec les éleveurs exploitant les pâturages concernés. Ceux-ci devront au préalable être regroupés en associations pastorales comprenant un président, un secrétaire et un trésorier. Chaque association pastorale, future utilisatrice d'un point d'eau, devra participer financièrement à l'investissement correspondant et s'engager, par un cahier des charges, à assurer la gestion et l'entretien selon les normes du point d'eau qui sera donc leur propriété ainsi que des pâturages composant leur terroir, étant entendu que, dans le cas de forages équipés de pompes, ils paieront une cotisation annuelle pour le fonctionnement et l'entretien des équipements.

En ce qui concerne l'exploitation des pâturages en saison sèche et pour éviter le surpâturage autour des points d'eau, les Services de l'Elevage et les projets de développement devraient inciter les éleveurs à modifier leur système d'exploitation des pâturages. En effet, au lieu d'être centrifuge à partir du point d'eau, elle devrait, en toute logique, être centripète en commençant par les zones périphériques du terroir de manière à ce que les distances journalières à parcourir pour atteindre les abreuvoirs se raccourcissent au fur et à mesure que s'avance la saison sèche.

Les éleveurs devront bien entendu recevoir la formation nécessaire et bénéficier d'un encadrement sur le terrain ainsi que les responsables des associations et groupements qui devront être garants de l'utilisation rationnelle des pâturages qu'ils contrôlent
/ SMD-HPL-1 / .

. / ...

Au plan socio-économique les questions suivantes devraient notamment être abordées /SDM-SOC-5/ :

- parts respectives de l'alimentation humaine et de l'abreuvement du bétail dans l'utilisation de l'eau ;
- étude des points d'eau et des moyens d'exhaure traditionnels
- aptitude des agro-pasteurs à gérer l'eau et les équipements d'exhaure ;
- marchés à bétail.

L'enquête devra porter à la fois sur des sites de fixation ancienne ou récente d'éleveurs et d'agro-pasteurs, sur des sites de transhumance de saison sèche où les éleveurs stationnent régulièrement chaque année, sur des sites de parcours de transhumance entre les sites des 2 types précédents.

Elle devra mettre en œuvre deux approches au moins : approche villageoise classique pour les sites permanents et approche spécifique pour les sites de stationnement des transhumants en saison sèche /SDM-SOC-5/.

Le coût total des enquêtes (non limitées aux aspects ci-dessus) peut être approximativement estimé à 1 ou 2 % du montant total correspondant des investissements (8,5 milliards de F.CFA), soit, à titre d'ordre de grandeur :

100 millions de F.CFA

. . . .

b) Proposition de programmes d'hydraulique pastorale

La réalisation des ouvrages supplémentaires à prévoir d'ici à l'horizon 2001 répondra à deux critères essentiels :

- assurer une meilleure exploitation des pâturages sahéliens, sous-utilisés par manque de points d'eau en vue d'y réhabiliter l'élevage bovin notamment et de freiner le transfert du bétail vers le Sud,
- compléter le réseau de points d'eau dans les zones à forte densité animale (3e Région: Sikasso et 5e Région: Mopti).

Selon ces critères, les réalisations recommandées /SDM/HPI-1 et SMD/FNP-4/ sont synthétisées dans le tableau ci-après.

Tableau 6.8. - Réalisations recommandées jusqu'à l'horizon 2001

PROGRAMMES ET PROJETS	LOCALISATION	NATURE DES OUVRAGES	COÛT (MILLIONS DE F.CFA)
- Programme de mise en valeur de pâtu- rages sahéliens et sahariens			
. Projet de renfor- cement de l'hy- draulique pasto- rale dans le Nord des régions de Koulikoro et Ségou.	Zone d'élevage au potentiel sous-exploité, entre 5,5 et 8,5° longitude Ouest; 14,5 et 15,5° de latitude Nord.	<ul style="list-style-type: none"> - Equipement de 15 forages existants par des mote-pompes - Crédit de 100 puits à exhaure animal ou forages avec pompes à mo- tricité humaine - Surcreusement de 10 mares. 	<ul style="list-style-type: none"> 150 1.500 80
. Projet de barra- ges souterrains dans la zone de KIDAL	Zones dépression- naires et en parti- culier lits des cours d'eau tempo- raires.	50 barrages souterrains permettant le creusement de puisards (après expérimentation).	400

Tableau 6.8. (suite)

PROGRAMMES ET PROJETS	LOCALISATION	NATURE DES OUVRAGES	COUT (MILLIONS DE F.CFA)
		- 20 mares artificielles de 2000 m ³ utiles chaume.	320
		- 50 impluviums ou compluviums (200 m ³ utiles chacun)	150
.Projet d'hydraulique pastorale dans le Sud et le Sud-Ouest de la 6e Région (Tomboctou)	Nord de GOUNDAM et SUD-AZAOUAD	- 50 puits-citernes - 40 mares artificielles de 1000 m ³ utiles chacune	1.000 320
TOTAL PROGRAMME de mise en valeur de pâturages sahéliens et sahariens.....			3.920
Arrondi à : 4 milliards de F.CFA			
<u>- Programme de création de points d'eau complémentaires dans les régions à forte densité animale</u>			
.Projet de réalisation de barrages de retenue complémentaires en 3e Région (SIKASSO)	Cercles de KOUTIALA, SIKASSO, BOUGOUNI, KOLONDESSA, en raison de leur niveau de densité animale.	- 200 petits barrages (après étude d'impact des barrages) du projet d'aménagement agro-pastoral de la Région de SIKASSO	3.000
	Zone de réhabilitation de la RN7	- Création de 60 mares artificielles de 1000 m ³ utiles chacune.	180
.Projet de réalisation de points d'eau complémentaires en 5e région (MCPTI)	Bordure Ouest et S.O du Delta intérieur. Zone d'attente des troupeaux transhumants, à l'Ouest de TENENKOU	- 50 puits-forages - Surcreusement de 30 mares	1.000 240
TOTAL PROGRAMME sur régions à forte densité animale			4.420
Arrondi à : 4,5 milliards de F.CFA			
TOTAL GENERAL : 8,5 milliards de F.CFA			

L'ensemble de ces programmes représente des ressources complémentaires suivantes en saison chaude et sèche :

Tableau 6.9. - Apport prévu des réalisations recommandées jusqu'à l'horizon 2001

	Débit en m^3 /jour	
	Unitaire	Total
- 200 puits ou forages à exhaure animale.	20	4.000
- 15 forages équipés de moto-pompes.....	120 (1)	1.800
- Surcreusement de 40 mares.....		P.M.
- Crédation de 20 mares de 2000 m^3 utile chacune.....	6	120
- Crédation de 100 mares de 1000 m^3 utiles chacune.....	3	300
- 200 petits barrages.....	30	6.000
- 50 barrages souterrains.....	10	500
- 50 impluviums ou compluviums.....	0,5	25
TOTAL (m^3 /jour).....		12.745
Arrondi à		13.000

(1) Capacité de charge : 3000 à 5000 bovins
/SDM/HFL-1 - p. 19 /

L'apport des projets ainsi identifiés servira à couvrir d'ici à 1996 les besoins non couverts par les projets en cours ou programmés, scit 2000 m^3 /jour.

Le reste de l'apport des projets identifiés (11000 m^3 /jour) ne suffit pas à couvrir les besoins additionnels de 1996 à 2001 (19000 m^3 /jour).

Il y aura donc lieu d'identifier de nouveaux projets totalisant un apport de 8000 m^3 /jour.

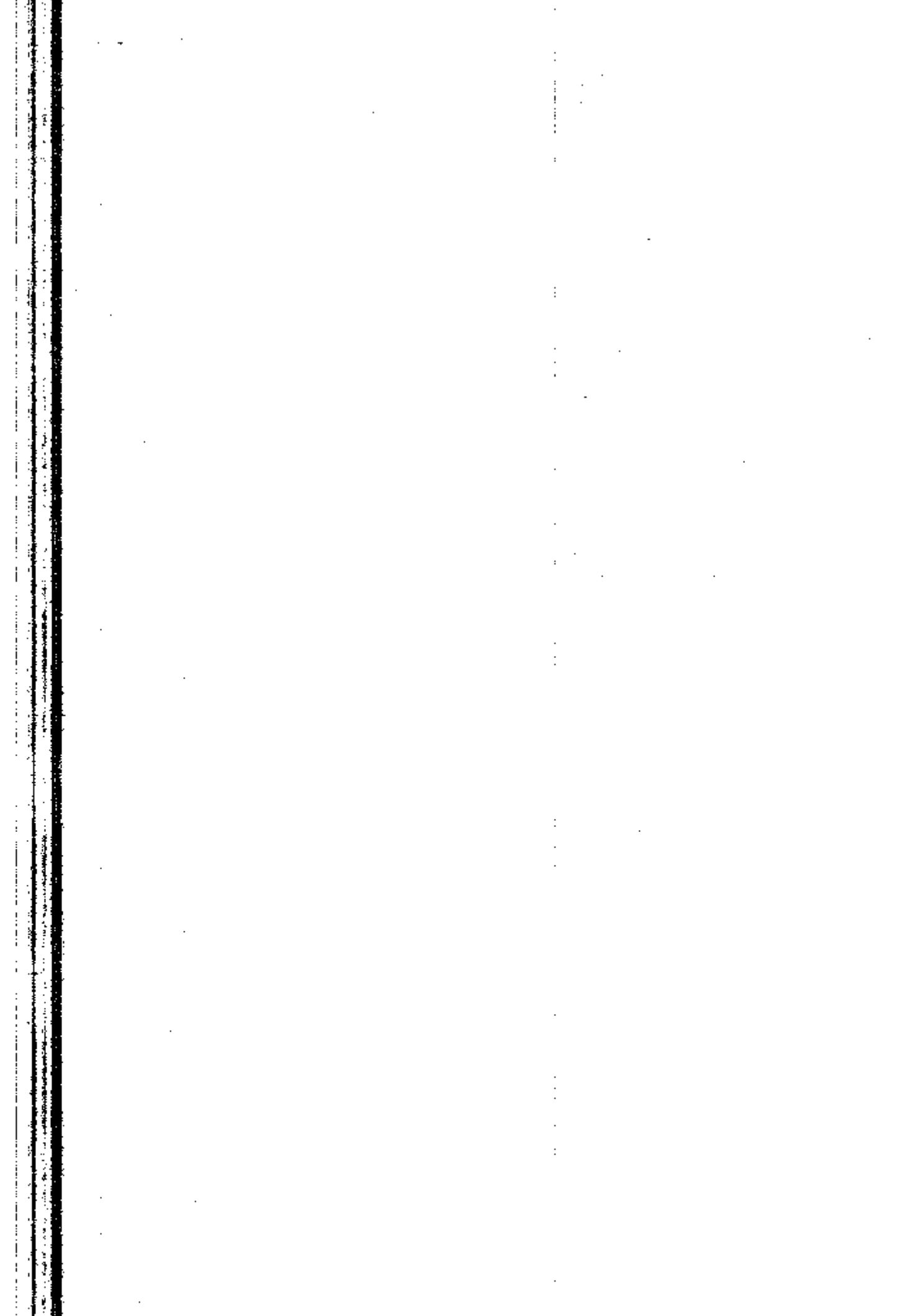
Le tableau ci-après récapitule les besoins additionnels aux horizons 1996 et 2001 ainsi que les apports prévus des projets.

Tableau 6.10. - Récapitulation des besoins maxima en eau pour le bétail et de l'apport des projets en cours, programmés, identifiés et à identifier (m³/jour)

	1989	1996	2001
- Besoins maxima	159.000	162.000	201.000
- Besoins maxima additionnels			
• de 1989 à 1996	-	23.000	-
• de 1996 à 2001	-	-	19.000
- Apport des projets en cours ou programmés jusqu'en 1996 (21000 m ³ /j)	-	21.000	-
- Apport prévu de nouveaux projets identifiés (13000 m ³ /j)	-	2.000	11.000
- Apport de nouveaux projets restant à identifier	-	-	8.000

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CITEES DANS LE TEXTE DU CHAPITRE 6

- /6-1/ - FAO - Hydraulique pastorale (sur la base d'un document préparé par P. PALLAS) - Rome 1985.
- /6-2/ - Office statistique des Communautés Européennes - Statistiques de base - Agriculture, - Elevage - 1959.
- /6-3/ - CTA (Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale) - TEMVT (Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux) - Elevage et potentialités pastorales sahéliennes - Synthèses cartographiques: Mali - 1986.



SOMMAIRE CH. 7

IRRIGATION ET AUTRES USAGES

7.1. SITUATION ACTUELLE

7.1.1. Place de l'irrigation dans la production agricole

7.1.2. Superficies irriguées par types d'aménagement

7.1.3. Irrigation à partir de ressources en eau intéressant le SD

7.1.4. Conservation des eaux et des sols (CES)

7.2. PETITS PERIMETRES IRRIGUES VILLAGEOIS (PPIV)

7.3. BESOINS

7.3.1. Normes

7.3.2. Besoins aux horizons 1996 et 2001

7.4. CONTRAINTES ET LIMITATIONS

7.4.1. Contraintes et limitations liées aux ressources et à leur exploitation

7.4.2. Contraintes et limitations liées au contexte socio-économique

7.4.3. Contraintes et limitations liées au marché

7.4.4. Contraintes et limitations liées au coût de l'eau et à la rentabilité de l'irrigation

7.5. AUTRES USAGES

7.5.1. Pisciculture

7.5.2. Nécessité, industrie, artisanat

7.6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

7.6.1. Conclusion

7.6.2. Recommandations

FIGURES

7.1. Carte des petits aménagements d'eaux de surface non pérennes par Arrondissement

7.2. Carte des coûts du m^3 d'eau avec pompage de $5 m^3/h$ et 3000 h/an, par Arrondissement

7.3. Carte des coûts du m^3 d'eau avec pompage de $10 m^3/h$ et 3000 h/an, par Arrondissement

TABLEAUX

- 7.1. Superficies irriguées par Région
- 7.2. Consommation moyenne des fruits et légumes à Bamako
- 7.3. Estimation de la consommation des fruits et légumes et besoins en eau correspondants en 1989, 1996 et 2001

7 - IRRIGATION ET AUTRES USAGES

— L'irrigation a été jusqu'à présent développée au Mali surtout à partir des fleuves et rivières, très peu à partir des ressources en eaux de surface non pérennes et des ressources en eau souterraines qui pourtant, comme l'ont montré les études du projet MLI/84/005, représentent une alternative intéressante (voir ch. 4).

. Il y a lieu d'examiner ici quelle peut être la contribution de ces ressources à un développement de l'irrigation hors zones à eaux pérennes et, par là même, à la sécurité alimentaire locale et à l'amélioration du niveau de vie du milieu rural.

D'autres utilisations des ressources en eau disponibles sont possibles pour la pisciculture, l'industrie et l'artisanat.

7.1. SITUATION ACTUELLE

7.1.1. Place de l'irrigation dans la production agricole

Grâce à l'importance des ressources en eau superficielle (de l'ordre de 150 milliards de m³) et à un effort budgétaire financier et administratif de plus de 11 ans, le Mali s'est équipé pour l'irrigation /7-1/. L'irrigation malien a donc pu étoffer sa récolte en 1985 /7-2/.

Sur un total de 2,3 millions d'hectares cultivés, seuls 130.000 ha (5 %) sont actuellement irrigués et produisent 125.000 t de céréales, soit 8 % des céréales produites en année moyenne (1,5 millions de tonnes); pour le riz, principale céréale irriguée, la production sur périmètre irrigué est à peine supérieure à la production de riz pluvial /7-2/.

Un portefeuille de 70 projets identifiés permettrait de porter la superficie irrigable à 500.000 ha mais, comme la consommation de riz augmente plus vite que celle des autres céréales (surtout dans les villes), même si 500.000 ha étaient effectivement irrigués en l'an 2010 (avec une forte proportion de paddy), il faudrait encore importer 186.000 t de riz pour satisfaire les besoins de la population /7-1/.

Donc l'irrigation à partir des eaux de surface permanentes est nécessaire pour contribuer à la sécurité alimentaire future, mais elle n'est et ne sera pas suffisante pour l'assurer /SMD-IRG-1/.

7.1.2. Superficies irriguées par types d'aménagement

La quasi-totalité des aménagements est faite à partir d'eaux de surface pérennes (fleuves, rivières et lacs). On trouvera ci-après, en 7.1.3, une estimation des superficies irriguées ou arrosées à partir des eaux superficielles non pérennes et des eaux souterraines, c'est-à-dire des ressources intéressant le Schéma-Directeur.

Tes superficies ont été établies ainsi que les superficies réellement exploitées sont données par le tableau 7-1.

Ce tableau est tiré des éléments d'information contenues dans la Revue du secteur agricole(1) /-3/.

.../...

(1) On a utilisé ici les analyses par Région contenues dans ce document. Certaines divergences avec la récapitulation de ce même document s'expliquent difficilement mais elles sont peu importantes.

Tableau 7.1. - Superficies irriguées, par Région (en ha)

REGIONS	GRANDS et MÉYENS AMÉNAGEMENTS (100 ha et plus)		PETITS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS		TOTAL	
	Superfic. aménagée	Superfic. exploitée	Superfic. aménagée	Superfic. exploitée	Superfic. aménagée	Superfic. exploitée
KAYES	185	185	437	287	622	472
KOULIKORO	8.000	4.100	-	-	8.000	4.100
SIKASSO	7.470	7.470	60	60	7.530	7.530
SEGOU	101.782	68.960	-	-	101.782	68.960
MOPTI	38.735	22.000	200	200	38.935	22.200
TOMBOUCTOU	19.885	15.200	-	-	19.885	15.200
GAO	13.785	10.100	730	730	14.515	10.830
TOTAL	189.842	125.015	1.427	1.277	191.269	129.292

On observe que :

- la superficie disponible vient pour la quasi totalité (99 %) de grands et moyens aménagements (100 ha et plus par périmètre);
- le ratio surface exploitée/surface aménagée est de 67 % pour les grands et moyens aménagements, 55 % pour les petits périmètres irrigués qui recouvrent moins de 1 % du total, 55 % en moyenne. En fait ce ratio est inférieur au très variable d'une année à l'autre, surtout vis-à-vis sur les périmètres en submersion contrôlée.

La part des surfaces aménagées en submersion contrôlée dans le total est de 64 % /7-3/.

La part de la riziculture dans les superficies exploitées est de 84 %; celle du maraîchage de 4 % /7-3/.

Le secteur de l'irrigation au Mali est donc actuellement surtout constitué par de grands aménagements souvent en submersion contrôlée et consacrés à la riziculture.

7.1.3. Irrigation à partir des ressources en eau intéressant le SD

Pour les irrigations alimentées à partir d'eaux de surface non pérennes ou d'eaux souterraines qui seules concernent directement le SD, les données sont peu nombreuses et incertaines.

a) Irrigation à partir d'eaux de surface non pérennes

Il y a lieu de ne considérer ici comme cultures irriguées que celles qui impliquent un aménagement. Les cultures de décrue pratiquées dans les vallées sans aucun ouvrage de retenue des eaux ne sont pas assimilées ici à des cultures irriguées.

Il n'existe pas actuellement de recensement des sites de cultures irriguées à partir de ressources en eau non pérenne.

Une estimation partielle SDP-FNP-17 aboutit aux valeurs suivantes de superficies cultivées ha :

Régions	Superficie cultivée avec irrigation à partir d'eaux de surface non pérennes - ha
1. Kayes	25
2. Koulikoro	71
3. Sikasso	3.914
5. Mopti	96
	4.106

.../...

Cette estimation tient compte du fait que d'assez nombreux aménagements destinés à des irrigations à partir d'eaux superficielles non pérennes sont à présent hors d'usage.

Cependant la surface cultivée ainsi estimée est certainement inférieure à la surface réelle car l'inventaire est incomplet.

On retiendra ici à titre d'estimation une superficie d'environ 5.000 ha.

b) Irrigation à partir d'eaux souterraines

Les superficies irriguées à partir d'eaux souterraines n'ont pas fait non plus l'objet d'une évaluation systématique.

On a très peu de données quantitatives sur les superficies arrosées à partir de puits villageois, de forages équipés de pompes manuelles ou irriguées à partir de pompes salaires ou même à partir de malopompes diésel sur forage, de même que sur les plans de culture, les rendements et les revenus.

L'irrigation à partir d'eaux souterraines est souvent réalisée sous forme d'arrosage à la main à servir ces champs dans les villages où elles sont aussi utilisées usages.

- Irrigation à partir de pompes villageoises marquées et ces puits modernes

L'enquête sur les moyens d'exhaure /SDM-SOC-5/ a permis de recevoir les éléments d'information suivants (sur 361 pompes en fonctionnement dans la zone d'enquête: Régions de Koulikoro, Ségo et Képti):

.../...

- 26 % des pompes sont utilisées pour le jardinage. Mais l'interprétation de l'enquête montre que l'utilisation des pompes à cette fin est limitée par la disponibilité et le débit de la pompe.

Dans la région de Koulikoro où, notamment pour des raisons de marché, la demande en eau d'arrosage est forte (surtout de la part des femmes), la proportion de pompes utilisées pour le jardinage est plus importante que pour l'ensemble de la zone et atteint 36 %. Fréquemment la question de l'utilisation de la pompe oppose les femmes aux hommes, ces dernières privilégiant l'abreuvement du bétail et la fabrication du banca.

L'utilisation journalière de 7 pompes a fait l'objet de mesures dans le cadre de l'enquête. La proportion d'utilisation pour le jardinage (en % des quantités pompées) est faible; négligeable dans 5 cas sur 7 et très faible (1 et 4 % respectivement) dans les 2 autres cas où les quantités journalières pompées étaient approximativement de 5.000 et 3.000 litres/jour. La consommation pour le jardinage (jardin rural) dans les 7 cas considérés, de l'ordre de 100 litres/jour, n'a pas été prise en compte de l'enquête. Ainsi 10%.

Il est formellement impossible de tenir une extrapolation à partir de données aussi fragmentaires. Tout au plus peut-on chercher à se faire une idée de l'ordre de grandeur des quantités d'eau utilisées pour le jardinage à partir des pompes villageoises manuelles.

Le jardinage est surtout pratiqué en saison relativement froide et sèche (Novembre - Mars) et l'on peut estimer qu'une pompe ou un puits sur 4 en moyenne est utilisée pour le jardinage soit, pour les 6100 pompes et le millier de puits existants, un millier

et demi de pompes dans l'ensemble du pays, et permet, compte tenu des autres utilisations, d'alimenter l'arrosage des jardins à raison de 1.000 l/jour, soit une surface cultivée de 7 à 10 ares par pompe.

La superficie ainsi arrosée à partir de pompes villageoises annuelles serait de l'ordre de 150 ha au maximum.

- Micro-irrigation manuelle à partir de puits ou puisards traditionnels

· Selon les résultats de l'enquête sur les moyens d'exhaure, la micro-irrigation manuelle (arrosage) s'appuie par ordre d'importance décroissante sur les puits traditionnels, sur les puisards, sur les marigots et mares temporaires et, bien sûr, sur le fleuve pour les villages qui le bordent . Elle s'exerce donc encore largement à partir des ressources en eau ponctuelles ou très localisées et avec les techniques traditionnelles.

Toute de données non seulement sur les superficies arrosées mais même sur les puits et puisards traditionnels, on peut estimer cependant que la superficie totale arrosée à partir de puits et puisards traditionnels est largement supérieure à la superficie irriguée à partir de puits ou fossés modernes équipés de pompes manuelles.

Dans la zone de l'enquête, 11 villages sur 14 possèdent des puits traditionnels et leur nombre est 14 fois supérieur à celui des puits modernes, sans parler des puisards.

L'ordre de grandeur des superficies ainsi arrosées pourrait donc être au moins 10 fois supérieur à celles arrosées par les pompes, soit autour de 1.500 ha.

- Irrigation à partir de moto-pompes alimentées par batteries photovoltaïques (sur puits ou forages) -

Plus d'une centaine de moto-pompes alimentées par batteries photovoltaïques (on les désignera ici par "pompes solaires") ont été installées au Mali depuis 1977.

Le Mali est ainsi le pays sahélien où l'on compte actuellement le plus de pompes solaires.

Ces pompes sont surtout installées sur des forages (11 seulement le sont pour le pompage à partir des rivières) et réparties comme suit /7-4/ :

- San/Bla (zone Mali Aqua Viva) :	54 (3 à 5 à remplacer)
- Nara, Kolokani, Bamako	: 24
- Tombouctou-Gao	: 10
- Bougouni (zone Helvetas)	: 5
- Divers: Fayes, Ségou, Mopti	: 8
	—

111

Les pompes ont une puissance moyenne (en 1-40 Wc puissance de pointe en watts correspondant à 10% à jour, la majorité entre 100 et 150 Wc) et le seulement d'une puissance supérieure à 150 Wc /7-5/.

A part Nossambougou, /7-6/, on n'a aucun renseignement sur les superficies irriguées à partir de ces pompes qui ont été installées d'abord pour les besoins domestiques.

•/••

A Nossombougou (centre rural de 3500 habitants disposant en outre de 4 pompes manuelles), la pompe solaire, installée en 1984 et d'une capacité de $110 \text{ m}^3/\text{j}$, a permis à 17 maraîchers (maraîchères) d'irriguer environ 2 ha depuis 1986. L'irrigation de 1,27 ha en 1985 a rapporté environ 3 M. F.CFA aux exploitants. Le prix de vente de l'eau pour ces maraîchers a été porté par le Comité de gestion de l'eau de 25.000 F.CFA/ha en 1985 à 75.000 F.CFA/ha en 1986.

Au total, la centaine de pompes solaires doit irriguer de l'ordre de 150 à 200 ha.

- Irrigation à partir de moto-pompes alimentées par groupe électrogène (sur puits ou forages)

Il n'existe aucune donnée précise sur les superficies irriguées pour ce type de pompage qui est utilisé surtout le long du fleuve Niger. On considérera ici la superficie irriguée correspondante hors vallées fluviale comme négligeable.

- Récapitulation des superficies irriguées à partir d'eaux superficielles non référencées ou d'eaux souterraines (estimations plus ou moins maximales)

- Superficie irriguée à partir d'eaux de surface non référencées.....	3.000
- Superficie irriguée à partir d'eaux souterraines :	
- pompes villageoises manuelles.....	150
- puits et puisards traditionnels.....	1.500
- pompes solaires.....	150
TOTAL :	6.800 hectares

Par rapport à une surface totale de 190.000 ha de périmètres irrigués, la superficie (très approximative) irriguée à partir d'eaux de surface non pérennes ou d'eaux souterraines est donc actuellement très faible (de l'ordre de 3,5 %).

7.1.4. Conservation des eaux et des sols (CES)

Une stratégie bien pensée de la sécurité alimentaire devrait envisager en premier lieu d'augmenter l'infiltration dans les sols cultivés grâce à la généralisation des pratiques de conservation des eaux et des sols (C.E.S.) et ainsi d'augmenter la production des cultures pluviales, principale source de céréales et principale préoccupation des populations rurales. "En premier lieu", car cette technique intervient en tête du cycle de l'eau et elle est performante du point de vue économique réalisé, en grande partie, grâce à la participation villageoise, elle permet des gains de production de céréales pluviales de 10 % environ. Mais les techniques de CES sont encore peu répandues au Mali.

Ces expérimentations-démonstrations ont été amorcées au Mali dans deux domaines (l'un par la D.R.P.R. Division des Recherches sur les Systèmes de Production Agricoles) et le PLAE (Projet de lutte Anti-érosive) de la CNET: approche, aménagement du terroir, mise en séjens, diguettes en pierre, introduction de techniques culturales conservatrices des eaux et des sols, bandes enherbées et haies vives, ... /7-7/ et /SDM-ECO-2/.

7.2. PETITS PERIMETRES IRRIGUES VILLAGEOIS (PPIV)

Le petit périmètre irrigué villageois (appelé communément PPIV) correspond à une superficie de quelques hectares (jusqu'à 5) irriguée par les ressources locales en eau, c'est-à-dire généralement des eaux souterraines ou des eaux de surface non pérennes.

Ainsi le PPIV est l'unité de base qui sera prise en compte dans le SD.

Actuellement, quelques rares PPIV existants au Mali utilisent le plus souvent des eaux de surface. Mais les pompages d'essai sur les forages exécutés pour l'HV ont démontré que 30 à 40 % des forages des formations fissurées peuvent débiter plus de $5 \text{ m}^3/\text{h}$ et 10 à 20 % plus de $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Notamment, près de la moitié des débits provenant des aquifères généralisés excédaient $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Dès 1985, trois projets-pilotes ont été proposés et étudiés en vue d'expérimenter la meilleure manière de valoriser ces ressources importantes et relativement bien réparties sur l'ensemble du territoire /SDM-IRG-1/ :

Le projet du village de Gao : Il vise à irriguer, dans la région au nord de Gao, 15 ha répartis sur 5 petits périmètres de 3 à 5 ha à partir de 4 forages déjà réalisés pouvant débiter de 1 à 10 m^3/h (Hou ou 3 à 10 ml). Pour utiliser au maximum l'eau disponible autour des 4 villages, on a conçu un modèle de petit périmètre très intensif qui, à l'analyse /7-10/, s'est révélé irréaliste (coefficient d'intensification trop optimiste, temps d'occupation des sols excessifs, rendements surestimés, taux de participation des paysans exagéré) et a conduit à reformuler le projet vers une utilisation plus intégrée à l'échelle du village (terroir).

- b) Le projet CIRAD /7-11/ propose un modèle de petite ferme familiale irriguée de 3 ha, à partir d'un forage de 5 m³/h à exhaure animale, qui intègre :
- des cultures vivrières en hivernage (2,4 ha de sorgho à haut rendement) avec irrigation de complément pour assurer la sécurité alimentaire de la famille et même un surplus important,
 - des cultures maraîchères (4 seulement) sur 0,1 ha en hivernage et 0,2 ha en contre-saison, principalement pour la vente,
 - et l'embouche (sur 0,5 ha de cultures fourragères) à la fois pour assurer le maintien des animaux de trait et d'exhaure et le croit de poids d'un petit élevage (12 agneaux) ainsi que pour fournir du fumier.
- Ce modèle, plus simple mais ambitieux, est également rentabilisé par des rendements élevés, mais surtout il suppose l'émergence de paysans entrepreneurs acceptant de faire un saut important vers un système agricole individuel et plus moderne que les pratiques actuelles et acceptant en particulier l'embouche, même fort débattue ces dernières années et considérée beaucoup comme réalisable dans les conditions socio-économiques actuelles d'exploitation du paysage.
- c) Le Projet Mali-Nord-Est (financé par le FADJ) a été conçu par le Centre d'investissement de la FAO /7-12/ pour donner à 900 (ou 1200) familles d'éleveurs en voie de sédentarisation des Cercles de Gourma Rharous et de Ménaka la possibilité de produire eux-même une part de leur consommation de céréales et de légumes grâce à 900 puits cimentés, à faible profondeur, équipés du système "dolou" d'exhaure à traction animale permettant chacun l'irrigation de 0,3 ha.

. . .

7.3. BESOINS

7.3.1. Normes

Pour les besoins du SD, il n'est ni nécessaire ni possible d'entrer dans le détail de la détermination des besoins en eau des cultures qui ont fait l'objet d'abondantes publications.

Les besoins en eau pour l'irrigation seront ainsi supposés être de :

- 6000 m^3 par ha et pour un cycle de cultures autres que celle du riz (maraîchage en particulier),
- 15000 m^3 par ha et par cycle pour la riziculture.

En ce qui concerne les cultures maraîchères et fruitières qui sont l'un des objectifs de développement à partir des eaux souterraines, on applique une norme de production de 25 tonnes à l'hectare équivalent à 40 ares irrigués pour 1 tonne de fruits et légumes.

Ce sont ces normes qui ont été utilisées notamment pour l'évaluation des coûts-limites de l'eau pour les besoins de l'irrigation SIN-T(0-1).

7.4. Besoins aux horizons 1996 et 2001

Les besoins à l'horizon 1996 et à l'horizon 2001 des 2 prochains Plans ne peuvent qu'être estimés à partir d'hypothèses concernant notamment les possibilités de production de fruits et légumes provenant de cultures irriguées.

Ce sont en effet surtout ces cultures qui, sous réserve d'un marché suffisamment rémunérateur et stable (voir ci-après sous-chapitre 7.4), peuvent justifier financièrement et économiquement les PPIV, objet essentiel du SD en matière d'irrigation.

Sauf cas particulier, ces PPIV devront être alimentés à partir d'eaux souterraines car l'eau doit être disponible pendant toute la période principale de cultures maraîchères (Novembre - Mars); cette condition peut être difficilement remplie si l'on a recours à des ressources d'eau non pérennes.

a) Marché des fruits et légumes au Mali

Une enquête directe auprès de 300 consommateurs /SDM-ECO-2/ a été réalisée par le projet DTCD/MLI/84/COS en Juin 1989, ainsi que sur le prix des fruits et légumes pratiqués sur les marchés de BAMAKO (avec pesée des unités traditionnelles correspondantes: tas, panier, botte, etc...).

Ces enquêtes ont permis d'obtenir :

- de la part des consommateurs enquêtés, des déclarations d'achat portant non seulement sur la période de l'enquête, mais aussi sur le reste de l'année. Pour chaque produit, le consommateur interrogé était invité à indiquer sa consommation hebdomadaire en raison d'importance et ce saison de vente du produit.
- sur ces dernières, pour chaque produit considéré, les prix maximum et minimum pratiqués, par eux.

L'examen critique des résultats de l'enquête auprès des consommateurs a montré que ceux-ci connaissaient mieux leurs dépenses que les quantités achetées (en unités traditionnelles) correspondantes. La simple prise en compte des déclarations de quantités conduisait manifestement à des surestimations souvent aberrantes. On a donc procédé comme suit :

.//...

- calcul, par ménage et par produit, de la dépense moyenne hebdomadaire en période d'abondance d'une part, en période de rareté d'autre part,
- pondération de ces deux valeurs sur l'année compte tenu des durées respectives des périodes d'abondance et de rareté,
- calcul de la consommation annuelle correspondante,
- par produit, cumul des consommations des ménages enquêtés et calcul de la consommation moyenne annuelle par personne compte tenu du nombre de personnes dans chaque ménage.

Les résultats (en kg par personne et par an) sont donnés au tableau 7.2.

Tableau 7.2. - Consommation moyenne de fruits et légumes (kg par habitant et par an) à Bamako selon l'enquête.

LEGUMES		FRUITS	
<u>TUBERCULES</u>		Ananas	8,8
Patache douce	10,8	Banane douce	18,5
Pomme de terre	10,8	Citron	3,4
Sous-total	21,6	Goyave	2,1
<u>BANANE PLANTAIN</u>	35,8	Mandarine	9,0
<u>AUTRES LEGUMES</u>		Mangue	15,9
Aubergine	2,3	Melon	5,8
Carotte	2,5	Orange	12,2
Chou	2,1	Papaye	3,6
Concombre	8,9	Pastèque	13,5
Courge/courge	8,2		
Gombo frais	2,3		
Gombo sec	2,5		
Oignon frais	1,9		
Oignon sec	0,1		
Filment frais	0,1		
Piment	0,1		
Salade	0,1		
Tomate fraîche	0,1		
Sous-total	34,2		
TOTAL	96,8	TOTAL	96,0
<u>TOTAL FRUITS ET LEGUMES : 192,8 kg par habitant et par an.</u>			

.../...

Bien entendu, la valeur de l'enquête est limitée en temps (1 seul passage), en volume (300 ménages seulement) et en extension (Bamako seulement). Pour des produits dont la production et la consommation sont le plus souvent fortement saisonnières, il serait nécessaire de procéder à plusieurs passages. D'autre part, l'enquête a porté sur des déclarations et non sur une pesée des quantités consommées (ce qui est pratiqué lors d'enquêtes nutritionnelles, relativement lourdes).

Les niveaux de consommation résultant de l'exploitation de l'enquête sont élevés. Selon des estimations de la FAO qui n'ont pas fait l'objet de publications, la consommation moyenne nationale de fruits et légumes au Mali aurait été de 26 à 29 kg (non compris tubercules) par habitant et par an au cours des années 1981 à 1986. Le bilan alimentaire 1986 établi par la FAO fait apparaître les éléments (estimés suivants) :

- légumes (hors tubercules) : 21,9 kg par habitant et par an.
- tubercules (patates, pommes de terre)

20,2 kg par habitant et par an.

Total légumes + tubercules : 42,1 kg par habitant et par an.

- fruits (y compris bananes) : 11,3 kg par habitant et par an.

Par rapport à d'autres pays sahariens, toujours selon les estimations de la FAO, le Mali se trouverait à un niveau moyen.

Mais il faut préciser que ces estimations ne reposent pas sur des enquêtes. D'autre part, les productions de fruits et légumes ne sont que partiellement connues au niveau national (SDM-ECO-1).

. . . .

D'une comparaison entre les résultats (ci-dessus) de l'enquête directe effectuée à Bamako avec les estimations FAO, au niveau national, précitées, on peut retenir que la consommation de fruits et légumes à Bamako est largement supérieure à la moyenne nationale ce qui peut s'expliquer par les habitudes alimentaires et le niveau moyen de revenus dans la capitale.

Cependant, compte tenu de ce qu'elle inclut, la consommation des bananes (plantain et banane douce) et des mangues (très abondantes et commercialisées partout à bas prix au Mali en milieu rural), les chiffres avancés par la FAO sont sans doute très sous-estimés.

Dans le cadre du SD, on s'intéressera aux produits dont la culture nécessite l'irrigation ou l'arrosage, c'est-à-dire :

- pour les légumes: patate douce, pomme de terre, aubergine, carotte, chou, concombre, courgette, gombo, oignon, piment, poivron, salade, tomate,
- pour les fruits: banane douce, citron, mandarine, orange, papaye, zévèze.

Compte tenu de ce qui précéda, on obtiendra ainsi les consommations moyennes par habitant et par an selon les catégories de localités (voir tableau 2.1 - annexe 3) :

- Bamako	:	120 kg par habitant et par an
- Centres urbains autres que Bamako,		
centres semi-urbains et centres		
ruraux	:	70 "
- Villages	:	40 "

Pour 1989, la consommation moyenne nationale pour ces produits serait ainsi de 55 kg par habitant et par an.

b) Projection aux horizons 1996 et 2001 de la consommation en fruits et légumes et des besoins correspondants en irrigation

En se fondant sur une augmentation probable de la consommation des fruits et légumes avec l'amélioration du niveau de revenu et l'évolution prévisible des habitudes alimentaires, on a estimé que la consommation augmentera de 2 % par an. Partant des ratios 1989, on arrive aux prévisions suivantes pour 1996 et 2001, en fin des 2 prochains Plans quinquennaux, compte tenu de l'accroissement de la population (ch. 3 - Tableau 3.1).

Tableau 3.1. - Estimation de la consommation de fruits et légumes provenant de cultures irriguées, de la superficie et des besoins en eau correspondants, en 1989, 1996 et 2001

	1989	1996	2001
- Population (Milliers)			
· saillie	69*	71*	74*
· demande moyenne annuelle et correspondante en eau	100*	104*	108*
· irriguer	51.9	53.4	55.1
TOTAL	5895	6045	6255
- Consommation en fruits et légumes :			
· en kg/hab/an	55	65	75
· en milliers de tonnes	433	564	692
- Consommation additionnelle par rapport à 1989 (milliers de t)	-	131	239

Tableau 7.3. (Suite)

	1989	1996	2001
- Superficies irriguées en milliers ha (1):			
. totale	17,3	22,6	27,7
. additionnelle par rapport à 1989	-	5,3	10,4
- Besoins en eau(2) en millions d'e m ³ /an :			
. totaux	207,6	271,2	332,4
. additionnels par rapport à 1989	-	63,6	124,8

(1) rendement moyen annuel : 25 t/ha

(2) 2 cycles de cultures par an: $2 \times 6.000 \text{ m}^3/\text{an} = 12.000 \text{ m}^3/\text{an}$.c) Irrigation pour d'autres productions

Sous réserve d'une rentabilité financière suffisante, les villageois pourront ne pas se limiter à la production maraîchère, mais exploiter de petites fermes familiales ou villageoises irriguées et faire défaut au secteur SOYAC-TRANSCERSAC. Il faudra intégrer des cultures vivrières en hiverne, des cultures maraîchères et une activité d'embouchure (voir ci-dessus sous-chapitre 7.3).

On peut également ajouter à ces productions l'arrosage de bosquets villageois qui présente également un très grand intérêt pour les villageois.

La surface irriguée totale est alors de 3 ha pour une superficie de 0,2 ha en cultures maraîchères.

Si l'on suppose que la production maraîchère s'insère dans un tel système dans 10 % des cas, les besoins s'en trouveront considérablement augmentés.

Ainsi, les surfaces irriguées additionnelles (fruits, légumes et autres productions) par rapport à 1989 et les besoins additionnels correspondants en eau seront en effet :

- en 1996 : 12.700 ha soit 177 millions de m³/an

- en 2001 : 25.000 ha soit 347 "

(les besoins en eau sont de 12.000 m³/an pour le maraîchage, 15.000 m³/an pour les autres cultures, soit une moyenne pondérée de 13.900 m³/an).

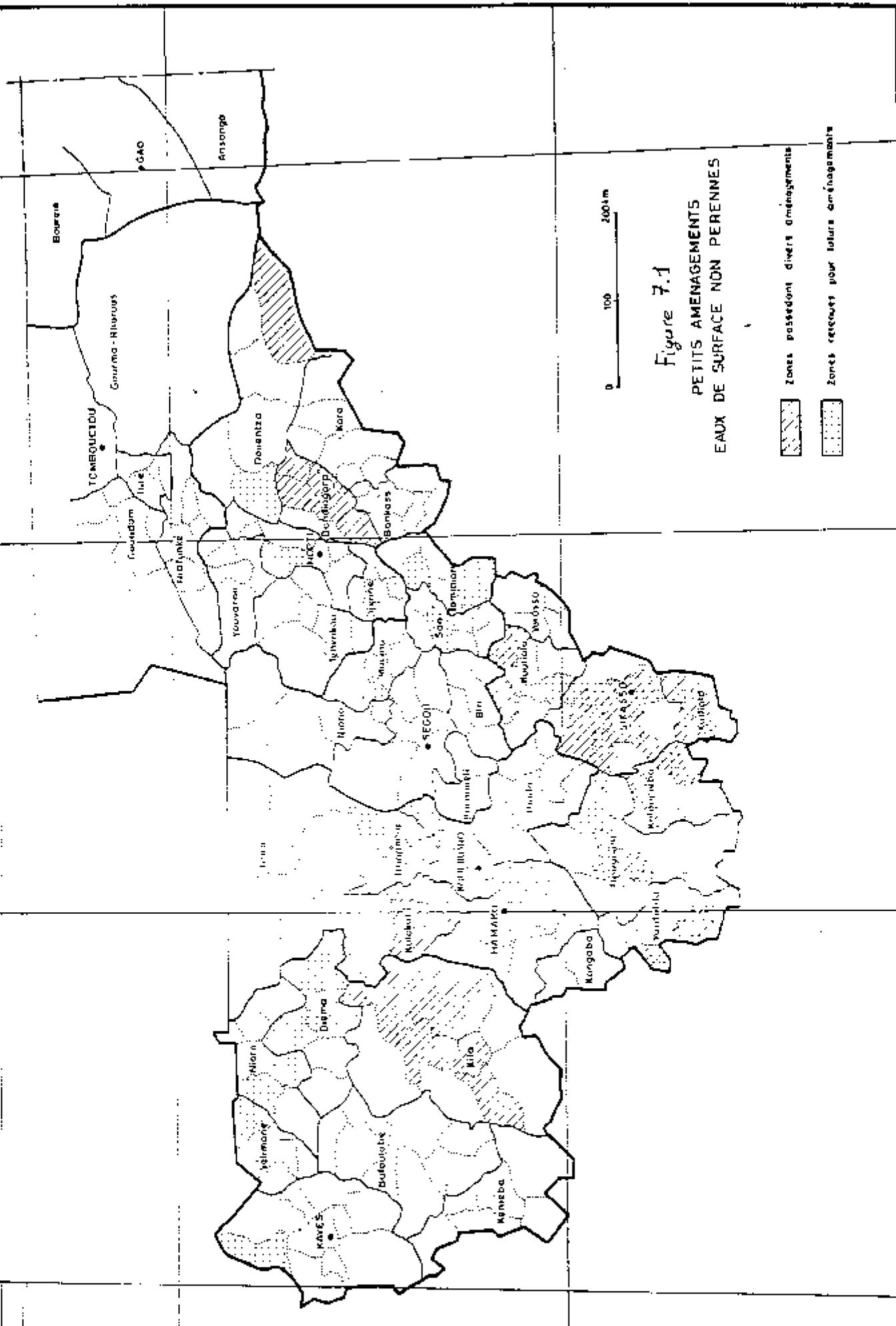
7.4. CONTRAINTE ET LIMITATIONS

7.4.1. Contraintes et limitations liées aux ressources et à leur exploitation

a) Eaux de surface non pérennes

Bien que mal connues (voir ch. 4), les ressources en eau de surface non pérennes ont fait l'objet de certaines estimations. Les surfaces aménageables correspondantes ont été (valuées par l'aménagement SUD-EVEP) à partir des résultats du Projet Inventaire des Ressources Terrestres (PIR) 17-13/. Les zones susceptibles de petits aménagements montrées par la figure 7.1 sont dispersées sur l'ensemble du territoire.

Les contraintes climatiques et techniques applicables à chaque site nécessitent des enquêtes précises (voir ch. 4 § 4.3.1.).



b) Eaux souterraines

Les contraintes d'exploitation des eaux souterraines ont été définies au chapitre 4 (sous-chapitre 4.5.2.). La figure 4.13 de ce même chapitre permet de situer les zones favorables en fonction de conditions d'exploitation optimale de ces ressources.

Dans le cas de l'irrigation, les critères d'agressivité et de conductivité des eaux ont une importance moindre que pour l'AEP.

7.4.2. Contraintes et limitations liées au contexte socio-économique

Comme pour d'autres réalisations, l'adhésion et la participation active de villageois sont une condition nécessaire au succès d'un projet d'irrigation. Mais certaines contraintes plus spécifiques doivent être prises en compte :

- on sait par expérience que le projet n'intéressera pas tous les habitants du village. Il pourra même être perçu par ceux qui n'en bénéficieront pas ou ne veulent pas en bénéficier comme un avantage réservé à certains privilégiés ; bien que ceux-ci prennent en compte en prévalant de temps ;
- comme toujours en matière d'irrigation la question foncière est essentiellement, surtout par rapport au droit coutumier;
- il y a lieu d'identifier clairement les besoins exprimés et leur bien-fondé /SDM-ENP-1/. En particulier il faut vérifier que l'agriculteur considéré n'est pas seulement intéressé par principe mais en raison des avantages pécuniaires ou de l'amélioration de ses conditions de vie induits par le projet;

- un autre facteur essentiel est la capacité de la communauté intéressée (une partie du village) à prendre effectivement en charge la mise en valeur de l'aménagement, c'est-à-dire à l'exploiter chaque année, à l'entretenir et à acquitter les redevances correspondantes;
- il pourra arriver (ce peut être souhaitable pour des raisons de coût) que l'installation de pompage soit utilisée à la fois pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation /SDM-ECO-2/. En ce cas, se posera le problème de l'imputation des coûts entre ces deux activités, dont l'une intéressera le village tout entier et l'autre seulement une partie;
- comme dans le cas de l'approvisionnement en eau potable, une autre contrainte est le niveau de formation des gestionnaires des installations.

7.4.3. Contraintes et limitations liées au marché

Les productions susceptibles de justifier financièrement du financement par les autorités d'irrigation sont, sous réserve que les conditions de rentabilité soient réunies au plan local, celles de l'eau notamment :

- les fruits et légumes,
- les fourrages,
- les céréales à haut rendement,
- les bosques.

Les possibilités de valorisation de ces produits sont actuellement au Mali uniquement fonction des conditions locales de l'offre et de la demande.

Pour les fruits et légumes, l'insuffisance d'étalement des productions, l'absence de moyens de conservation de produits périsables autres que traditionnels (séchage limité en pratique à l'oignon, au gombo et au piment) et le coût des transports sont tels que le nombre est vite saturé localement.

Comme dans bien d'autres pays, il faut donc s'attendre à une limitation des productions maraîchères en fonction des possibilités du marché. C'est un des points essentiels sur lesquels doit porter l'enquête détaillée préalable à toute réalisation de projet.

De même pour les fourrages et les céréales dont la valorisation dépend essentiellement des conditions économiques locales.

Pour les cultures fourragères, il s'agira notamment du coût comparé des fourrages irrigués et des ressources fourragères alternatives.

Pour les céréales, il s'agira selon les cas d'une comparaison de coût avec celui de céréales locales pluviales produites dans la même zone ... si une telle culture n'est pas possible ou est très coûteuse. Une comparaison avec le coût de céréales produites à meilleur prix dans des zones de faiblement éloignées (zone sud-américaine généralement excédentaire), mais nécessitant un transport.

7.4.4. Contraintes et limitations liées au coût de l'eau et à la rentabilité de l'irrigation

a) Coûts de l'eau

Le coût de l'eau est le premier facteur de rentabilité de l'irrigation et, de ce fait, l'une des contraintes majeures de l'exploitation des eaux de surface non-périennes et souterraines.

Le calcul des coûts de l'eau sont détaillés en Annexe .
On ne retiendra ici que les coûts finals, à savoir :

1. Eaux de surface non périennes

HYPOTHÈSE MIN.			HYPOTHÈSE MAX.		
Invest.	EAU		Invest.	EAU	
à l'ha	m ³	annuel	à l'ha	m ³	annuel
Coûts en F.CFA	140.000	3,3	19.600	1.030.000	23,3
					139.800

2. Eaux souterraines à la sortie de la pompe/moteur diésel

COÛTS AVEC FORAGE						COÛTS SANS FORAGE					
Pompe 1 = 5 m ³ /h Pompe 2 = 10 m ³ /h Pompe 3 = 20 m ³ /h			Pompe 1 = 5 m ³ /h Pompe 2 = 10 m ³ /h Pompe 3 = 20 m ³ /h			Pompe 1 = 5 m ³ /h Pompe 2 = 10 m ³ /h Pompe 3 = 20 m ³ /h			Pompe 1 = 5 m ³ /h Pompe 2 = 10 m ³ /h Pompe 3 = 20 m ³ /h		
COÛTS	MIN.	MAX.									
en F.CFA	50	178	50	71	225	50	62	112	50	30	16
COÛT	MIN.	MAX.									
	98	194		109	209		43	71		48	71
	178	209		71	209		48	71		24	71

Les figures 7.2 et 7.3 représentent la répartition géographique des coûts moyens par Arrondissement, abstraction faite des coûts de forage, pour un temps de pompage de 3000 h/an (cas général de l'irrigation) et respectivement pour un débit de 5 m³/h (figure 7.2) et de 10 m³/h (figure 7.3).

On observe que, pour ce temps de pompage de 3000 heures/an :

- en général (valeur moyenne du coût), le coût total de l'eau à la sortie de la pompe est très élevé quel que soit le débit (5 ou $10 \text{ m}^3/\text{h}$). Mais cette moyenne résulte de conditions locales très diverses. Pour un débit de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, on peut atteindre localement un coût total relativement bas (environ 40 F.CFA/m^3);
- la subvention totale du forage permet de ramener le coût moyen dans des phases de valeurs relativement basses (45 à 70 F.CFA/m^3) et de réduire considérablement l'écart entre valeurs maximales et minimales. Les variations locales de coût sont, comme on pouvait s'y attendre, dûes surtout au coût du forage et en particulier au taux de réussite;
- la subvention totale du forage permet d'abaisser le coût du m^3 d'eau au-dessous de 40 F.CFA/m^3 à condition de disposer de forages de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ dans de nombreux Arrondissements répartis sur l'ensemble du territoire et où des ressources en eau de surface pérennes ne sont pas disponiables (fig. 7.3).

3. Rendabilisation

Plusieurs estimations de coûts limites d'eau d'irrigation ont été faites pour diverses cultures (SDM-ECO-1 et T-1). Elles concordent sur les points suivants :

- le coût limite de l'eau pour le sorgho à haut rendement est de l'ordre de 15 F.CFA/m^3 ;
- pour les produits maraîchers, le coût limite est au plus de 50 F.CFA/m^3 environ, mis à part l'oignon pour lequel le coût limite pourrait avoisiner 80 F.CFA/m^3 sous réserve d'un marché suffisant.

.//...

SCHEMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI

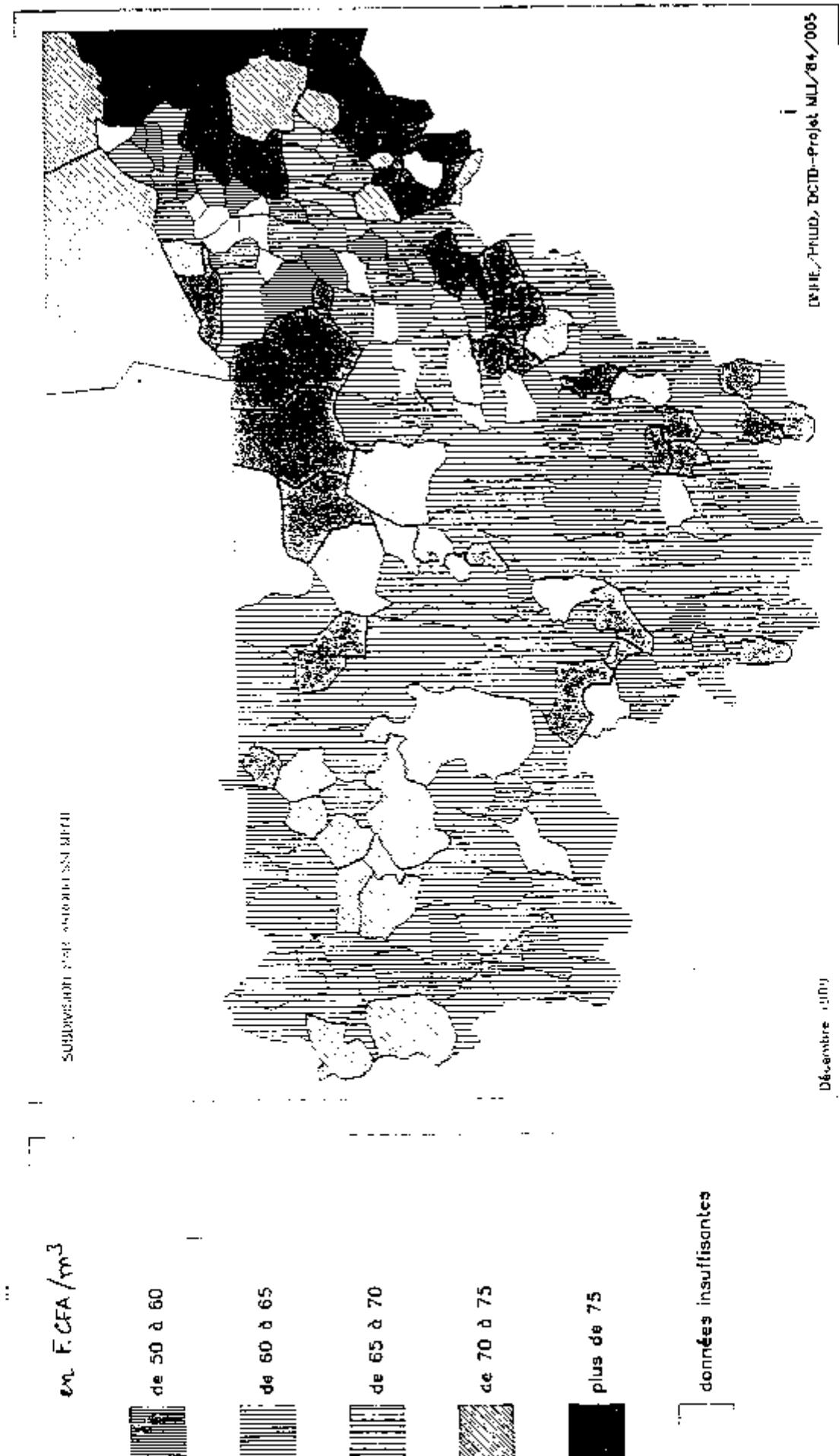
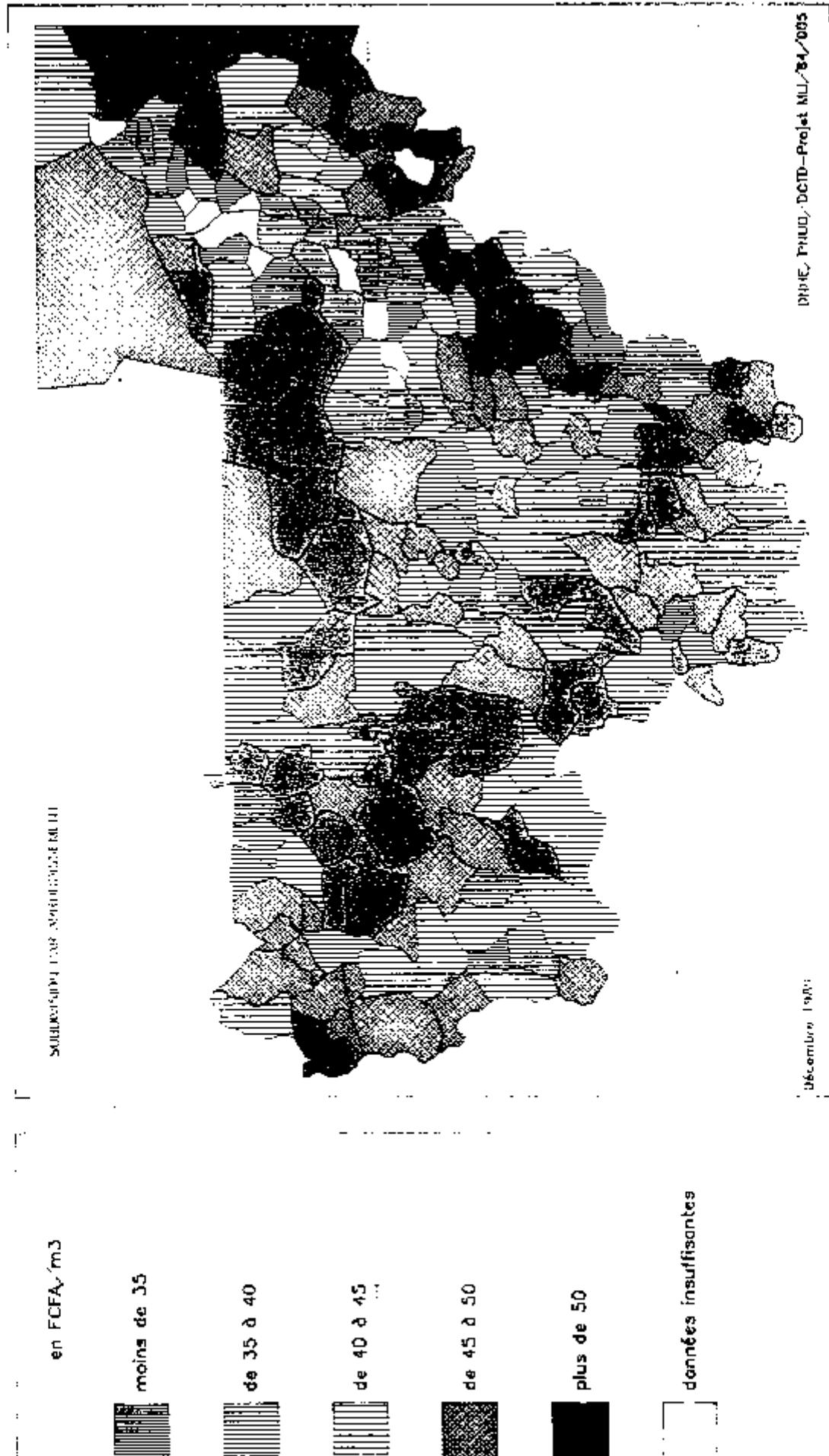


Figure 12 COUR DU m³ DEAU (POMPAGE A 5 m³/h 3000 h/an) HORS COÛT DU FORAGE

SCHÉMA-DIRECTEUR DES RESSOURCES EN EAU DU MALI



MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORTE

Figure 3

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORTE

Un système combinant maraîchage, élevage, plantation et cultures fourragères pourrait atteindre, dans des conditions favorables, le seuil de rentabilité grâce à l'utilisation de l'exhaure à traction animale /7-11/. Mais, en général, les profits financiers tirés de l'irrigation ne permettront pas de couvrir les frais engagés par l'utilisation des eaux souterraines à des fins seulement agricoles.

Il faudra recourir à des subventions, notamment pour les investissements initiaux (forages), et laisser aux agriculteurs le soin d'assurer eux-mêmes l'amenerée de l'eau à leurs parcelles (sous réserve toutefois que le forage soit exécuté à proximité de celles-ci).

Dans ces conditions, le coût financier de l'eau pour l'agriculteur, à la parcelle, sera voisin du coût hors forage estimé au sous-chapitre précédent.

Si l'on admet que, sous réserve de conditions favorables du marché, le coût limite de l'eau d'irrigation pour le maraîchage est d'environ 50 F.CFA/m³, il sera possible de justifier financièrement, au niveau du paysan, une telle irrigation seulement si le forage est effectué et est totalement subventionné. Le coût moyen de l'eau sera de : -" 50 F.CFA/m³ -

Dans des cas particuliers liés aux conditions locales, le forage pourra ne pas être subventionné.

7.5. AUTRES USAGES

7.5.1. Pisciculture

La pisciculture peut utiliser les eaux de surface non pérennes et les eaux souterraines. Le Plan 1987-91 /7-14/ prévoit la réalisation des 2 projets suivants dans le cadre du "noyau dur" (projets dont le financement est acquis):

- Développement de la pisciculture au Mali:

- . Financement prévu: 145 millions de F.CFA (OUA) sur la période de 1987 à 1989

- Développement de la pisciculture et rationalisation de la pêche au Mali:

- . Financement prévu: 360 millions de F.CFA (PNRD) sur la période de 1987 à 1991

Dans la "réserve de projets", figurent les projets suivants :

- Développement de la pisciculture dans les mares en île Région (Tombuctou):
 - . Coût prévu : 81 millions de F.CFA
- Développement de la pisciculture au Mali - suite au programme susmentionné au noyau dur:
 - . Coût prévu : 145 millions de F.CFA.

Ces projets s'inscrivent sur l'axe prioritaire d'intervention "intensifier la production halieutique" (axe n° 3).

Il est impossible au stade actuel d'évaluer les besoins en eaux souterraines ou superficielles non pérennes correspondant à la réalisation de ces projets. On cherchera à exploiter d'abord les ressources en eau superficielles pérennes pour des raisons de coût. De plus, les marchés de consommation se trouvent en général près des fleuves ou des rivières.

7.5.2. Mines, industrie, artisanat

Pour ces activités, la continuité du service implique pratiquement le recours à des ressources pérennes, c'est-à-dire aux fleuves et aux rivières ou aux eaux souterraines. En général, les industries sont implantées à proximité des villes, souvent elles-mêmes situées dans les vallées. Il n'en est évidemment pas de même des mines et de l'artisanat.

Il existe actuellement peu d'industries alimentées à partir d'eaux souterraines. Ce sont essentiellement /BDG-NTL-19/ :

	Débit en m ³ /j (moyenne sur l'année)
- à Bamako et dans son voisinage :	
- usine ITERM (Industrie Textile du Mali),.....	1500
- usine BRAMALI (Brasseries du Mali: bière et boissons gazeuses).....	550
- à Koulikoro: égrénage du coton et tannerie.....	700
- à Bamako : exploitation d'eau.....	1....
- à Bamako: exploitation d'eau.....	7.000

En outre, sont en cours les projets suivants inclus dans le noyau dur du Plan pour le secteur de l'industrie et de l'artisanat :

- ligne de crédit IDA pour la promotion des petites et moyennes entreprises et de l'artisanat (1.200 millions de F.CFA);
- aide au développement des petites et moyennes entreprises ou industries et des entreprises artisanales (450 millions de F.CFA).

Dans la réserve de projets figurent les projets suivants dont la réalisation nécessiterait la mise en valeur de nouvelles ressources en eau (ne relevant pas nécessairement du SD) :

- Sous-secteur des mines et de la géologie

	Coût prévu (Millions de F.CFA)
. Exploitation des gisements de fer.....	20.000
. Extraction et traitement de l'or à KALANA.....	5.000
. Projet d'eau minérale.....	2.420
. Mise en valeur des gisements de bauxite Ouest-Mali.....	100

- Sous-secteur de l'industrie et de l'artisanat

. Programme régional d'amélioration des cuirs et peaux brutes.....	15.340
. Promotion et assistance aux artisans des îles et îlots rapprochés.....	50
. Traditionnel autorisé à KOUKOUNI	(2.400)

- Réhabilitation des FNT et PKL..... - 100

En l'état actuel de l'information, il est impossible d'évaluer les besoins futurs correspondant à l'ensemble de ces projets, ni, a fortiori, d'apprecier la rentabilité de l'utilisation des eaux souterraines.

7.6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

7.6.1. Conclusions

a) Irrigation

L'analyse de la situation actuelle et des potentialités de l'irrigation à l'horizon 2001 ainsi que des contraintes en jeu dans ce secteur, conduit aux conclusions suivantes :

- Dans tous les cas, les conditions préalables à toute réalisation de projet sont d'une part, l'adhésion d'une proportion significative des villageois à une participation active à l'aménagement du périmètre et à son exploitation, d'autre part, l'existence d'un marché suffisamment proche, stable et rémunérateur pour l'écoulement des produits du périmètre non destinés à l'auto-consommation.
- Les eaux de surface non pérennes peuvent dans certains cas permettre d'atteindre des coûts du m^3 d'eau très bas, justifiant notamment l'irrigation de céréales, à condition que les travaux soient réalisés grâce à une forte participation de main d'œuvre locale (HMO), mais les sites qui se prêtent à de tels aménagements ne se trouvent évidemment pas partout sur le territoire. Au moins pas jusqu'à présent fait l'objet d'une prospection systématique.
- Les mesures de conservation des eaux et des sols présentent les mêmes avantages (faible coût) et peuvent être mises en œuvre avec succès en de très nombreux sites, à condition cependant de procéder auparavant à des actions de sensibilisation et de démonstration dont le succès n'est envisageable qu'à long terme.

*/...

- L'exploitation des eaux souterraines pour l'irrigation conduit, sauf exception, à des coûts totaux (y compris amortissement du forage) excessifs. D'où la nécessité d'une subvention totale du coût du forage. Même dans ces conditions, le coût de l'eau ne devient acceptable que si le forage atteint un débit de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ et si l'irrigation est dirigée soit vers le maraîchage, soit vers l'exploitation de fermes familiales (maraîchage, céréales irriguées, bois, embouche).
- En raison de la diversité des conditions locales, une étude de faisabilité détaillée, couvrant avec précision les aspects sociaux, est nécessaire car ces données sont encore souvent défaut. L'un des objets du projet de "Création de petits périmètres irrigués" (OPS: projet NLI/65/00r) est d'ailleurs de combler cette lacune.

b) Autres usages des eaux souterraines

Il est envisageable d'utiliser les eaux souterraines pour les installations minières situées loin des ressources en eaux de surface pérennes, ce qui est généralement le cas (exploitation de mines d'or notamment), à savoir pour les industries. En général, le coût du pompage se représente par une faible part des frais d'exploitation. Pour l'artisanat en revanche (tannerie, poterie, etc.), il sera en général nécessaire de se raccorder à un réseau d'adduction d'eau pour des raisons de coût.

7.6.2. Recommandations

a) Recommandations générales

Compte tenu des conclusions qui viennent d'être dégagées ainsi que des contraintes en jeu, il y a lieu de formuler les recommandations suivantes :

- La stratégie à suivre en matière d'irrigation (voir détails au chapitre 8) devra concilier le souci de rentabilité économique et celui du développement social (répartition équitable des investissements, ralentissement de l'exode rural). Pour un même résultat au plan social, on cherchera à optimiser le coût des aménagements correspondants.
- La mise en œuvre d'une telle stratégie devra s'appuyer sur une meilleure connaissance pratique des conditions d'exploitation (techniques, économiques, sociales), de réalisation de petits pérимètres irrigués villageois à partir d'eaux de surface non pérennes ou d'eaux souterraines, d'où la nécessité de réaliser des études suffisantes afin de fonder sur leurs résultats des actions ultérieures en toute grande ampleur.
- En raison du grand nombre d'ouvrages existants (forages en tout cas), on donnera priorité à l'étude des possibilités de réhabilitation ou d'utilisation de ces ouvrages.
- Pour la réalisation de nouveaux forages, on visera systématiquement, sur la base de l'expérience acquise en matière d'hydrogéologie, un débit d'au moins $10 \text{ m}^3/\text{h}$.

b) Propositions de projets à retenir pour la période du Plan 1992-1996

Il s'agira essentiellement de l'étude et de la réalisation de projets pilotes d'irrigation à partir d'eaux souterraines et d'eaux de surface non pérennes.

* Pour l'irrigation à partir d'eaux souterraines /SDM-IRG-1/

- Dans un premier temps (1 an environ) :
 - . enquêtes sur l'irrigation actuelle, le maraîchage et l'irrigation péri-urbaine,
 - . choix de 40 villages environ . répartis sur l'ensemble du territoire,
 - . choix des systèmes d'irrigation correspondants (diversifiés de manière à tester en pratique les différents systèmes),
 - . exécution des avant-projets sommaires.
- Dans un 2e temps (3 ans environ): construction et mise en valeur des petits pérимètres.
- Puis un 3e temps (1 an); continuation du suivi des projets réalisés et analyse des résultats.

À cette échéance, la liste de ces études et réalisations sera :

	<u>TC</u>	<u>millions de F.CFA</u>
- Enrichissement	-	30
- Investissements pour 40 villages		
. 25 pompes gros débit	12	35
. 5 pompes solaires (1)	8	50 (Génie Civil)
. 5 pompes à traction animale	15	25
. 5 pompes diésel (dont 2 pour station mixte)	25	80 (y compris 2 AEP)
Cout total (eaux souterraines)	60	220
Soit 3,7 millions F.CFA/ha (US\$ 12.000)		
	/***	

(1) Pourraient être financées dans le cadre d'un projet FED d'installation de pompes solaires en 3e et 4e Région.

* Pour l'irrigation à partir d'eaux de surface non pérennes /SDM-ENP-4/

Etude et réalisation de six ouvrages hydrauliques caractéristiques :

- un surcreusement de mare,
- un ensemble de 5 diguettes d'épandage de crue de bas-fonds rizicoles avec aménagement selon les courbes de niveau,
- une digue en terre homogène,
- une digue filtrante en maçonnerie de pierres sèches,
- un barrage souterrain

Dans un premier temps, les ouvrages seront conçus et étudiés en concertation avec les utilisateurs.

Dans un deuxième temps, les ouvrages seront exécutés tout en permettant la formation d'ingénieurs et de techniciens en matière de gestion des chantiers, de connaissance pratique des règles de l'art, de gestion du matériel de travaux publics, des règles et devoirs des divers intervenants dans la construction, le scivi et l'entretien d'un ouvrage.

Le tableau indicatif ci-après donne les études et réalisations sera :

	<u>millions de francs</u>
- surcreusement de mare	.3
- diguettes d'épandage de crue	26
- ouvrage transversal flexible en gabions	50
- digue en terre homogène	70
- digue filtrante	28
- barrage souterrain	66
Coût total (eaux de surface non pérennes)	265

* Récapitulatif

Total coût des études et travaux 1992-1996:

- Eaux souterraines.....	220 millions F.CFA
- Eaux de surface nor. pérennes.....	<u>265</u> "
TOTAL	465 "
soit US\$ 1,5 million.	

c) Propositions de projets à retenir pour la période du Plan 1997-2001

La nature, les caractéristiques et le nombre d'ouvrages et de périmètres à réaliser au cours de cette période dépendra principalement de la demande réelle et de l'adhésion des agriculteurs, elle-même fonction des résultats de la phase pilote précédente, de leur exploitation et de leur diffusion.

Il n'est ici possible que d'indiquer un objectif raisonnable fondé sur une évaluation des contraintes majeures. L'expérience d'autres pays sahariens /7.10/ montre que la fraction de la population villageoise prête à s'engager activement dans l'irrigation est de 1,5 km² et que la superficie irrigable par habitant ne peut dépasser 1000 m² pour une famille de 10 personnes en raison de l'intérêt prioritaire accordé par les ruraux aux cultures pluviales en hivernage.

De ces contraintes, il résulte que la superficie exploitée sur de petits périmètres irrigués villageois ne dépassera pas un hectare par tranche de 500 ruraux /SDM-IRG-1/.

Pour une population rurale de 5,6 millions en 2001, la superficie maximale des PPIV serait de 11000 ha environ pour l'ensemble du pays. Le nombre de villages étant d'environ 10000 (ch. 3, tableau 3.1). A raison d'un périmètre par village, la superficie moyenne des périmètres serait de 1,1 ha.

Les petites périmètres villageois relevant du champ du SD sont peu nombreux actuellement; les périmètres existants exploitent surtout des eaux de surface non pérennes grâce à des barrages d'épandage de crues en bas-fonds rizicoles /SDM-ENP-3/.

Les études et réalisations de projets pilotes étant prévues sur la période 1992-1996, la plupart des nouveaux PPIV à prévoir devront être réalisés en 1997-2001. Or il serait irréaliste de penser que chaque village malien se sera doté d'un PPIV à l'issue de cette période.

On supposera qu'environ 1/3 des villages, ce qui est déjà ambitieux, le feront. La superficie totale irriguée sera de 3600 ha pour 3333 villages.

Parmi ces petits périmètres villageois, certains pourront être alimentés par des eaux superficielles non pérennes et le plus grand nombre à partir d'eaux souterraines avec divers moyens d'exhaure selon la superficie explicitée.

A titre indicatif, on pourrait retenir (sous réserve d'études précises) le volume de projets suivants :

•/•/•

- 1800 micro-périmètres villageois de	0,5 ha	:	900 ha
- 800 micro-périmètres villageois de	1 ha	à	800 ha
- 300 petits périmètres villageois de	2 ha	:	600 ha
- 200 petits périmètres villageois de	2,5 ha	:	500 ha
- 100 petits périmètres villageois de	3 ha	:	300 ha
- 100 petits périmètres villageois de	5 ha	:	500 ha
			<hr/>
3300			3600 ha

On a vu (sous-chapitre 7.3.2.b) que l'évolution présumée du seul marché des fruits et légumes provenant de cultures irriguées pourrait justifier d'ici à 2001 une augmentation de superficie de 10.400 ha, 3 fois supérieure. C'est donc que la contrainte sociale (adhésion des paysans) est plus directe que celle du marché au niveau national, ce qui ne signifie pas qu'on doive négliger cette dernière.

Il est impossible au stade actuel de donner un montant d'investissement correspondant aux projets proposés ici, en raison de la diversité des conditions locales (possibilité d'exploitation d'une telle surface non pérenne, utilisation de forages existants, etc...).

Le point de progrès à ce niveau qu'il faudra faire à l'issu de la phase difficile et de réalisations pilotées (1991-1994).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES, HORS
PROJET, CITEES DANS LE TEXTE DU
CHAPITRE 7

=====

- /7-1/ - Projet PNUD interrégional (INT/82/001) - SCET AGRÉ - Options et investissements prioritaires dans le domaine de l'irrigation (niveau préliminaire) - Rapport final sur le Mali - Juin 1985
- /7-2/ - Direction Nationale des statistiques et de l'informatique - 'Enquête de conjoncture 1986-87
- /7-3/ - FAO - Revue du secteur agricole du Mali - 1987
- /7-4/ - Billeret J. (CFFS) - Le pompage solaire au Mali. Situation au 15-2-88.
- /7-5/ - BURGEAP - Programme régional d'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque dans les pays du CILSS-Sept. 87
- /7-6/ - Séminaire sur les systèmes d'approvisionnement en eau potable - Abidjan 1986 - Communication du Mali
- /7-7/ - Le sahel en lutte contre la désertification - Fiches d'expériences au Mali - par R.M. ROCHELINE et autres - CILSS Juin 1985
- /7-8/ - Etude de faisabilité de la création de petits périmètres irrigués - AGRER - Mai 85
- /7-9/ - Etude d'une alternative de mise en valeur de petits périmètres irrigués - C. OUHSEM - Nov. 85
- /7-10/ - Etude des perspectives d'exploitation agricole des eaux souterraines pour la création de petits périmètres irrigués - M. VERDIER - Février 1988
- /7-11/ - Groundwater and rural development in subsharian Africa - BRGM/CIRAD/GERSAR - Sept. 85
- /7-12/ - Projet Mali Nord-Est - FAO/II - Rapport de préparation N° 83/86 - AF/MLI 11 - Juin 86
- /7-13/ - Les ressources terrestres du Mali - USAID - TAMS - 1983
- /7-14/ - Plan quinquennal de développement économique et social 1987-1991 - Vol. I: diagnostic de la situation socio-économique et les grandes orientations- Février 1988

⋮