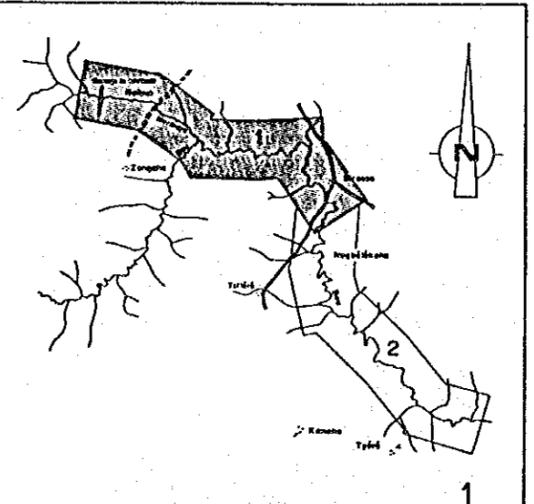


Légende	Types de cultures	Carte 1			Carte 2			Total	
		Rive droite (ha)	Rive gauche (ha)	Sous-total (ha)	Rive droite (ha)	Rive gauche (ha)	Sous-total (ha)	Surface (ha)	Pourcentage (%)
	Rizières	5	90	95	0	0	0	95	2
	Cultures de plateaux	40	200	240	40	60	100	340	7
	Savane herbeuse/arbustive	490	820	1 310	860	985	1 845	3 155	63
	Savane arborée	490	40	530	240	610	850	1 380	27
	Bas-fonds	20	5	25	0	5	5	30	1
Total		1 045	1 155	2 200	1 140	1 660	2 800	5 000	100



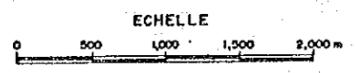
Source : SODERIZ - IICI - ETP Cabinet PAUL, Juillet 1973

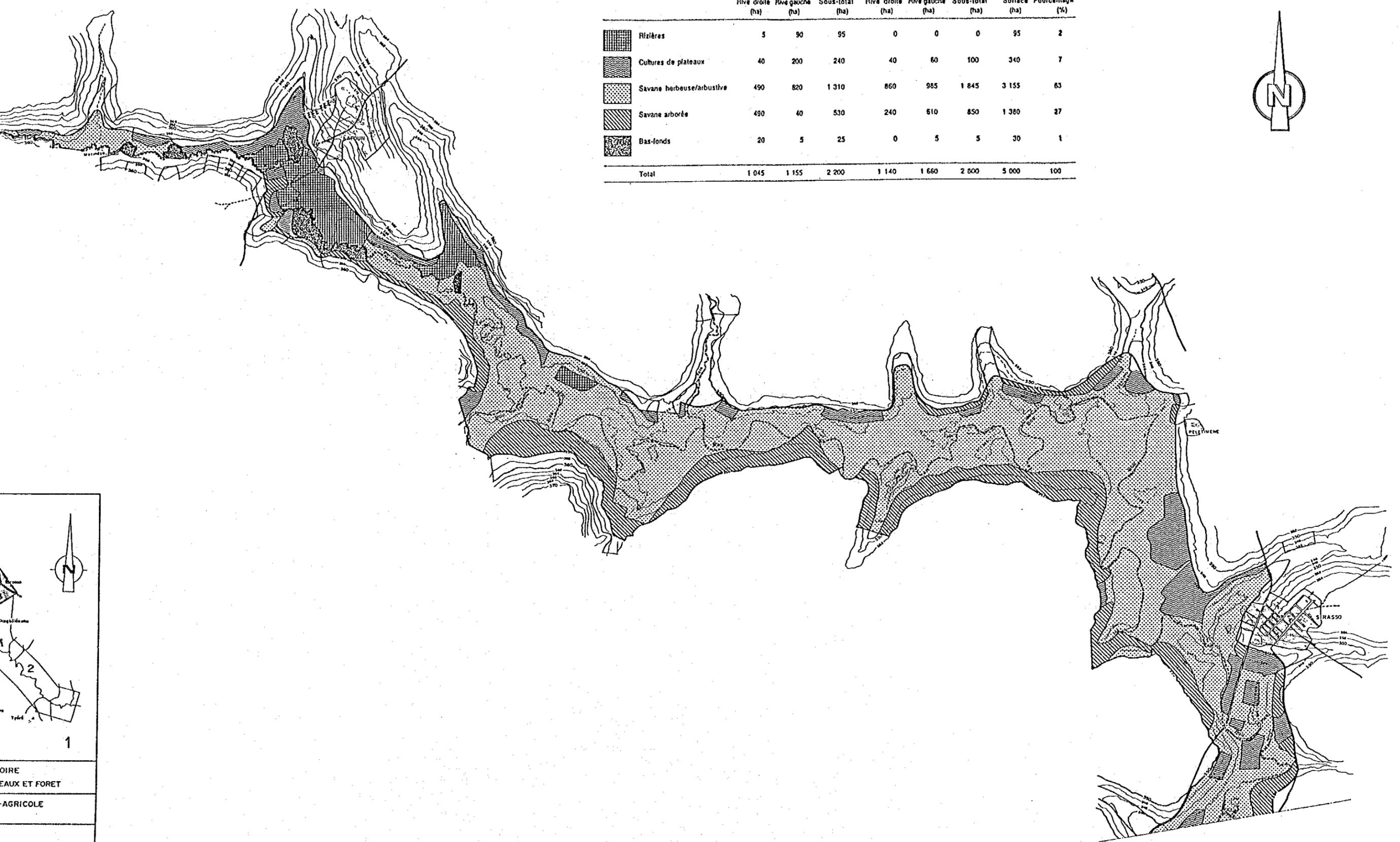
REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DES EAUX ET FORET

PROJET D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE
DE LA VALLEE DU BOU

TITRE
Figure E.1.2
Carte d'occupation des
terres actuelle (1/2)

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION
INTERNATIONALE





Légende	Types de cultures	Carte 1			Carte 2			Total	
		Rive droite (ha)	Rive gauche (ha)	Sous-total (ha)	Rive droite (ha)	Rive gauche (ha)	Sous-total (ha)	Surface (ha)	Pourcentage (%)
	Rizières	5	90	95	0	0	0	95	2
	Cultures de plateaux	40	200	240	40	60	100	340	7
	Savane herbeuse/arbustive	490	820	1 310	860	985	1 845	3 155	63
	Savane arborée	490	40	530	240	610	850	1 380	27
	Bas-fonds	20	5	25	0	5	5	30	1
Total		1 045	1 155	2 200	1 140	1 660	2 800	5 000	100

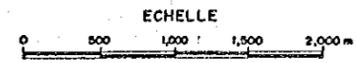
1

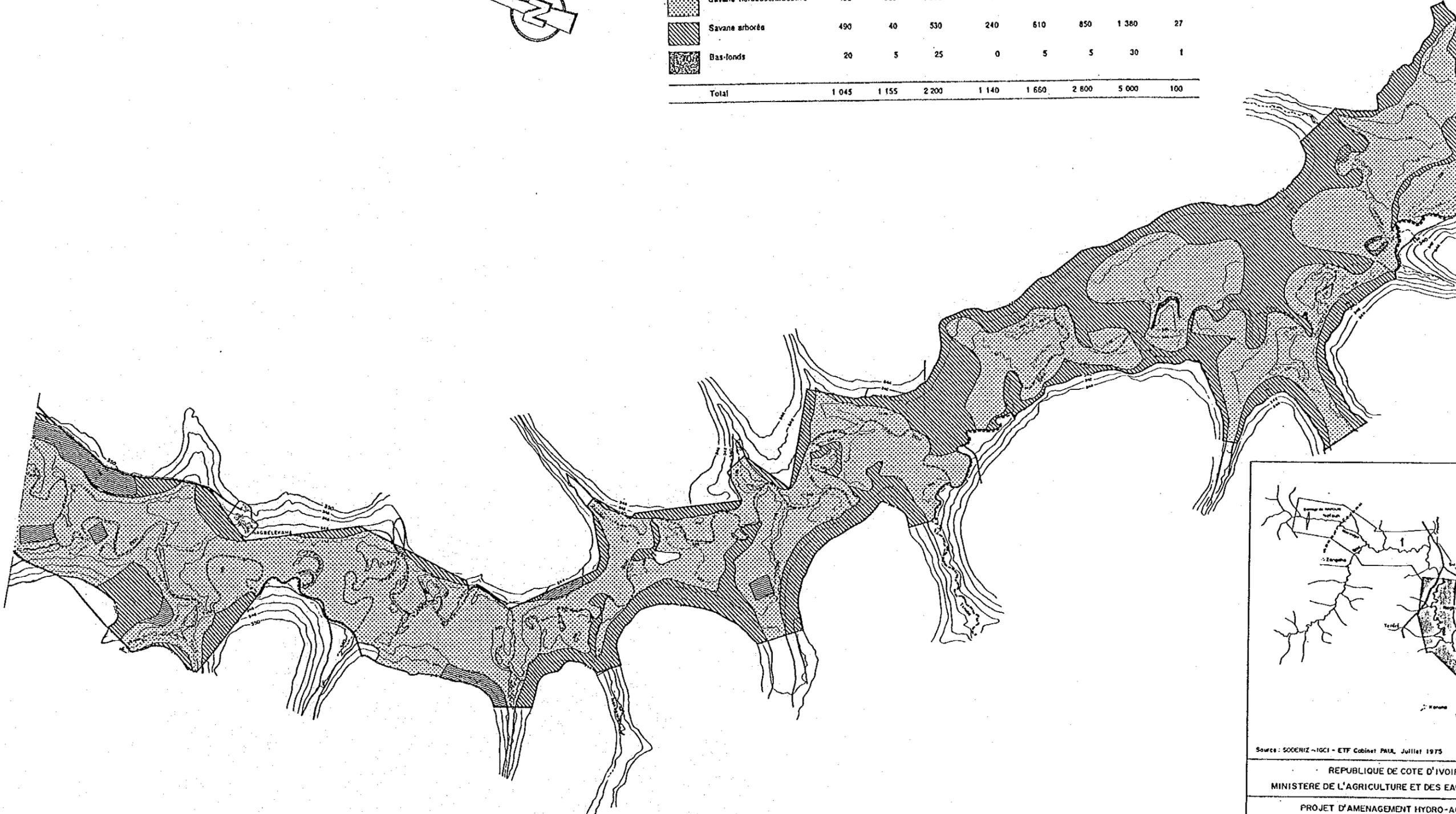
BOIRE
EAUX ET FORET

AGRICOLE

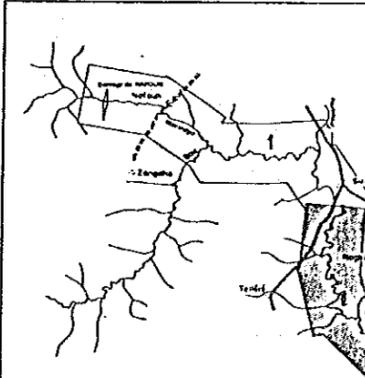
ation des
le (1/2)

PERATION





Légende	Types de cultures	Carte 1			Carte 2			Total	
		Rive droite (ha)	Rive gauche (ha)	Sous-total (ha)	Rive droite (ha)	Rive gauche (ha)	Sous-total (ha)	Surface (ha)	Pourcentage (%)
	Rizières	8	90	98	0	0	0	98	2
	Cultures de plateaux	40	200	240	40	60	100	340	7
	Savane herbeuse/arbustive	490	820	1 310	860	985	1 845	3 155	63
	Savane arborée	490	40	530	240	610	850	1 380	27
	Bas-fonds	20	5	25	0	5	5	30	1
Total		1 048	1 155	2 203	1 140	1 660	2 800	5 003	100

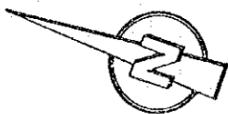


Source : SOGERIZ - IGC1 - ETP Cabinet PAIR, Juillet 1975

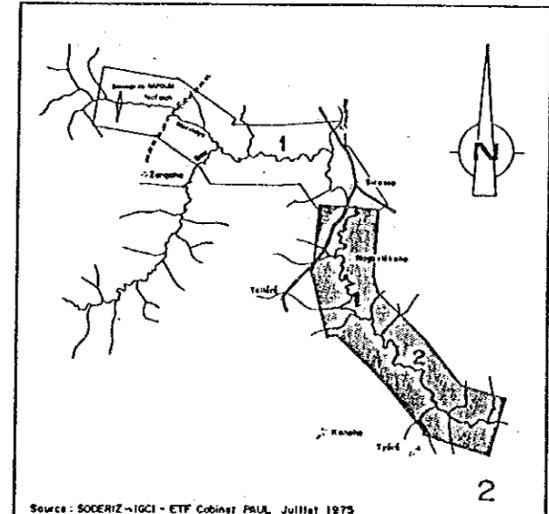
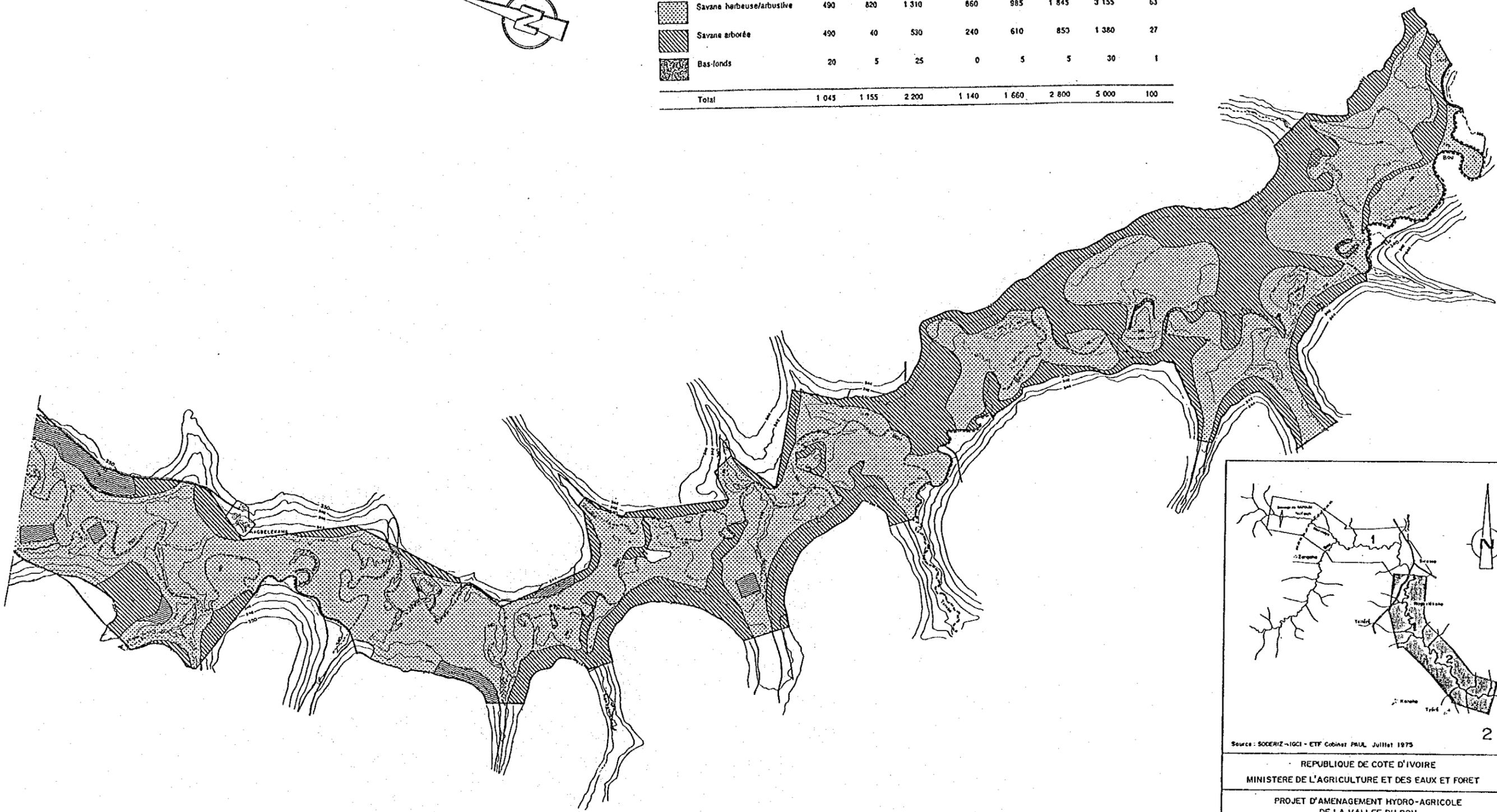
REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
 MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DES EAUX
 PROJET D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE
 DE LA VALLEE DU BOU

TITRE
 Figure E.1.2
 Carte d'occupation
 des terres actuelles

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION
 INTERNATIONALE



Légende	Types de cultures	Carte 1			Carte 2			Total	
		Rive droite (ha)	Rive gauche (ha)	Sous-total (ha)	Rive droite (ha)	Rive gauche (ha)	Sous-total (ha)	Surface (ha)	Pourcentage (%)
	Rizières	5	90	95	0	0	0	95	2
	Cultures de plateaux	40	200	240	40	60	100	340	7
	Savane herbeuse/arbusive	490	820	1 310	860	985	1 845	3 155	63
	Savane arborée	490	40	530	240	610	850	1 380	27
	Bas-fonds	20	5	25	0	5	5	30	1
Total		1 045	1 155	2 200	1 140	1 660	2 800	5 000	100



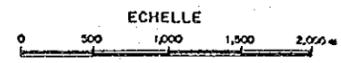
Source : SODERIZ-IGCI - ETV Cabinet PAUL, Juillet 1975

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
 MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DES EAUX ET FORET

PROJET D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE
 DE LA VALLEE DU BOU

TITRE
 Figure E.1.2
 Carte d'occupation des
 terres actuelle (2/2)

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION
 INTERNATIONALE



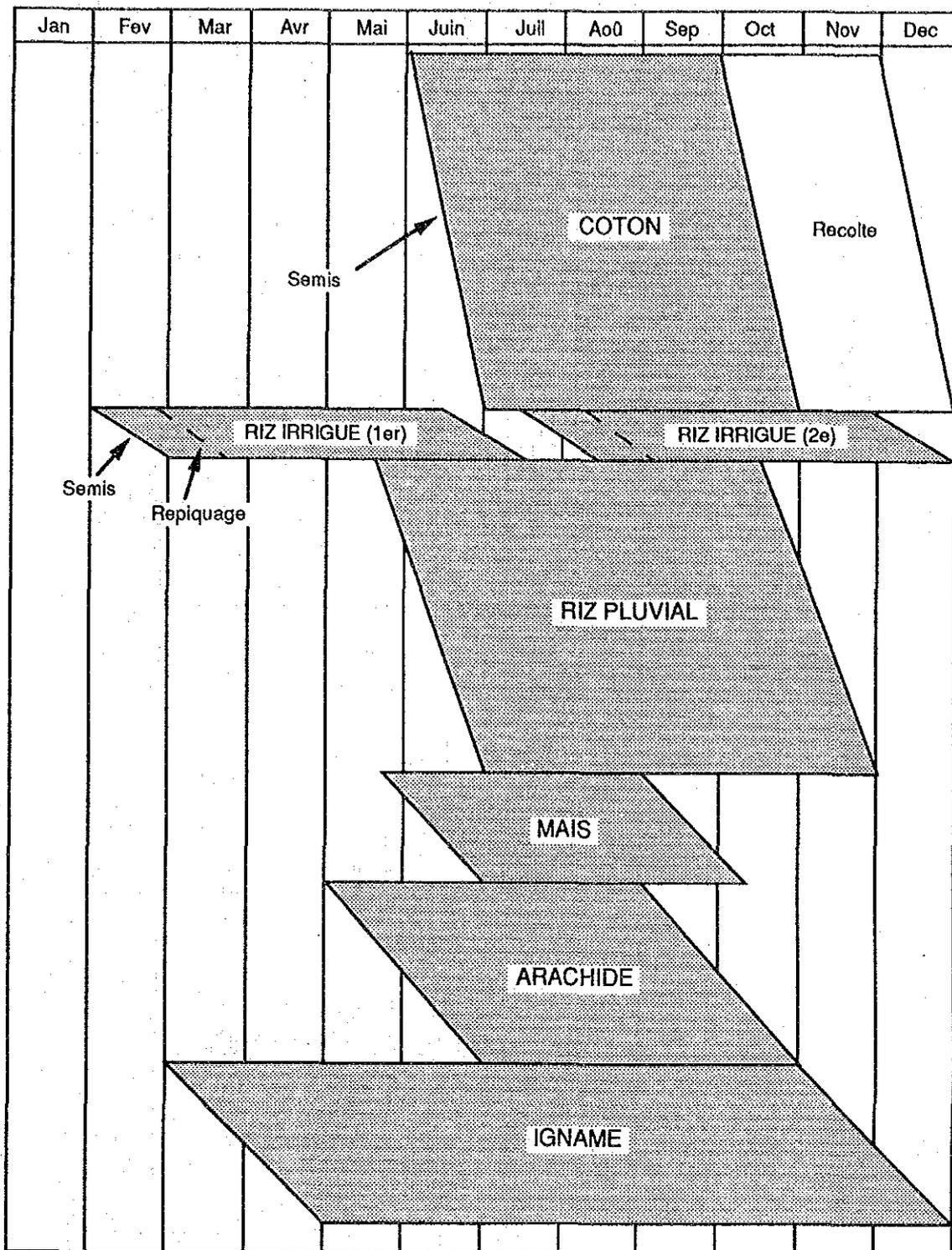


Figure E.1.3 Schéma Cultural Actuel

REPUBLIQUE DE LA COTE D'IVOIRE
PROJET D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DE LA VALLEE DU BOU
AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

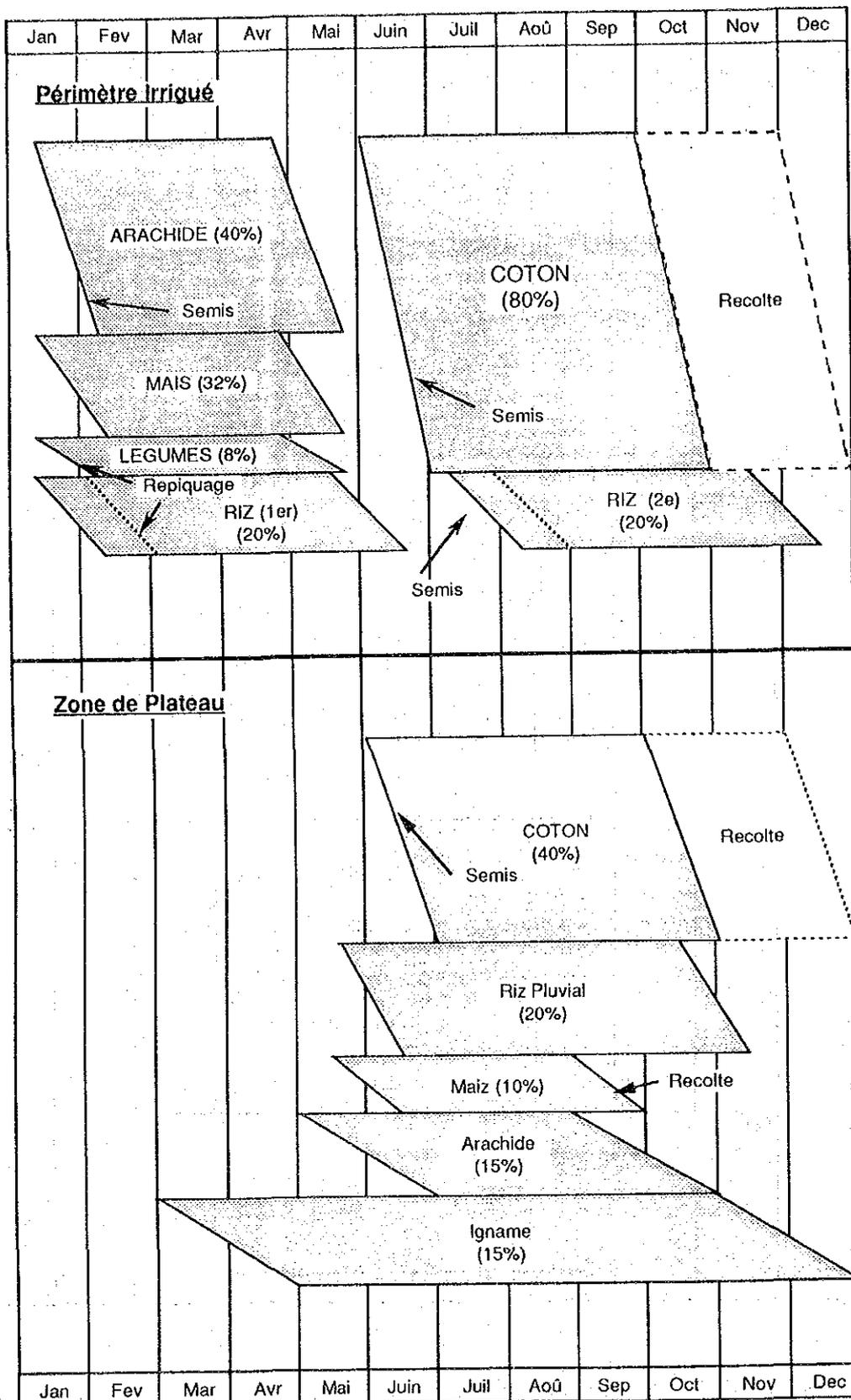


Figure E.2.1 Schéma Cultural Proposé

REPUBLIQUE DE LA COTE D'IVOIRE
 PROJET D'AMENAGEMENT
 HYDRO-AGRICOLE
 DE LA VALLEE DU BOU
 AGENCE JAPONAISE DE
 COOPERATION INTERNATIONALE

ANNEXE-F

**L'ELEVAGE ET DE PECHE
D'EAU DOUCE**

ANNEXE F L'ELEVAGE ET DE PECHE D'EAU DOUCE

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
CHAPITRE 1	ELEVAGE EN COTE D'IVOIRE F-1
1.1	Rôle de l'Elevage dans l'Economie Nationale F-1
1.2	Production et Importation au Niveau National F-1
1.3	L'Elevage dans le Nord du Pays F-3
CHAPITRE 2	L'ELEVAGE DANS LA ZONE D'ETUDE F-5
2.1	Population du Bétail F-5
2.2	Population Peulhs F-5
2.3	Production et Commercialisation F-6
2.4	Abreuvement et Nourriture du Bétail .. F-7
2.5	Association Agriculture-Elevage F-8
2.5.1	Animaux de culture attelée ... F-8
2.5.2	Projets aménagements pastoraux F-9
2.6	Services d'Appui F-11
2.7	Contraintes au Développement F-12
CHAPITRE 3	PROGRAMME D'ELEVAGE F-13
3.1	Généralités F-13
3.2	Composantes du Projet F-13
3.3	Actions Proposées F-14
3.4	Nourriture du Bétail Eventuellement Disponible à Partir des Cultures F-15
CHAPITRE 4	LA PECHE D'EAU DOUCE F-17
4.1	Situation Actuelle F-17
4.2	Programme de Pêche d'Eau Douce F-17

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

		<u>Page</u>
Tableau F.3.1	Résumé des contraintes pour le Développement de l'Elevage avec les Solutions Correspondandes	FT-1
Figure F.2.1	Axes de passages des troupeaux transhumants	FF-1
Figure F.2.2	Localisation des camps sédentaires à Sirasso	FF-2
Figure F.2.3	Emplacement des petits abreuvoirs pour le bétail	FF-3

CHAPITRE 1 ELEVAGE EN COTE D'IVOIRE

1.1 Rôle de l'Élevage dans l'Économie Nationale

Depuis 1987, la part du secteur d'élevage dans l'économie nationale représentait environ 2,3% du produit intérieur brut (PIB) de l'agriculture ou 0,7% du PIB total. La valeur de la production du secteur d'élevage s'élevait à 38,13 milliards de CFA en 1988. Bien que l'élevage joue encore un rôle subalterne dans l'économie ivoirienne, ce secteur est potentiellement important. Il permettra d'assurer :

- a) l'accroissement de l'auto-suffisance et de la qualité des produits vivriers des consommateurs ivoiriens;
- b) la diversification et l'augmentation des revenus des paysans;
- c) la conservation et l'amélioration de l'environnement, en particulier par le développement de l'association agriculture-élevage;
- d) l'accroissement des possibilités d'industrialisation.

1.2 Production et Importation au Niveau National

La production animale a augmenté rapidement au cours des 10 à 12 dernières années, bien que les produits d'élevage du pays ne satisfassent que moins de la moitié de la demande intérieure.

L'évolution du cheptel en Côte d'Ivoire se résume dans le tableau suivant :

(Unité: 1,000 têtes)

Année	1975	1980	1985	1987	1988	1989
Bovins						
Sédentaires	345	466	607	636	654	671
Transhumants	115	200	316	281	310	339
Total	460	666	923	917	964	1,010
Ovins	720	884	997	1,051	1,077	1,102
Caprins	580	694	782	825	845	865
Porcins						
Traditionnels	215	244	275	289	296	303
Modernes	23	40	41	46	45	46
Total	238	284	316	335	341	349
Volailles	-	13	18	19	19	18

Source: REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE REVUE DU SECTEUR DE L'ELEVAGE
La Banque Mondiale, jan 1991

Durant la grande sécheresse qui frappa le Sahel au début des années 1970, un grand nombre de troupeaux Zébu du Mali et d'autres pays sahéliens furent évacués en Côte d'Ivoire pour y trouver du pâturage et de l'eau. Le Gouvernement ivoirien répondit à cette situation par la mise en place des programmes encourageant l'implantation permanente de ces troupeaux Zébu et en promouvant en même temps l'augmentation de la production du bétail moins important de la Côte d'Ivoire ainsi que l'entrecroisement des races ivoirienne et Zébu. D'une façon générale, ces programmes étaient réussis : la population du bétail de la Côte d'Ivoire, qui était de 460.000 têtes en 1974, a augmenté à plus d'un million de têtes en 1989. Cette augmentation s'est toutefois réalisée surtout pendant les 10 premières années. Au cours de ces 4 dernières années, la production du bétail n'a pas dépassé le niveau qu'on pourrait escompter de la croissance naturelle. Une des raisons de cette baisse de la production était la concurrence de la viande importée de la CEE à des prix de subvention. 85% de la population animale totale s'établit dans la savane du nord pour éviter les mouches tsétsé.

La production de petits ruminants, de porcins et de volailles, s'est aussi augmentée de façon significative au cours des 15 dernières années, malgré le fait que les fournisseurs de porcins et de volailles ont souffert aussi l'effet des importations à prix moins chers de la CEE. Le marché de la viande de mouton et de chèvre était, par contre, assez moins affecté par la concurrence des produits importés.

Le nombre d'ovins et de caprins s'est accru de 2,6% l'an entre 1980 et 1989. Ces animaux sont élevés en grande partie dans la région nord du pays.

Le nombre de porcins a augmenté à un taux de 2,3% par an entre 1980 et 1989. Les espèces traditionnelles sont encore prédominantes (correspondant à 87% de la population porcine) et sont élevées dans la région nord, alors que les espèces améliorées telles que celles de la race Grand Blanc (Large White) sont prépondérantes dans le sud.

Dans l'ensemble, les besoins en produits animaux dans le pays ont été satisfaits par la production locale à 36% en 1975 et à 42% en 1984. Le Gouvernement a fixé l'objectif de couvrir ces besoins à 54% à l'an 2000.

Bien que le pays possède beaucoup de ressources d'élevage, une grande quantité d'animaux sur pied comportant des bovins, ovins et caprins a été importée du Mali et du Burkina Faso. Ces animaux importés sont contrôlés à 5 points de contrôle installés le long des frontières du pays. Les quantités importées d'animaux vivants sont récapitulées au tableau suivant :

Année	Bovins		Ovins/Caprins		Volailles	Total
	Tête	Te.c.a	Tête	Te.c.a	Te.c.a	Te.c.a
1985	225,000	39,400	330,000	5,690	1,800	46,890
1986	180,000	31,500	346,000	5,950	2,100	39,550
1987	148,000	26,000	378,000	6,500	1,960	34,460
1988	130,000	22,800	350,000	6,000	1,500	30,300
1989	-	22,000	-	6,000	1,180	29,180

Source: La Banque Mondiale, jan 1991

La majorité des animaux importés sont amenés à pied ou transportés par camion ou par chemin de fer au sud du pays pour y être vendus.

La Côte d'Ivoire a importé aussi des viandes et abats et des produits laitiers principalement des pays européens. Les quantités de viande de production locale et d'importation sont indiquées au tableau ci-dessous. Les quantités importées du Sahel ont la tendance de décroître, par contre celles des pays hors-africains ont augmenté rapidement, à l'exception de l'année 1989 où une baisse a été observée par suite de l'augmentation des prix. Dans tous les cas, le pays a importé les viandes et abats du Sahel et des pays hors-africains pour couvrir plus de 60% de sa consommation totale.

(Unité: Te.c.a)

Année	Production nationale		Importations				Total	
			Sahel		Hors-Afrique			
1985	43.170	39%	46.890	42%	20.440	18%	110.500	100%
1986	44.830	37%	39.550	39%	36.320	30%	120.700	100%
1987	46.220	37%	34.460	28%	43.200	35%	123.880	100%
1988	47.090	34%	30.250	22%	59.480	43%	136.820	100%
1989	47.460	40%	29.180	25%	40.700	35%	117.340	100%

Source: La Banque Mondiale, jan 1991

1.3 L'Élevage dans le Nord du Pays

Avec environ 85% de la population totale du cheptel bovin du pays, la région de savane nord est très importante pour le développement de l'élevage du pays. Les sédentaires et semi-sédentaires (transhumants) jouent un rôle majeur dans la production du bétail dans la zone.

Le nombre total effectif du bétail dans les Zones de SODEPRA NORD en 1989 est comme suit :

ZONES	Sédentaires	Semi-sédentaires (transhumants)	B.C.A.	TOTAL
ODIENNE	40.824 (79%)	6.514 (13%)	3.986 (8%)	51.324
BOUNDIALI	58.601 (39%)	76.313 (51%)	15.450 (10%)	150.368
KORGOGO NORD	82.757 (45%)	82.318 (45%)	17.422 (10%)	182.497
KORHOGO SUD	65.164 (57%)	41.717 (36%)	7.769 (7%)	114.650
FERKE	95.214 (41%)	120.865 (53%)	14.332 (6%)	230.411
BOUNA	101.048 (77%)	29.550 (23%)	629 (0%)	131.227
TOTAL	443.608 (52%)	357.281 (42%)	59.588 (7%)	860.477

Source: SERVICE ZOOTECHEMIE BILAN DES ACTIVITES 1989, SODEPRA NORD
(En Octobre 1989)

La composition des races de bétail est comme suit :

Races	SEDENTAIRES	TRANSHUMANTS (Semi-sédentaires)	TOTAL
Zébu	4,7%	73,0%	35,2%
Baoulé	57,6%	6,0%	34,7%
Métis	22,9%	21,0%	21,9%
N'Dama	14,8%	0,0%	8,2%

Zébu représente la race bovine la plus populaire parmi les transhumants mais la moins populaire parmi les sédentaires.

Chaque année un grand nombre d'animaux sur pied sont importés des pays voisins. Cinq points de contrôle installés le long des frontières contrôlent l'importation de ces animaux. Les nombres d'animaux importés se répartissent comme suit :

Années	(Unité : têtes)			
	1986	1987	1988	1989
Bovins	132,541	109,397	96,216	102,604
Ovin/Caprin	249,288	272,355	253,348	263,398

La plupart des animaux importés sont vendus dans le sud du pays.

CHAPITRE 2 L'ELEVAGE DANS LA ZONE D'ETUDE

2.1 Population du Bétail

Selon les informations reçues de la SODEPRA d'une part et les résultats de l'enquête de terrain d'autres part, la population actuelle du bétail dans la Sous-Préfecture de SIRASSO se présente comme suit:

(Unité: têtes)

	Sédentaires	Transhumants (Semi-sédentaires)	Paysan #1	Total
Bovins	2,080	26,700	2,005	30,785
BCA	-	-	1,074	1,074
Ovins	-	-	2,985	2,985
Caprins	-	-	2,051	2,051
Porc	-	-	946	946
Volailles	-	-	14,670	14,670

#1: Résultats d'enquête d'exploitation

La presque totalité du bétail appartient aux éleveurs sémi sédentaires. Le nombre de BCA (Boeuf pour Culture Attelée) a doublé de 1987 à 1989; cependant, la proportion de paysans pratiquant la culture attelée demeure très faible (18%). Selon les résultats de l'enquête de terrain, près du tiers (1/3) des paysans de SIRASSO font de l'élevage familial composé essentiellement de caprins et d'ovins. En plus de ce petit élevage familial, 6% des paysans ont un cheptel de bovins tandis que 4% ont un cheptel de porcins.

2.2 Population Peulhs

Les peulhs éleveurs se divisent en trois groupes:

1) Les sédentaires qui restent en place toute l'année, 2) les semi-sédentaires (transhumants) qui vivent temporairement dans une zone, se déplaçant dans le Sud en saison sèche et remontant dans le Nord en début de saison des pluies (Figure F.2.1), et 3) "les vrais nomades" qui arrivent du Sahel en Côte d'Ivoire pendant la saison sèche et retournent au sahel au début de la saison des pluies. Il n'existe aucune donnée statistique concernant les vrais nomades.

Dans la Sous-Préfecture de SIRASSO, les éleveurs sédentaires et sémi-sédentaires sont propriétaires de près de 90% du bétail bovin (Figure F.2.2). La majorité de ces éleveurs est originaire du Mali et des autres pays sahéliens et se sont installés dans la région pendant la grande sécheresse du sahel au début des années 70.

Les Peulhs sédentaires vivent dans 24 campements semi-permanents repartis sur tout le territoire de la Sous-

Préfecture de SIRASSO. Généralement, ces campements ne sont installés qu'avec l'autorisation du chef du village autochtone le plus proche. La population totale des peulhs sédentaires a été estimée à 1.315 personnes en Juillet 1990. Ils parcourent toute la Sous-Préfecture de SIRASSO, faisant paître leurs troupeaux dans et aux alentours de la zone du projet et vendant soit sur pied, soit pour la viande ou pour le lait aux habitants des villages. Ils possèdent des plantations de riz pluvial et de maïs pour leur auto-consommation. Ils s'occupent du troupeau de certains paysans avec un système de contrat établi.

Le nombre de Peulhs transhumants de la région de SIRASSO varie d'année en année. Il a été dénombré 274 groupes de sémi-sédentaires dans la Sous-Préfecture de SIRASSO en 1989/90. Compte tenu du fait que les peulhs sémi-sédentaires joueront un rôle relativement important dans le développement de l'élevage en COTE D'IVOIRE, la SODEPRA a étudié leurs activités et les raisons de leurs déplacements en vue d'une éventuelle sédentarisation dans une région à choisir.

Des conflits sont survenus entre paysans sénoufo et éleveurs peulhs dont les troupeaux causent des dégâts au niveau des cultures pendant leurs déplacements.

2.3 Production et Commercialisation

(1) Viande

Il existe deux abattoirs dans la zone d'étude: à ODIA et à SIRASSO. Ces deux abattoirs sont gérés par la SODEPRA. Selon les statistiques de l'abattoir de SIRASSO, près de 280 à 360 têtes de bovins sont abattues annuellement. La viande produite dans ces deux abattoirs est entièrement consommée dans la Sous-Préfecture de SIRASSO.

(2) Lait

Il n'existe aucune statistique concernant la production de lait dans la zone d'étude. Le potentiel de production de lait a été estimé à partir des données fournies par la SODEPRA. Ces données sont consignées dans le tableau ci-dessous:

	Sédentaires	Transhumants	Total
Effectif total (tête)	2,080	26,700	28,780
Effectif Vaches traites (tête)	277	5,804	6,081
Production de lait (L/j/v)	0.60	0.92	-
Production journalière (L/j)	163	5,340	5,503
Production annuelle (1,000 L/an)	59	1,949	2,008

Source: LA PRODUCTION LAITIÈRE DANS LE NORD DE LA COTE D'IVOIRE
SODEPRA-NORD, SEP, 1990

Les éleveurs sédentaires ainsi que les transhumants consomment le lait extrait des vaches à lait et vendent le surplus sous forme de lait frais ou de lait caillé sur le marché local. Les sédentaires donnent également du lait à leurs patrons dans les villages.

Dans la zone SODEPRA NORD, il n'existe pas de système rationnel de collecte du lait. La SODEPRA a expérimenté une petite unité de transformation du lait entre 1986 et 1989. La matière première utilisée était du lait produit par des races de vaches sélectionnées introduites d'Europe. Le lait produit par cette unité de transformation n'était pas vendu dans les super marchés mais directement sur le site de production. La machine de conditionnement est en panne depuis 1989. Le SODEPRA n'a pas de projet de réhabilitation de cette unité de production de lait.

L'étude de factibilité d'un projet d'implantation d'une unité de transformation du lait a débuté en Février 1991, avec la coopération technique du gouvernement Français, sous le contrôle de la CIDT. Ce projet s'intéressera dans un premier temps aux paysans situés aux alentours de la ville de KORHOGO.

(4) Cheptel Vif

Il existe un marché saisonnier de commerce de bétail au cours duquel des animaux vifs sont vendus ou troqués contre d'autres équipements. Deux villages reçoivent ce genre de commerce: il s'agit de ODI et SIRASSO. Le prix du bétail sur ces marchés varie d'une saison à une autre mais des prix moyens sont toujours fixés par la SODEPRA qui sont:

Bovins: 340 FCFA/kg
Ovins: 500 FCFA/kg (800 FCFA/kg en saison sèche)

Selon les données du marché à bétail de KORHOGO, le prix des bovins est stable tandis que celui des ovins et des caprins varie avec un maximum en Juin-Juillet.

2.4 Abreuvement et Nourriture du Bétail

(1) Nourriture du bétail

La nourriture du bétail est de deux types: fourrage et concentré. Le fourrage utilisé dans la zone provient surtout des pâturages naturels (graminées) qui poussent abondamment dans la zone d'étude. Cependant, en saison sèche, l'herbe devient rare, à tel point que le bétail doit pâturer une grande surface pour chercher sa nourriture.

La nourriture concentrée consiste en un mélange de sous-produits agricoles comme le son de riz et les graines de coton concassé. Ils sont maintenant utilisés comme appoint

pour les animaux fragiles et les vaches en gestation pendant la saison sèche.

Jusqu'en 1989, la CIDT a vendu des graines de coton à la SODEPRA comme aliment de bétail. Cependant la CIDT a, depuis un certain temps, arrêté la vente des graines de coton pour éviter qu'elles ne soient utilisées comme semences par certains paysans, mélangeant ainsi les variétés de coton.

TRITURAF est une entreprise privée qui achète les graines de coton à la CIDT pour la fabrication d'huile de coton. La CIDT rachète les graines de coton concassées chez TRITURAF à 25 FCFA/kg pour les revendre aux GVC à 30-33 FCFA/kg en tenant compte des coûts de transport. En 1990, environ 500 tonnes de graines de coton concassée ont ainsi été utilisées pour l'alimentation du bétail dans la région de KORHOGO.

(2) Abreuvement du bétail

L'approvisionnement en eau est essentiel pour le bétail. Actuellement, le bétail boit l'eau des rivières, des petits ruisseaux et des mares. La SODEPRA a construit sept (7) petites retenues dans la zone d'étude, afin d'assurer l'alimentation en eau du bétail. (Figure F.2.3) Ces retenues d'eau sont gérées par les comités d'Agriculteurs.

2.5 Association Agriculture-Elevage

2.5.1 Animaux de culture attelée

Les surfaces cultivées de la région de KORHOGO ont connues une augmentation de 23% à 60% entre 1987 et 1989 consécutif à une augmentation de 50% des BCA (Boeufs de Culture Attelée). Le tableau ci-dessous montre le nombre de planteurs et les superficies cultivées en coton par "mode de culture" dans la région de KORHOGO en 1988/89.

Mode de culture	Planteurs	Surface (ha)
Culture manuelle	17,545 (64.5%)	19,307 (41.5%)
Culture attelée	9,558 (35.2%)	26,202 (56.3%)
Motorisation	85 (0.3%)	1,057 (0.2%)
TOTAL	27,188 (100.0%)	46,566 (100.0%)

Source: RAPPORT ANNUEL CAMPAGNE: 1988/89, CIDT KORHOGO

La culture manuelle est encore prépondérante dans la région de KORHOGO, mais environ 35% des planteurs de coton utilise la traction animale et la superficie cultivée couvre plus de 50% de la superficie totale exploitée dans la région de KORHOGO.

La culture attelée étant d'introduction récente en pays Sénoufo, elle représente un faible pourcentage dans la région de SIRASSO: - 18% du nombre total des paysans et 37% de la superficie totale cultivée en coton en 1989/90. Cependant, le nombre de BCA et de superficie cultivée en traction animale a presque doublé les trois dernières années.

Mode de culture	1987/88	1988/89	1989/90
Nombre planteurs coton			
Culture manuelle	1,931	2,111	2,038
Culture attelée	280	381	454
Motorisation	7	7	8
Total	2,218	2,499	2,500
Surface coton (ha)			
Culture manuelle	2,371	2,633	2,409
Culture attelée	701	1,172	1,440
Motorisation	84	79	81
Total	3,156	3,884	3,930
Nombre de BCA	555	801	1,072

Source: CIDT ZONE DE SIRASSO
SODEPRA ZONE KORHOGO-SUD

La CIDT a mis en place un système d'encadrement pour la promotion de la culture attelée: achat et dressage des boeufs, mise en place d'un système de crédit pour l'achat d'équipements par les paysans, et fourniture de sous-produits du coton pour l'alimentation des BCA pendant la saison sèche. Les traitements sanitaires étaient effectués gratuitement par la CIDT jusqu'en 1989. Cependant, en lieu et place des soins gratuits, la CIDT vient d'initier un système d'assurance des BCA par lequel le boeuf malade est soigné par la CIDT pour une contribution de 3.000 FCFA par an.

Les paysans ont la possibilité d'acheter leurs BCA soit à la SODEPRA, soit chez les éleveurs sédentaires. Par ailleurs, la SODEPRA dispose de BCA déjà dressés qui peuvent être loués ou vendus aux paysans. Le nombre de BCA détenu par la SODEPRA a subi un accroissement. Actuellement, la SODEPRA dispose de 73 têtes de BCA à SIRASSO, 105 têtes à ODIA et 200 autres têtes dans deux plantations non loin de KORHOGO.

2.5.2 Projets aménagements pastoraux

La zone des savanes du Nord de la Côte d'Ivoire a d'énormes potentialités pour le développement de l'élevage avec près de 85% de la population totale du bétail du pays. La presque totalité des troupeaux appartient aux éleveurs

sédentaires et sémi-sédentaires(tranhumants qui ont immigré des pays sahéliens au début des années 70). En outre, la zone de savanne possède des potentialités de développement agricole. On a assisté à une augmentation des terres cultivées avec la promotion de la culture attelée, ce qui entrain des conflits entre Agriculteurs et Eleveurs.

Le Projet "Aménagements Pastoraux" a débuté en 1982, par un financement conjoint de la KFW, de l'OCC et du BSIE. L'objectif principal de ce projet est d'assurer une bonne association Agriculture - Elevage pour une meilleure promotion des deux secteurs dans le Nord. Le projet s'est surtout penché sur l'intégration des éleveurs peulhs pour une meilleure gestion des ressources naturelles et éviter la destruction des cultures par les troupeaux.

Le projet a créé cinq zones de développement appelées UAP(Unité Agro-Pastorale) dans cinq Sous-Préfectures; l'une d'elles couvre la Sous-Préfecture de SIRASSO.

Les activités du projet dans chaque UAP peuvent se résumer comme suit:

a) Activités à court terme

- Etude préliminaire des conditions actuelles et identification des problèmes
- Identification des besoins en infrastructures (par exemple: Abreuvoirs, Ponts, etc...)
- Détermination des termes de vulgarisation
- Création d'un comité inter-structures(avec la CIDT, les Instituts de Recherches etc...)

b) Activités à moyen et long terme.

- Organisation de groupements d'intérêts communs (Production, Commercialisation, Gestion des équipements etc...)
- Encadrement en:
 - Traction Animale
 - Utilisation des sous-produits agricoles
 - Bloc d'association entre agriculture et élevage
 - Utilisation des déjections animales
 - Fixation des aires de pâturage
 - Gestion des ressources naturelles
 - Respect des calendriers culturaux
 - Gestion du mouvement des troupeaux
 - Création de marchés à bétail
 - Lutte contre la destruction des cultures par les troupeaux

- Etablissement d'une réglementation permettant de contrôler le troupeau en prenant en compte les problèmes des éleveurs.
- Application du règlement intérieur de l'UAP

Le projet a déjà mis en place un calendrier cultural permettant d'éviter la destruction des cultures par les troupeaux. Ce calendrier n'autorise les Peulhs éleveurs à sortir les animaux pour la transhumance saisonnière en dehors de la Sous-Préfecture d'origine qu'entre le premier Janvier(après les récoltes) et le 30 avril(avant les semis). Il n'est pas figé mais peut être modifié en fonction des voeux des populations locales.

2.6 Services d'Appui

La SODEPRA a formulé des programmes autonomes de développement de l'élevage, selon la situation géographique de la région. Le Nord du pays est alors considéré comme zone de développement de l'élevage bovin. Actuellement, la SODEPRA fournit les services d'appui suivants aux agriculteurs et aux éleveurs sédentaires comme semi-sédentaires conformément au plan de développement:

- a) Lutttes contre les maladies du bétail (par la vaccination)
- b) Développement des pâturages
- c) Transport du bétail sur les marchés par la fourniture de charrettes
- d) Construction et entretien de retenues d'eau pour l'alimentation en eau du bétail.
- e) Construction de bains détiquteurs pour protéger le bétail contre les insectes parasites.
- f) Contrôle des abattoirs
- g) Reproduction animale
- h) Prévention de la trypanosomiase par l'usage de pièges à mouche tsé-tsé

En dehors de la SODEPRA, la CIDT assure aussi les services d'appui suivants aux agriculteurs en vue de la promotion de la culture attelée:

- a) Mise en place d'un système de crédit permettant l'achat d'outils de culture attelée par les paysans.
- b) Contrôle des maladies et Protection des BCA

2.7 Contraintes au Développement

Les contraintes au développement de l'élevage dans la zone d'étude se résument comme suit:

- 1) Manque d'eau d'abreuvement pendant la saison sèche.

Les ruisseaux et les mares se dessèchent pendant la saison sèche. Les lacs des barrages de Nafoun et de ceux de la SODEPRA constituent les seules sources d'abreuvement du bétail, en saison sèche. Cependant l'utilisation du Bou comme source d'abreuvement sera réduite avec le développement du périmètre irrigué.

- 2) Eloignement des zones de pâturage des zones d'abreuvement

Comme le bétail ne dispose que de l'eau du barrage de Nafoun et de ceux de la SODEPRA pour son abreuvement, la distance de ces points d'eau aux zones de pâturage devient trop longue pour le bétail

- 3) Manque de pâturage en saison sèche.

- 4) Destruction des cultures par le bétail

3.1 Généralités

Les nomades et leurs troupeaux en zone de savane jouent et joueront un rôle important dans le développement du secteur de l'élevage en Côte d'Ivoire.

Environ 30.000 têtes de bétail sédentaires et semi-sédentaires paissent dans la zone d'étude. D'autre part, la zone du Projet est dotée de bonnes terres et de ressources en eau pour le développement agricole, en comparaison des zones voisines. Pour le succès du développement à long terme de la région, il est nécessaire d'intégrer l'élevage aux cultures dans le système agricole.

Pour cela, un programme d'élevage a été formulé, afin de définir les contraintes actuelles et les problèmes à attendre avec le Projet, afin de parvenir à une meilleure association agriculture-élevage dans la région.

Les contraintes actuelles, les problèmes attendus avec le Projet et leurs solutions sont résumés au Tableau F.3.1.

Les composantes et actions suivantes sont proposées pour une meilleure association agriculture-élevage:

3.2 Composantes du Projet

- (1) Construction de ponts sur les canaux et sur le BOU.

Ils sont prévus fondamentalement pour les activités agricoles des exploitants, mais le bétail peut également les emprunter pour traverser le périmètre.

- (2) Construction de points d'eau le long des canaux, sur les deux rives.

Il deviendra difficile pour le bétail de boire l'eau du BOU après achèvement du Projet. Des points d'eau seront construits le long du canal pour garantir leur alimentation en eau. Pour éviter la destruction du canal par les animaux, ces points d'eau devraient être utilisés par le bétail de traction animale et celui des sédentaires, qui sont bien maîtrisés. L'eau sera fournie à partir du canal principal par une vanne, sauf pendant la période de non-irrigation.

- (3) Construction de petites mares.

De petites mares pour l'abreuvement du bétail seront construites. Elles serviront non seulement comme points d'eau, mais permettront aussi d'éloigner le bétail du périmètre. Les mares seront construites au cours de la dernière phase du Projet, en prenant en compte les

changements intervenus dans la circulation du bétail, du fait du Projet.

La retenue du barrage sur le BOU constituera aussi un grand point d'abreuvement.

3.3 Actions Proposées

En une d'assurer une meilleure association de l'exploitation agricole et des troupeaux sédentaires, il est proposé que les dispositions suivantes soient prises avec l'aide du bureau de projet et des organismes concernés.

a) Discussions entre la population Fulani, les agriculteurs et le bureau du Projet

Il est indispensable que s'instore un dialogue entre les agriculteurs et les nomades (nomades et semi-nomades), afin d'éviter les conflits et de résoudre les problèmes posés.

b) Interdiction de pâturer à l'intérieur du périmètre

On propose que soient établies de nouvelles règles, pour empêcher le bétail de pâturer à l'intérieur du périmètre et éviter la destruction des récoltes et des installations. En outre, leurs couloirs de passage seront établis dans le prolongement des ponts sur le BOU.

c) Plantation d'herbes autour de la retenue du barrage sur le BOU

Certains types d'herbes tels que l'échinochloa (bouyou) et stylosantes peuvent supporter des conditions de submersion et de sécheresse. Ces herbes devront être plantées autour de la retenue, pour fournir du fourrage au bétail.

d) Plantation d'arbres fourragers

Certaines variétés d'arbres, telles que Acacia, Cajanus... possèdent un feuillage comestible en saison sèche par le bétail. De tels arbres devront être plantés autour de la zone du Projet. Ils fourniront du fourrage au bétail et contribueront à maintenir la fertilité des sols.

e) Promotion de l'utilisation des sous-produits agricoles

Le Projet augmentera non seulement la production de paddy, mais aussi celle des sous-produits, tels que le son et la paille de riz. Ces sous-produits, avec les coques de coton fournies par l'intermédiaire de la CIDT, seront pleinement utilisés pour la fourniture d'aliments pour bétail.

f) Extension des pâturages

La partie sud-ouest de la sous-Préfecture de SIRASSO est connue pour être fortement infestée par le tripanozome; le bétail de cette zone est très peu nombreux actuellement. De grands efforts devront être faits pour éliminer la mouche tsé-tsé de la zone, en liaison avec la SODEPRA, afin d'élargir les zones de pâturage.

Le bureau du Projet devra assister les agriculteurs et les nomades pour atteindre le but commun, la meilleure association de l'agriculture et de l'élevage, en liaison avec les organismes gouvernementaux, spécialement la SODEPRA, la CIDT, le CTFT...

La construction d'une usine de refroidissement du lait brut, proposée dans le rapport intérimaire, a été exclue du Projet, puisqu'il a été confirmé que la SODEPRA Nord n'a pas l'intention de démarrer le traitement du lait à l'échelle commerciale.

3.4 Nourriture du Bétail Eventuellement Disponible à Partir des Cultures

Le Projet envisage l'utilisation des BCA en vue d'économiser la main d'œuvre. La population des BCA s'augmentera dans l'avenir. Le bétail peut brouter les pâturages naturels dans la saison des pluies. Mais dans la saison sèche, les herbes deviennent rares et on doit alimenter le bétail avec des nourritures préparées. Il est envisagé d'utiliser les résidues et sous-produits des cultures à cet effet, du fait qu'ils sont très peu utilisés actuellement.

Deux sortes de nourriture du bétail sont disponibles à partir des cultures dans la zone du projet; ce sont les résidues et sous-produits des cultures.

Les résidues des cultures comprennent les pailles de riz et les foins de d'arachide. Les sous-produits proviennent du traitement des graines et des noisettes. Il existe deux sortes de sous-produits qui peuvent être décrits comme produit primaire et produit final. En général les sous-produits primaires dérivés du projet sont constitués par la balle et le son du riz, la coque d'arachide qui sont produits dans la zone du projet et qui constituent principalement une alimentation bon marché pour le bétail. Le sous-produit final provenant du projet est constitué par les tourteaux de graines de coton. La compagnie d'extraction d'huile, TRITURAF, produit les tourteaux qui sont fournis aux paysans par l'intermédiaire de la CIDT au prix d'environ 33 CFA/kg.

Le rendement des résidus des récoltes et des sous-produits est présenté ci-dessous:

(Unité: %)

Catégorie des produits	Prod'n en %	disponibilité probable en %
Paille de riz	70% de la récolte de riz	70
Foin d'arachide	100% de la récolte des graines	80
Coque d'arachide	20% de la récolte des graines	50
Son de riz	12% de la production du paddy	80
Tourteaux de coton	40% de la des graines de coton	95

Les possibilités de production des résidus de récolte et des sous-produits ci-dessus à l'exception des tourteaux de coton dans la zone du projet sont estimées à partir des productions anticipées des diverses récoltes. ces estimations sont présentées ci-dessous.

(Unit: tons)

Catégories des produits	Production totale	Production disponible
Paille de riz		
Saison humide (1.980)	1.390	970
Saison sèche (2.200)	1.540	1.080
Son de riz		
Saison Humide (1.980)	240	190
Saison sèche (2.200)	260	210
Foin d'arachide (1.760)	1.760	1.410
Coque d'arachide (1.760)	350	175

Note:

Les chiffres () indiquent la production anticipée des céréales et autres produits dans la zone du projet.

Etant donné que les résidus et sous-produits sont déjà produits avec la culture pluviale, les chiffres indiqués ci-dessus indiquent une production supplémentaire.

Les besoins en alimentation animale sont faibles durant la saison des pluies (après la culture de la saison sèche) comparés à ceux de la saison sèche (après la culture de la saison des pluies) dûs à la présence des pâturages naturels. En outre, il est nécessaire d'effectuer la préservation et le stockage des résidus et des sous-produits pour leur utilisation rationnelle. Cependant, avec l'accoissement des produits pour l'alimentation animale, ceci servira, jusqu'à un certain point, à accroître la disponibilité de ces produits. dans la région.

CHAPITRE 4 LA PECHE D'EAU DOUCE

4.1 Situation Actuelle

Le développement de la pêche est l'un des moyens les plus efficaces et souvent le moins cher pour la production de protéines animales. La demande en poisson est forte dans la zone d'étude comme dans tout le pays.

Actuellement, il n'y a pas de pêcheurs spécialisés dans la zone d'étude car la pêche ne fait pas partie des habitudes du peuple Sénoufo. La pêche est plutôt considérée comme une activité de subsistance; Quelques agriculteurs pêchent du poisson, surtout des TILAPIA, dans le barrage de NAFOUN et le vendent au marché de SIRASSO à 400 ou 450 FCFA/kg.

La SODEPRA mène une expérience de pisciculture près de KORHOGO . Cependant cette méthode n'est pas vulgarisée à cause de sa faible rentabilité.

Les contraintes pour le développement de la pêche dans la zone d'étude sont les suivantes:

- 1) Il y a beaucoup d'ennemis naturels pour les jeunes poissons. L'alevinage est nécessaire pour augmenter la population piscicole.
- 2) Il y a beaucoup de souches au fond du barrage, ce qui rend difficile l'usage de filets pour la pêche au chalut.
- 3) Le volume d'eau dans le barrage varie selon les saisons. Le taux de mortalité du poisson croît quand le volume d'eau diminue.
- 4) Il n'y a pas d'organisation de commercialisation du poisson.

4.2 Programme de Pêche d'Eau Douce

Le développement de la pêche en eau douce est un des moyens les plus efficaces et souvent le meilleur moyen pour produire des protéines animales. Le principal but du développement de la pêche en eau douce dans le Projet est l'usage maximum des ressources en eau créées et la réponse à la demande potentielle en poisson dans la zone d'étude.

Le programme de développement de la pêche proposé est décrit ci-dessous:

- 1) Abattage des arbres et maintien de la forêt

Pour le développement futur de la pêche, les forêts situées le long du plan d'eau devront être partiellement maintenues, puisque des débris végétaux dans la retenue peuvent fournir un habitat à plusieurs espèces de poissons. La forêt située à

l'intérieur du réservoir devra être arrachée et desouchée, pour faciliter la pêche au filet future.

2) Alevinage de la future retenue sur le BOU

Les alevins qui sont produits à NATIO ou à l'IDESSA de BOUAKE seront transportés à la retenue, pour diminuer le coût de production. La demande des alevins est estimée à 15.000 tilapia et 20.000 silures. Le coût des alevins est estimé à environ 290.000 FCFA y compris les frais de transport. Ces alevins pourront être commercialisés en 1 ou 2 ans. La production du capitaine est intéressante due à son prix élevé et sa demande. Mais les alevins du capitaine ne peuvent être lâchés qu'après la moisson des autres espèces étant donné que le capitaine est un poisson prédateur.

3) Initiation des agriculteurs à la pêche

La diffusion des techniques de pêche est nécessaire, car la population senoufo n'est pas habituée à la pêche. La méthode de pêche proposée est la pêche au filet. L'IDESSA et la Direction des Eaux et Forêts du MINAGRA assureront l'encadrement.

4) Droit de pêche et collecte de taxes de pêche

Un contrôle doit être exercé sur les activités de pêche, afin de protéger la ressource piscicole d'un prélèvement excessif. Une taxe de pêche devra permettre de faire face aux premiers et futurs investissements.

5) Contrôle de la production piscicole

La production piscicole devra être continuellement contrôlée pour maintenir la production et l'alevinage renouvelé, si nécessaire.

6) Commercialisation du poisson

Les poissons produits dans le réservoir sont tout d'abord vendus au marché local par les pêcheurs individuels. Au cas où il serait possible de fournir régulièrement une quantité suffisante de poissons au marché local, il serait possible de concevoir une commercialisation normale. Les GVC de pêcheurie devront être établis afin de d'aider les pêcheurs afin d'organiser le transport aux centres de consommation ou la vente directe aux consommateurs.

On estime que la population piscicole atteindra un niveau correct en sept ans. Avec le réservoir proposé d'une superficie d'environ 2.000 ha. La production soutenue de poisson est estimée à environ 50 tonnes par an.

TABLEAUX

Tableau F.3.1 Résumé des Contraintes pour le Développement de l'Elevage avec les Solutions Correspondantes

PROBLEMES ACTUELS	NOUVEAUX PROBLEMES CREEES PAR LE PROJET	SOLUTIONS
Manque d'eau potable en saison sèche Points d'eau espacés (Longue distance entre les abreuvoirs)	Limitation de l'accès au Bou pendant la période de culture (actuellement l'eau du Bou est importante pour le bétail) Pollution de l'eau du fleuve BOU par les produits chimiques	Construction de plusieurs abreuvoirs le long des canaux sur les deux rives Construction de petites marres de type SODEPRA Le lac du nouveau barrage sur le Bou pourra aussi servir d'abreuvoir
Destruction des cultures par le bétail	(Le bétail ne sera plus autorisé à entrer sur le périmètre pour éviter les destructions de cultures)	Développer les discussions entre les paysans et les peuples Peuhls Construction de routes traversant la Vallée du Bou en saison de culture
Difficulté des mouvements du bétail en saison des pluies (le pont de Sirasso est le seul passage sur le Bou, pour le bétail)	Difficulté des mouvements du bétail (Le bétail ne sera plus autorisé à entrer sur le périmètre pour éviter les destructions de cultures)	Construction de ponts sur le canal et sur le Bou Fixation de passages traversant la vallée du Bou en période de récolte
Manque de pâturage en saison sèche	Baisse des pâturages par l'aménagement de la retenue, du périmètre d'irrigation et l'installation de nouveaux paysans	Extension des pâturages par installation de pièges à tsetse dans le sud-ouest de la sous-préfecture de Sirasso reconnu actuellement comme étant très infecté par la trypanozoma Plantation d'herbe autour du nouveau lac Plantation d'arbres fourragers Promotion de l'utilisation de sous-produits tels que : son de riz, coque de coton pour alimentation additionnelle du bétail

FIGURES

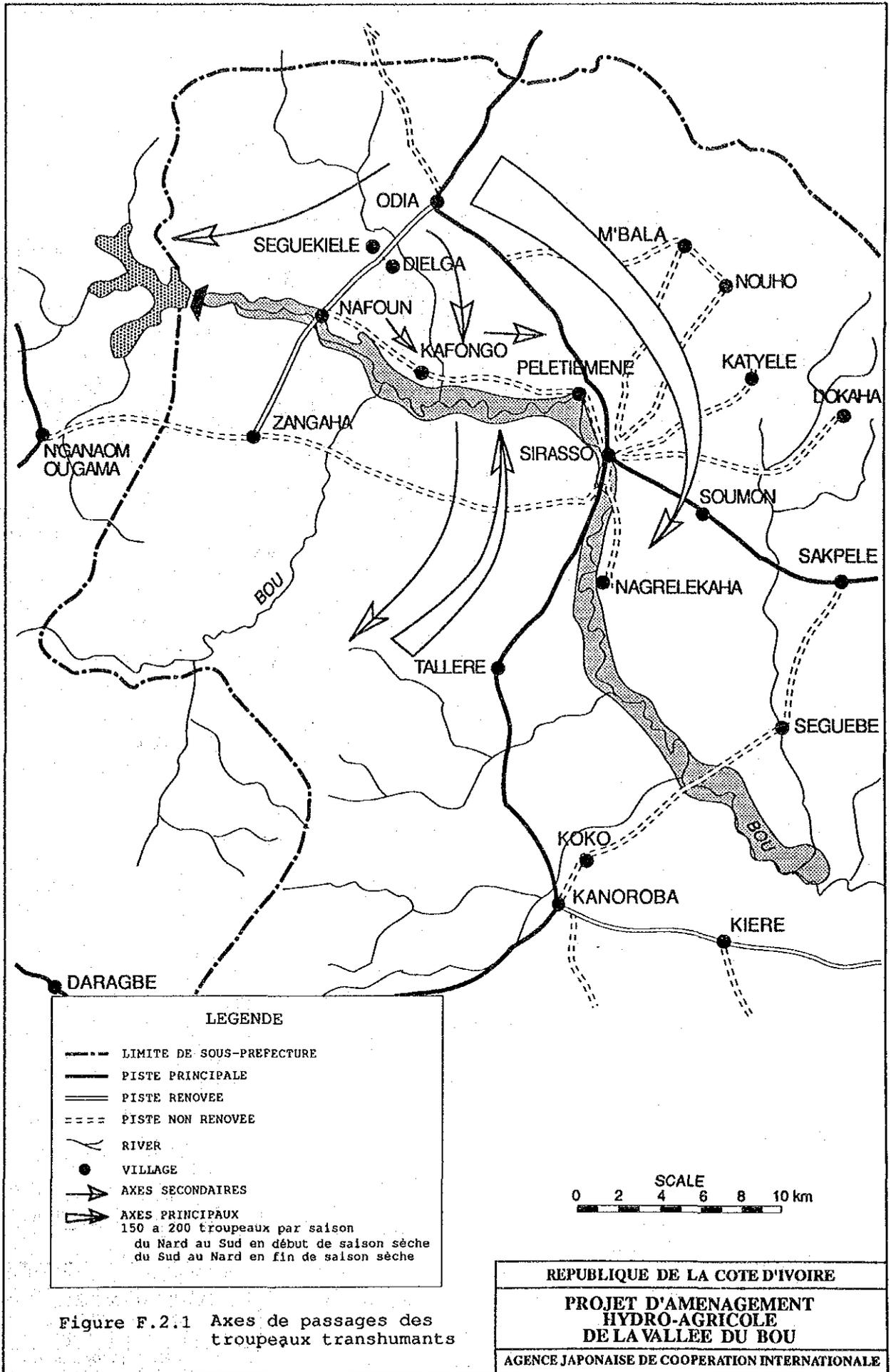


Figure F.2.1 Axes de passages des troupeaux transhumants

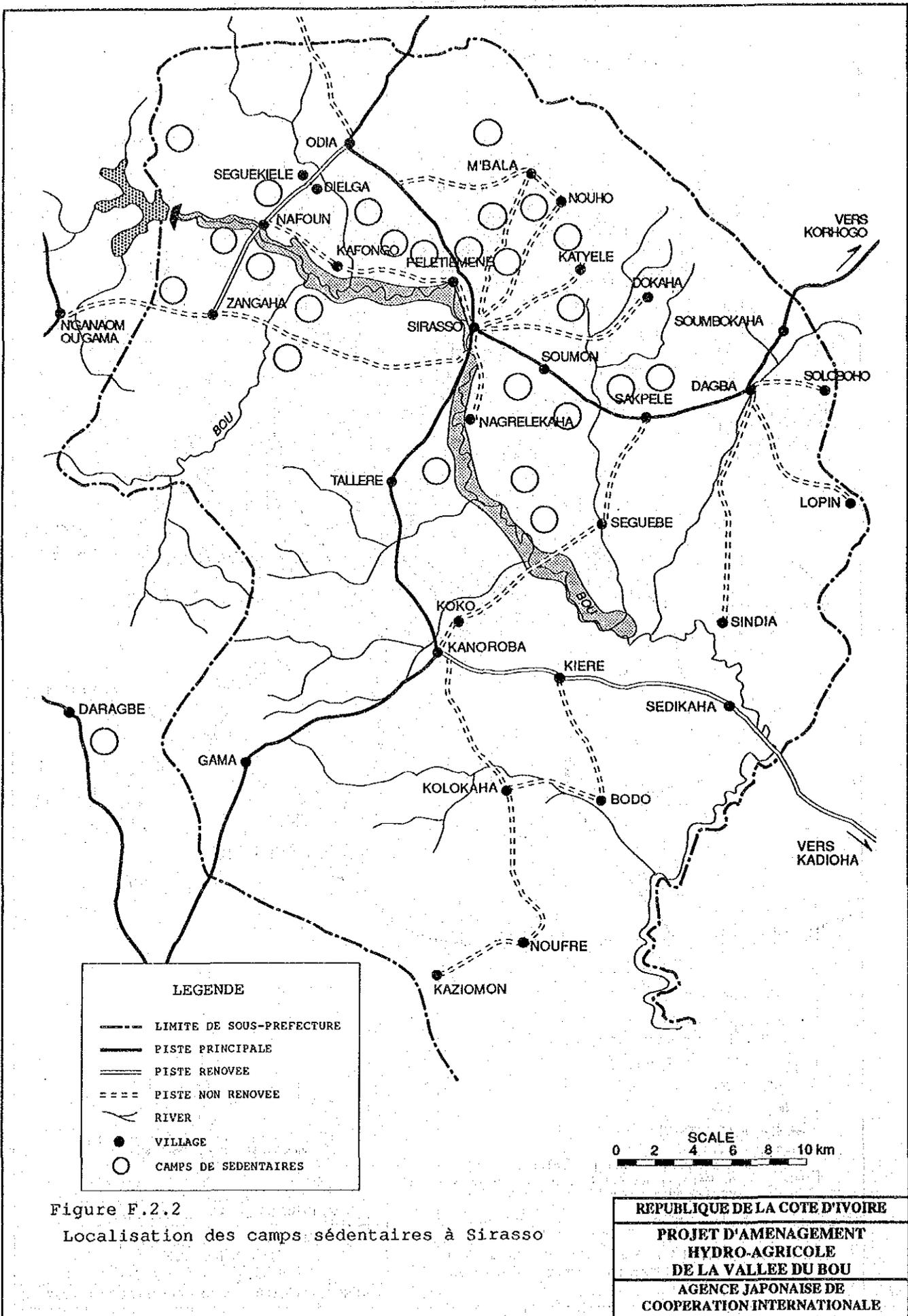


Figure F.2.2
Localisation des camps sédentaires à Sirasso

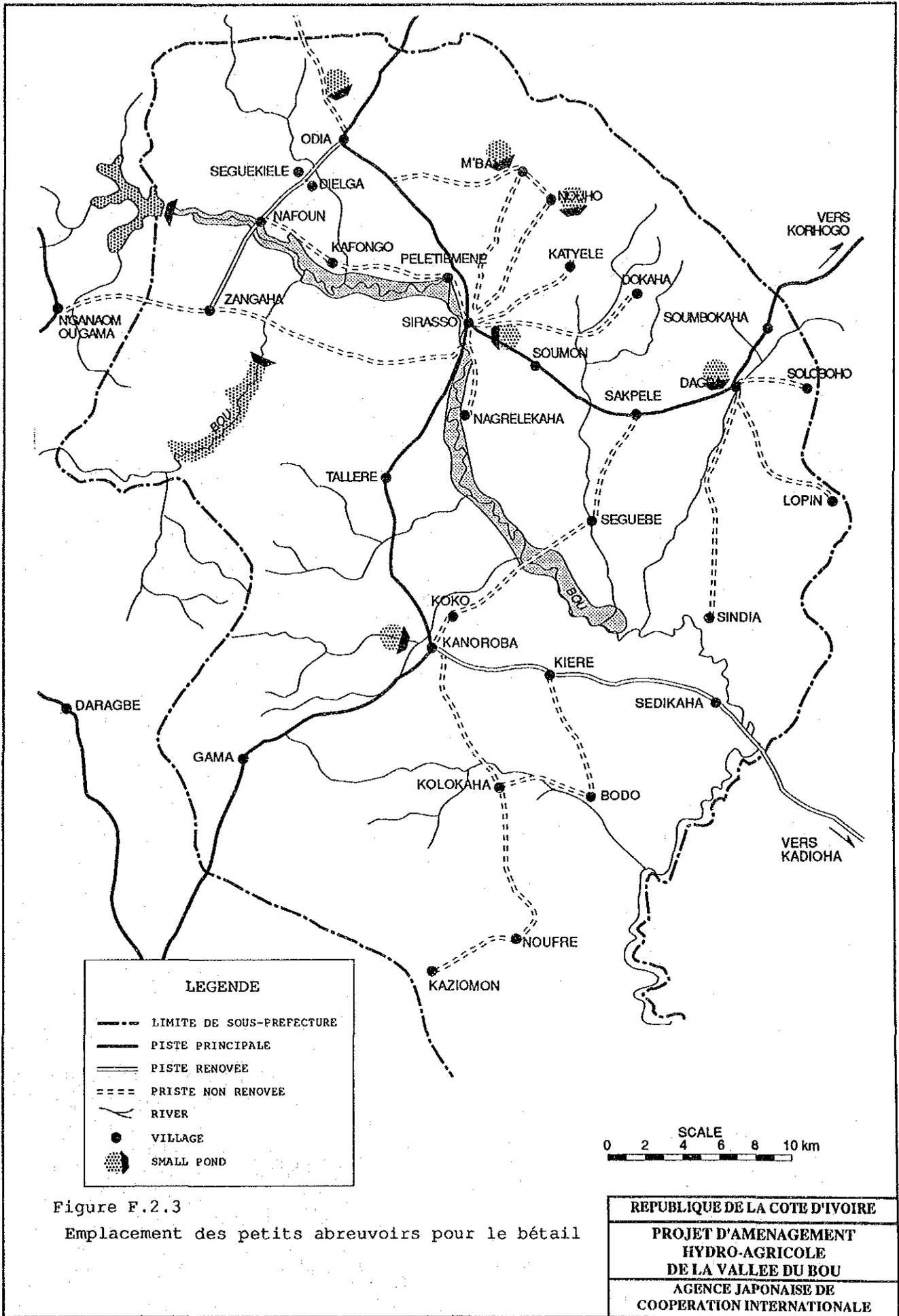


Figure F.2.3
Emplacement des petits abreuvoirs pour le bétail

ANNEXE-G

LE BARRAGE ET LA RETENUE

ANNEXE G LE BARRAGE ET LA RETENUE

TABLE DES MATIERES

	Page
CHAPITRE 1 INTRODUCTION	G-1
1.1 Généralités	G-1
1.2 Sélection du Site de Barrage	G-1
1.3 Etudes Réalisées	G-2
CHAPITRE 2 ETUDES HYDRO-METEOROLOGIQUE	G-3
2.1 Généralités	G-3
2.2 Apports Moyens	G-3
2.3 Etude des Crues	G-3
2.4 Evaporation	G-3
2.5 Le Vent	G-4
CHAPITRE 3 ETUDES GEOLOGIQUES ET GEOPHYSIQUES	G-5
3.1 Géologie Générale	G-5
3.2 Géologie du Site	G-6
3.3 Géotechnique	G-7
3.4 Zones d'Emprunt	G-9
3.5 Hydrogéologie	G-11
3.6 Apports Solides	G-12
CHAPITRE 4 BESOINS EN EAU ET VOLUME DE LA RETENUE ..	G-13
4.1 Schéma Cultural et Besoins en Eau	G-13
4.2 Evaporation et Infiltration	G-13
4.3 Gestion de la Retenue	G-14
CHAPITRE 5 AVANT-PROJET SOMMAIRE DU BARRAGE ET OUVRAGES ANNEES	G-15
5.1 Barrage	G-15
5.1.1 Choix du type de barrage	G-15
5.1.2 Calculs de stabilité	G-16
5.2 Tour de Prise et d'Evacuation de Crues ..	G-18
5.2.1 Ecrêtage de la crue et etude d'optimisation	G-18
5.2.2 Tour de prise et d'evacuation des crues	G-19
5.3 Chambre de Vannes	G-21
5.4 Protection et Drain de Pied	G-21
5.4.1 Protections des talus et de la crête	G-21
5.4.2 Drain de pied	G-22
APPENDICE-1 DONNEES CONCERNANT LE BARRAGE DE NAFOUN	G-23
APPENDICE-2 EVALUATION DES APPORTS SOLIDES	G-26
APPENDICE-3 CALCUL DE LA REVANCHE	G-27

LIST OF TABLES AND FIGURES

	Page
Tableau G.3.1	Essais de perméabilité LEFRANC et LUGEON GT-1
Tableau G.3.2	Resultats de essais de laboratoire; Compressibilité, perméabilité a l'oedomètre GT-2
Tableau G.3.3	Mesures des vitesses de filtration au site de barrage et dans la retenue GT-3
Tableau G.3.4	Bonnées géotechniques GT-5
Tableau G.4.1	Simulation de gestion du barrage sur le Bou GT-7
Tableau G.5.1	Caracteristiques du barrage sur le Bou GT-14
Tableau G.5.2	Ecretage de la crue millenale par le barrage sur le Bou GT-15
Tableau G.A-1	NAFOUN dam operation GT-16
Figure G.1.1	Situation du projet GF-1
Figure G.1.2	Situation le barrage du Bou GF-2
Figure G.3.1	Esquisse géologique GF-3
Figure G.3.2	Plan d'implantation des bases sismiques et sondages carottés et pénétrométriques GF-4
Figure G.3.3	Coupe longitudinale selon l'axe du barrage GF-5
Figure G.3.4	Localisation des zones d'emprunt ... GF-6
Figure G.3.5	Localisation des emprunts de sable et gravier GF-7
Figure G.4.1	Capacite optimum de la retenue GF-8
Figure G.5.1	Barrage sur le Bou: Coupe transversale GF-9
Figure G.5.2	Courbes hauteur - volume - surface GF-10
Figure G.5.3	Calcul de l'infiltration au droit de la digue GF-11
Figure G.5.4	Calcul de stabilite - talus amont . GF-12
Figure G.5.5	Calcul de stabilite - talus aval ... GF-13
Figure G.5.6	Débits écrêtes par le barrage pour 6 hypothèses d'évacuateur de crues GF-14
Figure G.5.7	Optimisation du barrage et de l'évacuateur de crues GF-15
Figure G.5.8	Coupe transversale selon la tour et la cambre de vannes GF-16
Figure G.5.9	La tour de prise et d'évacuation de crues GF-17
Figure G.5.10	Chambre de vannes GF-18

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

1.1 Généralités

Le projet de mise en valeur hydro-agricole de la vallée du BOU repose sur le concept de base d'"utilisation maximum de la terre et des ressources en eau dans la zone, selon un schéma rentable, adapté, efficace". Il doit donc tendre à utiliser au maximum les ressources disponibles pour répondre aux objectifs prioritaires d'augmentation de la production agricole, de plein emploi de la population et de l'accroissement de son niveau de vie. Dans cette optique, la réalisation d'un barrage sur le Bou a été prévue et est expliquée d'après.

1.2 Sélection du Site de Barrage

Le rapport d'avancement d'août 1990 a indiqué la démarche utilisée pour le choix des sites sur le Bou et ses affluents; le rapport intérimaire d'octobre 1990 a permis d'affiner le choix et de ne retenir que deux sites, l'un sur le FATAH et l'autre sur le BOU. Compte tenu de l'alternative choisie (alternative-3), avec utilisation maximum des ressources en eau et en sols pour des cultures de riz, maïs et coton, c'est le site D sur le BOU qui a été retenu (Figures G.1.1 et G.1.2).

Les études topographiques et géotechniques entreprises en début de deuxième phase (janvier - mars 1991) ont permis de préciser ce choix. Quatre sites voisins du site D (sites 101 à 103) ont été étudiés, ce qui a permis d'implanter le barrage en fonction du meilleur rapport volume d'eau stocké/volume du barrage.

C'est en définitive le site situé 2 km à l'amont du site D qui a été sélectionné (site 103).

Le tableau ci-dessous indique pour les quatre sites étudiés le rapport du volume d'eau stocké au volume du barrage:

SITE	103	102	101	100
rapport capacité/V digue	431	422	297	327

On notera que ce rapport est exceptionnellement favorable pour l'ensemble des sites, à cause de la très faible pente longitudinale de la vallée, et légèrement meilleur pour le site 103 situé le plus à l'amont.

1.3 Etudes Réalisées

En plus de l'étude hydrologique menée de juin à août 1990 et des stations de jaugeage installées (ANNEXE A), des études topographiques et géologiques ont été réalisées pour préciser:

- le volume de la retenue et du barrage en fonction des ressources en eau à stocker;
- la profondeur du bed-rock, sa nature et sa perméabilité.

L'étude topographique réalisée par la Société GTS a été conduite en janvier et février 1991. Les levés suivants ont été effectués:

- levé au 1/10000 ème de la totalité de la retenue jusqu'à DJIGBE au SW et jusqu'au confluent du BOU et de la MERYNDIA, où il se raccorde avec le plan existant au 1/5000 ème. L'équidistance des courbes de niveau est de 1 m. Le levé effectué est de 7500 ha.
- levé au 1/2000 ème du site de barrage (28,5 ha)
- levé du lit mineur du BOU, entre le confluent avec la MERYNDIA et le site de barrage.
- sections transversales de la vallée du BOU
- rattachement au nivellement général de Côte d'Ivoire.

Les principaux résultats recueillis sont résumés ci-dessous:

CHAPITRE 2 ETUDES HYDRO-METEOROLOGIQUE

2.1 Généralités

Les données hydro-climatologiques et le résultat des études entreprises font l'objet de l'ANNEXE A. On rappellera seulement ici les résultats essentiels, utiles pour le projet de barrage:

2.2 Apports Moyens

Les apports moyens annuels ont été évalués à 88 millions de m³. On notera pourtant l'extrême irrégularité de ces apports, puisque, sur la période simulée, ils varient au site de barrage, de 1.5 Mm³ (en 1983) à 314 Mm³ (en 1974). Ils sont habituellement répartis de juillet à novembre.

2.3 Etude des Crues

Les caractéristiques des crues ont également été définies à l'ANNEXE A.

La crue millénaire calculée a les caractéristiques suivantes:

- débit maximum: 543 m³/s (débit de pointe)
- temps de base de l'hydrogramme: 48 heures
- volume total de crue: 47 millions de m³.

Les caractéristiques de la crue décennale prise en compte comme crue de chantier sont:

- débit maximum: 137 m³/s
- temps de base de l'hydrogramme: 48 heures
- volume total de crue: 11,8 millions de m³

2.4 Evaporation

On rappellera les données d'évaporation qui figurent ANNEXE A. L'évaporation Piche est mesurée à KORHOGO aéroport; l'ORSTOM a procédé à des mesures au bac COLORADO à BOUNDIALI.

On retiendra pour le projet les valeurs suivantes:

	jan	fév	mar	avr	mai	jui	jui	aoû	sep	oct	nov	dec	Total
PICHE	270	233	216	150	115	81	68	60	59	87	135	220	1.694
BAC	184	185	242	244	186	159	146	131	129	171	162	176	2.115

Les données obtenues à partir des observations du plan d'eau à NAFOUN ont conduit à estimer les pertes sur une grande surface d'eau libre à 50% de l'évaporation BAC ci-dessus.

2.5 Le Vent

La vitesse du vent est maximum en mars: 4,8 m/s. L'harmattan souffle du NE de décembre à février. On ne possède pas de données sur les vitesses maximum; la valeur prise en compte pour le calcul des vagues sur le réservoir est de 100 km/heure.

CHAPITRE 3 ETUDES GEOLOGIQUES ET GEOPHYSIQUES

3.1 Géologie Générale

Les formations géologiques de la région appartiennent à l'ère paléozoïque et au complexe éburnéen, constituées essentiellement de granites et de schistes. (voir Figure G.3.1, Carte géologique)

Les directions structurales principales sont NNE SSW, les granites occupant l'ouest d'une ligne approximative GBON-BOUNDIALI-KEBI et l'est de SIRASSO, tandis que les schistes se trouvent dans la partie centrale de la zone d'étude et constituent la dépression dont la partie centrale est occupée par la vallée du BOU. Des ortho-gneiss affleurent au sud de DJIGBE et des quartzites à l'ouest de TAILLÈRE.

Les formations récentes comprennent la latérite, la cuirasse latéritique, les formations sablo-argileuses des bas-fonds et des pentes, et des dépôts de faible épaisseur d'argile et de vase dans les lits mineurs des cours d'eau. Ces dépôts deviennent généralement plus sableux dès qu'on s'éloigne du fond des vallées. La cuirasse latéritique occupe souvent les plateaux en position horizontale, mais descend parfois sur les pentes et jusqu'aux bas fonds. Des affleurements de cuirasse ont été observés dans les lits mineurs, du BOU en particulier.

On a pu observer aussi que les cours d'eau actuels s'établissaient parfois à la limite de la cuirasse.

De nombreuses failles ont été repérées sur les photographies aériennes. On peut les suivre sur deux à trois kilomètres généralement, puis elles sont relayées par d'autres et décrochées par des accidents qui leur sont perpendiculaires.

Ces accidents sont soulignés par la forme très particulière du réseau hydrographique qui présente de brusques changements de direction (réseau en baionnette). Leur direction dominante est NNE SSW.

En outre, une zone mylonitique a été mise en évidence sur la carte géologique au niveau de YRIKELE-SISSEDOUGOU. De direction NNE SSW également, elle correspond vraisemblablement à un accident tectonique majeur qui coupe probablement la vallée du BOU et constitue une zone de circulation préférentielle pour les eaux souterraines.

3.2 Géologie du Site

Sept sondages carottés ont été réalisés sous la direction du LBTP, cinq au site choisi, un 200 m plus à l'amont et un 1000 m à l'aval. (situation; Figure G.3.2)

Le matériel utilisé était une sondeuse Bonne Espérance B61. Le bed-rock a été atteint à des profondeurs variables, entre 14 et 35 m. On peut schématiquement distinguer de haut en bas:

- Série "rouge", à dominante latéritique en surface, de trois à dix mètres d'épaisseur, avec passées argileuses parfois très plastiques.
- Série "jaune", argilo-sableuse provenant d'altération, avec quelques passées de 1 à 4 mètres de lentilles graveleuses ou brêchiques observées près du lit mineur (sondages S1, S2, S3).
- Série "verte", d'altération, parfois sous forme d'arene, annonçant les roches sous-jacentes.
- roche verte, de type gabbro, fracturée en haut, avec localement traces de serpentine. Cette roche devient très massive (au forage S1 qui a été poursuivi jusqu'à 40 mètres). Ce substratum a été rencontré dans les sept forages au site.

Aucun affleurement de roche verte n'a été rencontré au voisinage du site. Les deux seuls affleurements identifiés à l'est du site sont:

- des schistes et quartzites, à 2,5km environ à l'est du site, qui forment un petit relief
- des schistes affleurant sur la piste SIRASSO-ZANGAHA

La corrélation des forages entre eux est très difficile et ne peut être faite avec certitude. Cela témoignerait en faveur d'accidents tectoniques longitudinaux (la corrélation paraissant meilleure selon l'axe de la vallée, entre les sondages S1, S2 et S3).

L'examen des photographies aériennes a conduit, comme on l'a vu, à mettre en évidence une série d'accidents longitudinaux et transversaux.

Ces accidents pourraient fournir une explication à la difficulté de corrélation entre les forages et aux différences de cotes où le bed rock a été atteint.

Ce sont très vraisemblablement des accidents anciens qui ne sont pas un obstacle à la construction du barrage,

bien qu'ils puissent constituer une zone d'alteration et de circulation préférentielle contre laquelle il faudra se prémunir.

3.3 Géotechnique

Les études géotechniques entreprises ont comporté la réalisation de 7 sondages carottes, une série d'essais LEFRANC et LUGEON.

Des profils de sismique réfraction ont été réalisés selon 3 axes. Ils ont permis de mettre en évidence plusieurs discontinuités dans le remplissage alluvionnaire, mais n'ont pas permis le repérage du toit du substratum, trop profond.

Les sondages au pénétromètre dynamique lourd ont été généralement arrêtés sur des horizons de cuirasse dure, sauf près du lit mineur où ils ont atteint des horizons détritiques vers 9 m de profondeur.

Enfin, une série de 200 tranchées et des essais de laboratoire ont permis de reconnaître les fondations du barrage et les zones d'emprunt.

Toutes ces études et essais sont décrits aux ci-dessous.

(1) Etude Géophysique

Cette étude a été réalisée par sismographe "BISON" 1570C. La profondeur d'investigation ne dépasse pas 20 mètres et n'a pas permis de repérer le toit du substratum rocheux. Les horizons suivis sont des niveaux situés à l'intérieur du recouvrement.

La seule information d'ordre tectonique concerne le site A (axe du barrage retenu) où, en rive gauche, deux anomalies ont été mises en évidence entre les sondages carottes S5 et S6. Elles correspondent aux accidents tectoniques longitudinaux dont il a déjà été question.

L'implantation des sondages sismiques est localisée sur la Figure G.3.2. La FIGURE G.3.3 donne le profil en long enregistré selon l'axe du barrage.

(2) Mesure de perméabilité

Deux types d'essais de perméabilité ont été réalisés :

- essais dans les forages, LUGEON lorsque cela était possible, dans la roche saine, LEFRANC dans les alluvions.

- essais de laboratoire de compressibilité/perméabilité, mesurés à l'oedomètre.

Le Tableau G.3.1 ci-contre donne les résultats des essais des forages. Les essais LEFRANC intéressant les zones altérées sous la couche superficielle d'argile lateritique. Les valeurs de perméabilité obtenues sont de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-7} m/s, ce qui est relativement faible.

Les essais LUGEON intéressent la partie supérieure du bed-rock, altérée et fracturée. Les valeurs obtenues (0.44 et 2.20 Lugeon) correspondent à des roches peu perméables, ce qui laisse supposer en profondeur des horizons pratiquement imperméables.

Les résultats des essais oedométriques réalisés sont donnés au TABLEAU G.3.2. Ils concernent la zone altérée sous la couche lateritique. Les valeurs trouvées sont du même ordre de grandeur que les essais dans les forages: 10^{-6} à 10^{-7} m/s.

(3) Essais de terrain

ESSAIS PENETROMETRIQUES DYNAMIQUES LOURDS

Les 18 essais effectués ont été faits selon les trois axes envisagés au cours des reconnaissances géotechniques: AXE A, au site retenu, AXE B, 300m à l'amont du site retenu, AXE C, 1800 m à l'aval du site retenu.

Le matériel utilisé est un pénétromètre dynamique lourd, à pointe de 44 mm de diamètre.

Ces sondages ont généralement été arrêtés à quelques dm de la surface du sol par la cuirasse lateritique. Seuls, les sondages situés à moins de 200 m du lit mineur du BOU ont atteint des refus à des profondeurs plus grandes, de l'ordre de 9 mètres, mais le niveau rencontré là correspond à une limite à l'intérieur de la zone d'altération, et non à une limite du substratum, comme les forages l'ont montré.

MESURE DES VITESSES DE FILTRATION

Une série de 44 mesures de vitesses de filtration au double cylindre a été effectuée en amont du site de barrage, dans le lit majeur du BOU.

Les résultats des tests sont donnés à Tableau G.3.3. Les valeurs observées ont une moyenne de $1,4 \times 10^{-5}$ m/s

Ce résultat doit être considéré comme satisfaisant étant donnée la nature des essais effectués sur un sol incomplètement saturé.

(4) Essais de laboratoire

Les essais réalisés par le LBTP avaient pour buts l'identification des terres, la connaissance des densités et des limites d'ATTERBERG, la mesure des compressibilités et perméabilités, ainsi que des valeurs de cohésion et d'angles de frottement interne.

Ils ont porté sur les fondations du barrage et sur les différentes zones d'emprunt possibles a proximité du site.

L'ensemble des résultats est résumé dans le tableau G.3.4 ci-dessous.

La plupart des échantillons analysés est a nette dominante argileuse. Les limites d'ATTERBERG sont de:

35 à 66 % pour les limites de liquidité
19 à 49 % pour les limites de plasticité

La teneur en eau naturelle est de l'ordre de 20 à 25%, alors que l'Optimum PROCTOR est entre 12 et 26 % La plupart des terres d'emprunt risquent d'être au voisinage de l'Optimum, ce qui devrait faciliter le compactage.

Enfin, les mesures de cohésion et d'angle de frottement interne ont été faites à la boîte de Casagrande et a l'appareil triaxial.

Les valeurs trouvées sont assez différentes selon les types d'essai:

essai de cisaillement:	C = 0,15 bar	Phi = 28,5°
essai triaxial:	C = 0,64 bar	Phi = 6,25°

On peut rapprocher ces valeurs de celles trouvées a NAFOUN:

essai de cisaillement:	C = 0,78 bar	Phi = 18,75°
essai triaxial:	C = 0,38 bar	Phi = 12°

3.4 Zones d'Emprunt

Les matériaux nécessaires à la construction du barrage sont ceux du remblai, qui doivent être nécessairement a proximité du site (normalement moins de un km) et les matériaux des filtres et protections, dont les quantités demandées sont plus faibles, qui peuvent être recherchés à de plus grandes distances.

CORPS DE DIGUE

Les zones d'emprunt pour les matériaux argileux ont été déterminées en quatre endroits (FIGURE G.3.4):

- a) dans le lit mineur du BOU, immédiatement à l'amont du site choisi (3 ha).
- b) en rive gauche, dans l'axe du site, à 600m environ de l'extrémité ouest du futur barrage (36 ha).
- c) au sud ouest à l'aval du site, à 1km environ, dans une vallée affluente de rive gauche (20 ha).
- d) en rive droite, dans l'axe du site, à 200m environ de l'extrémité. Est du futur barrage (4 ha).

200 tranchées de reconnaissance ont été réalisées. La deuxième zone paraît la plus intéressante, en qualité et en quantité. Au total, 63 ha de zones d'emprunt possibles ont été inventoriées.

En admettant une épaisseur minimum de 2 m dans les zones reconnues, ce sont au minimum 1,3 Mm³ qui sont disponibles pour la construction du barrage. La zone B, et dans une moindre mesure, la zone D, paraissent les plus intéressantes puisque situées à proximité du barrage et dans le prolongement de l'axe, ce qui est très favorable pour l'organisation du chantier. La zone A, immédiatement à l'amont du site, pourra être utilisée, dans la mesure où la couche de latérite n'est pas entièrement décapée, ce qui risquerait d'augmenter le débit de fuite sous le barrage.

Enfin, une partie des déblais excavés des fondations du barrage pourra être réutilisée en remblai compacte ou comme enrochement pour le bassin de dissipation d'énergie.

FILTRES

Le sable fin existe à proximité du site, mais n'a pas été rencontré en quantité notable. Il existe par contre en grande quantité à 3 km au nord de SIRASSO où il constitue une terrasse sur la rive gauche du BOU, à PELETCHIMELE et où il est exploité localement. Les quantités disponibles sont très supérieures aux besoins du chantier (FIGURE G.3.5)

Le gravier de bonne qualité n'est pas connu dans la région. Les gisements signalés sont ceux de KOUTO et LATAHA mais les graviers de quartz ne sont pas suffisamment roulés pour constituer des filtres. Ils pourraient par contre être utilisés pour le béton.

Le seul gisement de gravier de quartz connu dans la région est celui de TORTILLA, 80 km au SE du site, qui peut fournir un matériau bien roulé et d'excellente qualité. Il est vivement recommandé d'utiliser ce gravier en dépit de la distance de transport, en raison de l'importance d'un bon drainage pour le barrage.

COUCHES DE TRANSITION

Les matériaux de transitions, sous les protections de talus, doivent avoir une granulométrie très étalée. On recommandera l'utilisation des sables fins disponibles et du tout-venant des gisements repérés à proximité du site.

ENROCHEMENTS

Les besoins en enrochements sont réduits, en raison du choix de la protection des talus qui a été fait, comme on le verra plus loin.

Les seuls besoins concernent le bassin de dissipation d'énergie situé au débouché du dalot évacuateur de crues, au raccordement avec le lit mineur du BOU. Les enrochements provenant des fondations du barrage et du creusement de l'évacuateur de sécurité en rive gauche du site, à la cote 366,00, devraient être suffisants.

3.5 Hydrogéologie

On a déjà noté, tout le long de la vallée du BOU, l'existence de puits permanents utilisés pour l'abreuvement des agriculteurs qui y séjournent temporairement et pour leur bétail. Ils sont utilisés également en cas de tarissement des puits de plateau, sans qu'on puisse conclure pour autant qu'ils aient de bonnes caractéristiques aquifères: les quantités prélevées demeurent faibles.

La nappe phréatique a été atteinte à des profondeurs de l'ordre de 4m sous le lit majeur du BOU.

Les tranchées de reconnaissance effectuées et les forages ont montré une couverture à dominante argileuse dans les dix premiers mètres, puis des passées formées de roches altérées, argileuses ou franchement sableuses, constituant un cheminement privilégié pour l'eau. L'épaisseur de ces formations perméables est très variable, en fonction de la profondeur du bed-rock. Les valeurs de perméabilité obtenues au cours des essais effectués dans les forages sont de:

- $10.E^{-8}$ m/s pour la couche latérale superficielle
- $1,5.x 10^{-6}$ m/s pour la couche altérée à dominante arénitique

- 10^{-7} m/s pour la roche saine.

3.6 Apports Solides

Les observations faites au barrage de NAFOUN (Appendice-1) ont montré qu'ils étaient très réduits. C'est pourquoi on a adopté une valeur d'apport de $120 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$ pour le barrage sur le BOU, ce qui conduit à réserver une tranche morte de 6 millions de m^3 pour ces apports solides. Les explications détaillées sont données Appendice-2.

CHAPITRE 4 BESOINS EN EAU ET VOLUME DE LA RETENUE

4.1 Schéma Cultural et Besoins en Eau

Le schéma cultural optimum est celui de 20% en double culture de paddy, et de 80% de coton en saison des pluies, avec maïs ou autres cultures en saison sèche. Les besoins en eau pris en compte sont les suivants:

(Unité: lit/sec/ha)

Mois		Module	Mois		Module
Jan	1ère	0,00	Juil	1ère	0,00
	2ème	0,48		2ème	0,09
	3ème	0,86		3ème	0,08
Fév	1ère	1,33	Aoû	1ère	0,06
	2ème	1,34		2ème	0,00
	3ème	1,49		3ème	0,00
Mar	1ère	1,55	Sep	1ère	0,00
	2ème	1,51		2ème	0,05
	3ème	1,74		3ème	0,13
Avr	1ère	1,76	Oct	1ère	0,85
	2ème	1,43		2ème	1,18
	3ème	0,76		3ème	1,24
Mai	1ère	0,59	Nov	1ère	1,25
	2ème	0,26		2ème	0,84
	3ème	0,14		3ème	0,25
Juin	1ère	0,04	Déc	1ère	0,11
	2ème	0,00		2ème	0,00
	3ème	0,00		3ème	0,00

Le principe de stockage maximum de la ressource en eau a été admis, même s'il conduit à un léger sur-dimensionnement de l'ouvrage, en vue d'une meilleure garantie de la ressource et afin de permettre des adaptations éventuelles du schéma cultural à de nouveaux besoins ou à des conditions de marché différentes.

4.2 Evaporation et Infiltration

L'étude des niveaux d'eau observés au barrage de NAFOUN conduit à prendre en compte une évaporation qui est égale à 50% de l'évaporation observée sur bac et une infiltration égale à 0,1 l/s par hectare de retenue en eau. L'ensemble de ces deux hypothèses rend compte assez fidèlement des variations observées du plan d'eau en fonction des apports, observées depuis la construction du barrage.

4.3 Gestion de la Retenue

La simulation de gestion du barrage a été reprise en tenant compte d'une évaporation égale à 50% de l'évaporation bac et d'infiltration égale à 0,2 l/s/ha de retenue, dans l'hypothèse d'une culture comportant 20% de riz et 80% de maïs et coton (RAPPORT FINAL et ANNEXE D).

La simulation est résumée au TABLEAU G.4.1.

On rappellera que le barrage a été conçu dans l'hypothèse d'une récupération maximum des ressources en eau. Le dimensionnement de la retenue résulte de l'optimisation réalisée dont le graphique est reproduit ci-contre (Figure G.4.1). Ce tableau montre que la capacité optimum de la retenue est la même quelles que soient les cultures choisies.

CHAPITRE 5 AVANT-PROJET SOMMAIRE DU BARRAGE ET DES
OUVRAGES ANNEES

5.1 Barrage

5.1.1 Choix du type de barrage

Les solutions "barrage rigide", barrage-poids en béton ou barrage RCC, en béton de terre compacte au rouleau, ne peuvent être retenues puisque les fondations du barrage sont constituées par des alluvions hétérogènes: arènes et sables, argiles, argiles sableuses, graviers.

On ne peut penser ancrer le barrage sur la roche saine en raison de la profondeur du bed-rock: jusqu'à 35 m, et de la longueur de digue (1092 m).

Deux solutions sont alors envisageables: barrage en terre ou en enrochement. La comparaison des deux solutions a été faite selon les hypothèses suivantes:

- barrage en terre: pentes des parements de 2,5/1 et 2/1, avec filtres aval, drain de pied et protection de type ARMATER.
- barrage en enrochements: pentes de parements: 1,6/1, avec noyau d'étanchéité central en terre compactée et couche de transition de 2 m d'épaisseur. Les autres aménagements ont été considérés comme étant identiques dans les deux cas.

POSTE	BARRAGE EN TERRE		BARRAGE EN ENROCHEMENTS	
	quantité	prix (MF)	quantité	prix (MF)
remblai	306.000	428	82.000	115
enrochement	0	0	103.000	1.030
transition	23.000	46	44.600	89
protections	46.000	230	0	0
filtre aval	10.600	106	0	0
ouvrages				
annexes		120		120
injections		553		553
total		1.483		1.907
divers		148		191
TOTAL		1.631		2.098

Le coût total du barrage en enrochements est 29% supérieur à celui du barrage en terre.

Il faut noter que le coût des enrochements a été estimé à 10.000 F/m³ en raison de la quantité fournie (plus de 100.000m³). Il n'est pas sûr que ce prix puisse être réduit

à cause des distances de transport nécessaires pour cette quantité.

La solution du barrage en terre a donc été retenue dans le projet.

5.1.2 Calculs de stabilité

(1) Dam embankment

Le barrage (FIGURE G.5.1) sera constitué par une digue en terre de hauteur maximum 18,65 m. Les caractéristiques en sont données au TABLEAU G.5.1

Les courbes hauteur/volume/surface sont données FIGURE G.5.2.

La hauteur de l'ouvrage résulte:

- de la tranche morte, d'un volume de 6 Mm³, qui sera stocké jusqu'à la cote 257,00;
- de la capacité utile du barrage, 90 Mm³, entre les cotes 357,00 et 364,00;
- de l'écrêtement de la crue millénale par la retenue, entre les cotes 364,00 et 365,78;
- de la revanche, 1,55 m, calculée Appendice-3
- d'une protection de grave latéritique de 0.22m

La crête de digue est donc à la cote 367,55.

La digue est zonée, avec un noyau central et deux flancs. Les pentes des parements (2,5/1 à l'amont et 2/1 à l'aval) résultent des calculs de stabilité exposés sous-section (2) ci-dessous. Un filtre en sable fin est prévu au tiers aval du barrage, et un drain de pied au pied du parement aval. L'étude des infiltrations à travers l'ensemble constitué par le barrage et sa fondation conduit à descendre les fondations à 8 m sous le terrain naturel dans l'axe de la vallée, et à le prolonger par des injections de ciment/bentonite, jusqu'à des profondeurs de 20 à 35 m. Des puits de décompression sont prévus sous le talus aval et à l'aval du barrage.

(2) Calcul de stabilité et d'infiltration dans le barrage

Les calculs de stabilité et d'infiltration dans le barrage ont été faits en utilisant les programmes STABRD et SEEP du VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE par KAI SIN WONG et DUNCAN.

SEEP: ce programme utilise une méthode a elements finis pour étudier les écoulements dans l'ensemble digue/fondation. Il permet aussi de vérifier l'influence d'un équipement tel que voile d'injection, épaisseur d'un filtre, puits de décompression...

La ligne de saturation a été construite par la méthode de la parabole de COSSENY.

Les paramètres physiques utilisés dans les calculs sont donnés a tableau ci-dessous.

UNIT	Cohesion (t/m ²)	Angle de frottement interne (Phi ∞)	Perméabilité (K m/s)
CORP DU BARRAGE			
- Couche de transition	0,0	45	1.5 x 10 ⁻⁶
- Flanc aval	1,0	25	1 x 10 ⁻⁷
- Noyau, au-dessus de la ligne	1,5	28	1 x 10 ⁻⁹
- Flanc amont	1,8	27	1 x 10 ⁻⁷
- Noyau, sous la ligne de saturation	2,2	26	1 x 10 ⁻⁹
FONDATION			
- Latérite	2,0	20	1 x 10 ⁻⁸
- Roche altérée	1,0	35	1.5 x 10 ⁻⁶
AUTRES MATERIAUX			
- Puits de filtration aval			1 x 10 ⁻⁴
- Voile d'étancheite			1 x 10 ⁻⁹

Les calculs faits (FIGURE G.5.3) ont montré que:

- il faut prévoir un voile d'étanchéité dans l'axe de la digue, jusqu'au bed-rock, c'est a dire a des profondeurs de 20 à 35m compte tenu de la forte altération des couches sus-jacentes au bed-rock.
- les puits de décompression à l'aval permettront d'éviter les sous-pressions, sans augmenter les débits de fuite.
- les débits de fuite calculés sont de 0,236 x 10⁻⁵ m³/s au droit de la digue (en fait l'ensemble des débits de fuite sera supérieur, puisqu'ils concernent la totalité de la retenue)

STABRD calcule le coefficient de sécurité dans le cas d'une vidange rapide avec les méthodes de surfaces de glissement circulaires (méthode de BISHOP et méthode ordinaire des tranches). Le programme fournit la valeur la plus faible trouvée.

Le calcul a été fait pour les talus amont et aval.

STABILITE AMONT: elle a été vérifiée en cas de vidange rapide jusqu'à la cote 367 (cote minimum), à partir des paramètres physiques trouvés au cours des essais de laboratoire. Huit séries de cercles ont été étudiées.

Le facteur minimum de sécurité est de 1,7 pour le cercle de centre (56;-10.6), tangent à la droite $y=20$ (FIGURE G.5.4)

STABILITE AVAL: huit séries de cercles ont aussi été étudiées. Le facteur de sécurité le plus faible est obtenu pour le cercle de centre (74;-8.6): $F=1.48$. Ce cercle est représenté sur la figure G.5.5.

5.2 Tour de Prise et d'Evacuation de Crues

5.2.1 Ecrêtage de la Crue et Etude d'Optimisation

(1) Générale

La crue de projet prise en compte est la crue millénaire, de 547 m³/s de débit de pointe, et de volume total 47 Mm³.

L'optimisation faite ci-dessous avait conduit à stocker la totalité de la crue dans la retenue, entre les cotes 364,00 et 365,78, plutôt que de construire un évacuateur de coût élevé. Elle montre que le coût d'ensemble est minimum pour le stockage total de la crue.

Un évacuateur de sécurité, simple seuil non aménagé sera arasé à la cote 366,00 pour évacuer éventuellement des crues de période de retour plus que millénaire.

L'évacuation des eaux stockées au delà de la cote 364,00 sera faite par la tour de prise qui aura ainsi une double fonction: évacuation des débits de crue et prise pour l'irrigation.

(2) Optimisation du barrage et de l'évacuateur de crues

Le but est de déterminer la solution la plus économique pour se protéger contre la crue de projet (ici, la crue millénaire), soit en l'écrêtant, soit en l'évacuant.

Le calcul a été fait en simulant l'arrivée de la crue millénaire dans la retenue, avec 6 largeurs (50 à 543 m) d'évacuateur de crue latéral, en déterminant la hauteur d'eau écrêtée par le barrage, puis en déduisant les coûts respectifs de l'évacuateur et de la digue. La solution optimum correspond au coût total minimum.

On a tenu compte du débit de l'évacuateur normal de la tour, puisque, comme on le verra au paragraphe 5.2.2, il est prévu un seuil déversant à la cote 364.00, d'une longueur de 9 m.

Le calcul du coût de l'évacuateur a été fait avec les hypothèses suivantes:

- seuil déversant à la cote 364,00
- tronçon horizontal de pente nulle, de 100 m de longueur, non revêtu.
- 450 m en rocher, non revêtu, de pente 1,73%
- 310 m en terrain tendre, de pente 2,74%, revêtu
- raccordement au lit mineur par un bassin de dissipation d'énergie en enrochements.

On donne à titre d'exemple le calcul fait dans le cas d'un seuil de largeur nulle (solution adoptée), ou le seul débit est celui de la tour: FIGURE G.5.2. Le débit maximum évacué par la tour est de 29 m³/s, au temps t=45 heures.

Les hydrogrammes de sortie du barrage ont été représentés FIGURE G.5.6.

Enfin, les coûts résultants ont été représentés sur FIGURE G.5.7. On voit que le coût est minimum pour un stockage maximum par la retenue.

5.2.2 Tour de prise et d'évacuation des crues

La tour (FIGURE G.5.8 et G.5.9) sera de forme triangulaire, avec deux parties:

- une partie constituant la tour de prise proprement dite, munie de six vannes murales, à trois niveaux différents (356,00, 359,50, 363,00), chacune de 1x1,35 m de section, commandées depuis la plateforme de la tour, qui permettront de prélever l'eau d'irrigation. Le débit prélevable lorsque la retenue est à son niveau le plus bas (357,00) est de 6 m³/s.

Deux conduites acier, revêtues intérieurement et extérieurement, de 1.200 mm de diamètre, noyées dans du béton coulé à pleines fouilles, avec ancrages tous les dix mètres, conduiront l'eau à l'aval du barrage dans la chambre de vannes. Leur débit maximum sera de 5,6 m³/s sous une charge de 0,5 m.

- une partie faisant fonction d'évacuateur normal, constituée d'un simple seuil de 9m de longueur totale, arasé à la cote 364,00, qui déversera, dès que l'eau atteint ce niveau, directement dans un

dalot en béton de 2 x 2 m de section. Le débit maximum possible est de 29 m³/s.

Le dalot sera d'une longueur de 60m et raccordé, à l'aval du barrage, à un canal en béton. Les débits seront restitués au BOU par l'intermédiaire d'un bassin de dissipation d'énergie, constitué d'enrochements.

Un ouvrage de vidange formé par un simple bouchon en béton ordinaire sera placé à la base de la tour, à la cote 353,00, pour permettre éventuellement la vidange du réservoir par le dalot.

Le dimensionnement de la tour de prise et d'évacuation des crues est justifié ci-dessous:

EVACUATION DES CRUES

Il est prévu un seuil déversant de 9 m à la cote 364,00

Le débit du seuil a été calculé par la formule du seuil épais pour une charge maximum de 2m, avec un coefficient de réduction de 0,8 pour tenir compte de la section triangulaire de la tour.

On trouve $Q_{max} = 35 \text{ m}^3/\text{s}$

On vérifie que pour une charge de $364 - 353 = 11\text{m}$, le débit du dalot de section 2 x 2 m est supérieur.

PRISE

Le débit maximum de prise est de 5,6 m³/s.

a) dimensions des vannes murales

Le débit total doit pouvoir être évacué à chaque niveau sous la charge minimum de 1 m.

Le débit de la vanne verticale est donné par la relation:

$$Q = \mu \cdot b \cdot l \cdot \text{rac}(2 \cdot g \cdot h_1)$$

b = hauteur de la vanne

l = largeur de la vanne

h₁ = charge à l'amont

μ = coefficient de débit fonction de $h_1/b = 0,5$

On trouve: b = 1m; l = 1,35m pour $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$

Il faudra deux vannes de 1 x 1,35m par niveau.

b) dimensions des conduites

Le calcul, se fait par la formule de Manning, avec un coefficient K = 60 et une charge

minimum de 0,5m (niveau minimum dans la retenue).

On trouve: $d = 1,2$ m pour une évacuation par deux conduites.

5.3 Chambre de Vannes

La chambre de vannes (FIGURE G.5.10) sera en maçonnerie de 5 x 7m, reposant sur une dalle de béton. Sa hauteur minimum sera de 3 m. Elle comportera:

- deux vannes papillon de 1.200 mm de diamètre, sur les deux conduites principales, avec by-pass de 200 mm de diamètre munis de vannes papillon de 200mm de diamètre.
- Un branchement latéral constitué par une conduite acier de 100 mm de diamètre, muni d'une vanne papillon de 100 mm, permettra le raccordement éventuel à un village ou des abreuvoirs.

5.4 Protection et Drain de Pied

5.4.1 Protections des talus et de la crête

Trois types de protections ont été envisagés:

- protection par pavés auto-bloquants
- protection par enrochements
- protection par béton coulé sur place dans des structures de type ARMATER ou SPIKE

La solution de l'engazonnement n'a pas été retenue, même pour le parement aval, à cause de l'importance de l'ouvrage, de sa durée de vie escomptée, du risque d'érosion et de la présence de nombreux troupeaux dans la région.

Le coût d'enrochement a été estimé à 15.000 F/m³. Pour une protection minimum de 0.5M, le coût serait de 7.500 F au m²; la couche de transition devra être renforcée sur un mètre, pour assurer la transition avec les blocs grossiers (diamètre: 300/500 mm), au coût de 3.000 F/m³. Le coût total sera donc de 10.500 F/m².

L'utilisation de pavés auto-bloquants de type TERRAPIC comprend la fourniture d'un géotextile, le TERRAM, qui est revêtu de dalettes béton, 0,4 x 0.4m préfabriquées ou coulées sur place, à prix HT de 10.500 F au m².

Les pavés sont fichés au remblai par des clous de 0,4m.

Les pavés autobloquants utilisés sur le parement amont du barrage de NAFOUN conduit à un coût unitaire de 17000 F/m².

Enfin, la solution ARMATER consiste à placer sur les parements du barrage des structures alvéolaires hexagonales de geotextile, de 0,20m de cote, de 5 cm de hauteur, reliées entre elles par des fils nylon . On coule sur place un béton ordinaire de 5 cm d'épaisseur. Les fils de nylon assureront la liaison entre les dalettes ainsi constituées. Le prix de revient de cette structure s'élève à:

- structure ARMATER, rendue, posée: 2.600 F
 - béton ordinaire, 5 cm d'épaisseur: 2.400 F
- TOTAL: 5.000 F

C'est cette solution qui a été retenue pour le barrage sur le BOU.

La crête du barrage sera protégée par une couche de 0,22m de grave latéritique compacte.

5.4.2 Drain de pied

Le pied du barrage sera constitué d'un drain de pied à granulométrie étalée, qui récupérera les eaux de drainage du barrage. Elles seront réceptionnées dans un fossé revêtu de dalettes en béton.

APPENDICE-1 DONNEES CONCERNANT LE BARRAGE DE NAFOUN

Le barrage de NAFOUN, qui irrigue déjà une partie de la plaine du BOU, est important pour l'étude en cours, à deux titres:

- il permet d'abord de connaître les apports réels de son bassin versant (162 km²), et de déduire les pertes par évaporation et par infiltration.
- il permet ensuite d'utiliser les données mesurées pour le futur barrage sur le BOU.

Le barrage de NAFOUN fut construit en 1975. Les données disponibles concernent les lectures d'échelles qui, quoique incomplètes, fournissent certaines indications. Aucune donnée précise sur les lâches du barrage pour l'irrigation n'a pu être recueillie.

(1) LECTURES D'ECHELLE

Le zéro de l'échelle du barrage correspond à la cote 361 des nouvelles cartes ou à la cote 340 des anciennes. Il y a donc une différence de 21 mètres entre les deux systèmes.

Par rapport aux nouvelles cartes, rattachées au nivellement général de Côte d'Ivoire, la cote des PHEN est à 371, la cote du couronnement à 373m. La cote de l'évacuateur en tour est 371 et la cote de l'évacuateur latéral, qui vient d'être creusé, à 371,56.

(2) EVAPORATION; INFILTRATION

Les lectures d'échelle du lac de NAFOUN permettent de vérifier les hypothèses faites pour l'estimation des pertes par évaporation et par infiltration.

Les valeurs observées à NAFOUN conduisent à réduire les valeurs d'évaporation prises en compte pour la retenue dans les rapports précédents.

Les valeurs utilisées auparavant étaient celles de l'évaporation BAC mesurée à BOUNDIALI par l'ORSTOM, affectées du coefficient 0,7. Les nouvelles valeurs sont la même évaporation BAC, mais affectée cette fois du coefficient 0,5:

	jan	fév	mar	avr	mai	jui	jui	aoû	sep	oct	nov	déc	Total
BOUNDIALI	184	184	242	244	186	160	146	130	130	270	162	176	2.214
NAFOUN	92	92	121	122	93	80	73	65	65	135	81	88	1.107

Des mesures d'évaporation ont été entreprises au barrage de NAFOUN depuis juillet 1990, à partir de deux bacs classe A, l'un au sol, l'autre flottant sur la retenue.

Le peu de résultats obtenus à ce jour ne permet pas de conclusion générale; on peut simplement remarquer que les valeurs mensuelles observées dans les deux cas sont très voisines, à cause probablement d'un effet de surchauffe qui se produit aussi dans le bac flottant. Ces mesures doivent être poursuivies par la CIDT.

Les valeurs d'infiltration prises en compte (0.1 lit/s/ha de retenue) semblent rendre compte assez fidèlement des variations du plan d'eau. Elles correspondraient à un écoulement moyen de 70 lit/s, dont une partie ré-alimente la MERYNDIA, puis le BOU à l'aval du barrage.

(3) GESTION DU BARRAGE DE NAFOUN

L'examen des données a permis de déterminer d'abord une répartition moyenne des apports selon les mois:

juillet:	1%
août:	19%
septembre:	45%
octobre:	30%
novembre:	5%

Les débits des autres mois sont généralement voisins de zéro.

Les apports ont été étudiés. Il apparaît qu'on peut les estimer avec une assez correcte approximation en fonction de la pluie moyenne annuelle à KORHOGO et la pluie de l'année précédente, selon la relation:

$$V = (0,7 \times P + 0,3 \times P' - 0,9) \times 0,36 \times 162 \times 1.000.000 \text{ m}^3,$$

avec:

- V = volume écoulé pendant l'année de pluviométrie P
- P = pluviométrie de l'année à KORHOGO
- P' = pluviométrie de l'année précédente à KORHOGO
- 0,36 = coefficient sans dimension
- 162 = surface du bassin versant en km².

On arrive alors à la relation:

$$V=(0,7*P+0,3*P'-0,9)*58,32 \quad (\text{en millions de m}^3.)$$

On remarquera qu'en pluviométrie moyenne, on arrive bien à un coefficient d'écoulement moyen annuel de 12%

La simulation des apports au barrage de Nafoun a été reprise sur les bases ci-dessus, dans l'hypothèse envisagée dans le projet en cours (financement BOAD), d'une double culture rizicole. Cette simulation est résumée au tableau G.A-1.

D'après ce résultat, la superficie irrigable pour la double riziculture serait de 400 ha.

APPENDICE-2 EVALUATION DES APPORTS SOLIDES

L'évaluation des apports solides dans une retenue d'eau est importante, puisqu'elle permet de connaître la durée de vie de l'ouvrage.

Ces apports solides peuvent être déterminés par emploi de formules, établies dans des conditions souvent très différentes, ou mesure des matières en suspension, qui ne prennent en compte qu'une série des apports. On a préféré ici mesurer directement les apports solides dans la retenue du barrage de NAFOUN. Ce barrage existe depuis 15 ans et se trouve sur la MERYNDIA, affluent du BOU, dans des conditions très voisines de celles du barrage prévu: pentes longitudinales et transversales, sols, couvert végétal.

Les mesures, qui étaient prévues par écho-sondeur, n'ont pu être faites, en fait, qu'avec une sonde, en raison d'une défectuosité de l'appareil. Cinquante profils ont été réalisés à partir d'un ZODIAC à moteur, et le positionnement a été réalisé uniquement par appréciation visuelle, sur le plan au 1/5000 0me existant. Le niveau d'eau se trouvait à la cote 346 du plan, soit 367 NGCI, au moment des mesures (23 et 24 février 1991).

Les résultats obtenus ne peuvent par conséquent avoir qu'une valeur indicative. Ils sont pourtant intéressants parce que, sur chaque profil mesuré, on a pu retrouver les cotes originelles ou très voisines, compte tenu des erreurs faites sur le positionnement du bateau et sur la lecture elle-même et compte tenu de l'inclinaison de la sonde par rapport à la verticale. Les dépôts solides semblent extrêmement faibles, voire nuls, dans toute la retenue, sauf tout à fait à l'amont où un léger envasement peut être observé sur quelques décimètres. Les volumes paraissent négligeables, comparés aux 25 millions de m³ de la capacité moyenne de la retenue.

Ce résultat n'est pas surprenant, compte tenu des pentes extrêmement faibles de la MERYNDIA, du couvert végétal de l'ensemble du bassin versant et des faibles surfaces cultivées.

La valeur retenue de 120 m³ par km² et par an, pour le barrage sur le BOU est une valeur vraisemblable, probablement supérieure à la réalité. Elle conduit à des apports solides de 6 millions de m³ pour une durée de 100 ans. Cette valeur a été prise en compte pour l'estimation de la tranche morte du futur barrage.

APPENDICE-3 CALCUL DE LA REVANCHE

La revanche tient compte de la hauteur des vagues et de leur projection sur le haut du parement amont du barrage.

La hauteur des vagues en fonction de la longueur du plan d'eau et de la vitesse du vent se calcule par la formule de STEVENSON:

$$H = 0,760.032*(V*F)^{\exp 0,5} - 0,26*F^{\exp 0,4},$$

avec:

H = hauteur des vagues en m

V = vitesse du vent en km/h

F = fetch en km.

Le fetch se mesure perpendiculairement au barrage. Il est ici de 6 km. La vitesse du vent prise en compte est de 100 km/h.

On trouve:

$$H = 1,13\text{m}$$

La vitesse de propagation des vagues est donnée par la formule de GAILLARD:

$$v = 1,5 + 2*H$$

v = vitesse de propagation des vagues en m/s

H = hauteur des vagues en m.

La revanche se déduit de la hauteur des vagues et de leur vitesse de propagation par la relation:

$$R = 0,75*H + v^{\exp 2/2}*g$$

g = accélération de la pesanteur.

On trouve:

$$R = 1,55\text{m}$$

TABLEAUX

Tableau G.3.1 Essais de peréabilité LEFRANC et LUGEON

1:Essais de perméabilité LEFRANC

AXE	A			A Bis	B	C
Sondages	SC4	SC5	SC6	SC7	SC2	SC3
K(m/s)	13,00/16,00m K=3,6E-06	10,30/13,00m K=1,7E-07	13,00/17,00m K=4,7E-07	12,00/15,20m K=1,7E-06	13,40/16,40m K=1,5E-06	14,00/18,00m K=1,3E-06
	17,00/22,00m K=3,3E-07		17,00/22,00m K=1,8E-07	15,20/22,00m K=1,6E-06	14,00/18,00m K=7,0E-06	
	22,00/28,00m K=4,6E-07		22,00/28,00m K=2,0E-07	22,20/28,00m K=3,0E-07		
	28,00/34,00m K=3,7E-07		28,00/35,60m K=4,7E-07			

2:Essais de perméabilité LUGEON

AXE	A	
Sondages	SC1	SC5
Tranche	34,00/40,00m	11,50/14,30m
nombre d'unités LUGEON	0,44	2,20

Tableau G.3.2

Resultats de essais de laboratoire
(Compressibilité, perméabilité a
l'oedomètre)

ECHANTILLON	PROFONDEUR	INDICE DES VIDES INITIAL eo	PRESSION DE CONSOLIDATION bars	COEFFICIENT DE PRESSION Cc	PERMEABILITE POUR Eo K cm/s	COEFFICIENT DE CONSOLIDATION Cv cm ² /s
SC2	8 - 8,65	0,5538	1,800	0,084	10 ⁻⁶	0,0044
SC2	8 - 8,65	2,6500				0,0100
SC3	5,6 - 6,05	0,5112	1,150	0,057	10 ⁻³	0,0064
SC3	5,6 - 6,05					0,0052
SC3	9,3 - 10,2	0,9249	0,675	0,185		0,0038
SC3	9,3 - 10,2					0,0054
SC4	7 - 7,9	1,2013	1,150	0,263	0,55 x 10 ⁻³	0,0340
SC4	10,6 - 11,5	1,1226	1,200	0,111	4,5 x 10 ⁻⁵	0,0077
SC5	7 - 7,9	0,4133	2,400	0,061	2,4 x 10 ⁻⁷	0,0280
SC5	7 - 7,9					0,0210
SC5	4,8 - 5,7	0,4776	1,300	0,076	0,575 x 10 ⁻⁶	0,0081
SC5	9,3 - 9,75	0,6112	1,200	0,115	6,5 x 10 ⁻⁵	0,0084
SC5	9,3 - 9,75					0,0050
SC6	5 - 5,9	1,0216	2,300	0,126	0,38 x 10 ⁻⁵	0,0060
SC6	5 - 5,9					0,0040
SC6	8 - 8,9	1,4378	2,250	0,260	1,6 x 10 ⁻⁵	0,0040
SC6	8 - 8,9					
SC6	12 - 12,9	1,7651	1,500	0,438	3,3 x 10 ⁻⁵	0,0130
SC6	12 - 12,9					0,0100
SC7	5,4 - 6,3	1,1595	1,150	0,330	4,1 x 10 ⁻⁵	0,0120
SC7	5,4 - 6,3					0,0160
SC7	11 - 11,75	1,0610	1,800	0,264	1,22 x 10 ⁻⁵	0,0130

Tableau G.3.3 Mesures des vitesses de filtration
au site de barrage et dans la
retenue (1/2)

(temps en heures et hauteurs en cm)

No.	t1	h1	t2	h2	t3	h3	t4	h4	t5	h5
T41	12,06	0,00	13,06	17,50	14,06	30,50	15,06	43,00		
T42	12,00	0,00	13,00	18,00	14,00	27,00	15,00	33,50		
T43	12,24	0,00	13,25	6,00	14,25	11,00	15,25	13,50		
T44	12,35	0,00	13,35	18,00	14,35	26,50	15,35	30,00		
T45	12,37	0,00	13,37	48,00	14,37	50,00				
T35	12,40	0,00	13,40	12,00	14,40	14,00	15,40	16,50	16,00	16,50
T34	16,30	0,00	17,30	13,00	18,30	20,00				
T33	16,25	0,00	17,25	18,00	18,25	26,00				
T32	16,20	0,00	17,20	13,00	18,20	18,00				
T31	16,15	0,00	17,15	4,00	18,15	5,00				
T21	9,35	0,00	10,35	2,50	11,35	3,50	12,35	4,00	13,35	4,50
T22	9,55	0,00	10,55	1,00	11,55	2,00	12,55	2,50	13,55	3,00
T23	9,45	0,00	10,45	1,00	11,45	2,00	12,45	2,50	13,45	3,50
T24	9,50	0,00	10,50	1,00	11,50	2,00	12,50	3,50	13,50	4,00
T25	9,40	0,00	10,40	9,50	11,40	10,50	12,40	11,50	13,40	12,00
T26	9,34	0,00	10,34	23,50	11,34	35,50	12,34	43,50		
T27	9,43	0,00	10,43	18,00	11,43	42,00	12,40	47,00		
T28	9,55	0,00	10,55	22,50	11,55	34,00	12,41	43,00		
T29	10,00	0,00	11,00	11,50	12,00	14,00	12,44	15,50		
T30	9,16	0,00	10,16	17,00	11,16	32,00	12,10	30,00		
T41	9,20	0,00	10,20	8,00	11,20	18,50	12,20	24,50	13,20	30,50
T42	9,40	0,00	10,40	13,50	11,40	16,00	12,40	21,50	13,40	26,00
T43	9,45	0,00	10,45	30,00	11,45	50,00				
T44	10,55	0,00	11,55	21,50	12,55	30,00	13,55	36,50	14,55	41,00
T45	9,50	0,00	10,50	18,50	11,50	30,50	12,50	39,50	13,50	46,00
T56	9,30	0,00	10,30	20,00	11,30	29,00	12,30	37,50	13,30	45,50
T57	9,55	0,00	10,55	15,00	11,55	24,50	12,55	32,00	13,55	39,50
T58	9,57	0,00	10,57	17,00	11,57	25,50	12,57	33,50	13,57	41,00
T62	10,20	0,00	11,20	23,00	12,20	38,00	13,20	50,00		
T63	10,12	0,00	11,12	21,00	12,12	30,50	13,12	38,00	14,12	43,50
T64	9,50	0,00	10,50	19,50	11,50	28,00	12,50	35,00	13,50	41,00
T72	11,20	0,00	12,20	16,00	13,20	23,00	14,20	28,00	15,20	33,00
T71	9,45	0,00	10,45	8,00	11,45	11,00	12,45	14,00	13,45	16,00
T73	10,03	0,00	11,03	6,50	12,03	10,00	13,03	13,00	14,03	17,00
T74	10,33	0,00	11,33	9,50	12,33	11,00	13,33	12,00	14,33	17,00
T199	10,55	0,00	11,55	6,00	12,55	7,00	13,55	8,00	14,55	8,50
T198	9,40	0,00	10,40	8,50	11,40	11,00	12,40	13,50	13,40	16,00
T197	10,27	0,00	11,27	7,50	12,27	10,00	13,27	12,50	14,27	14,50
T196	10,00	0,00	11,00	6,00	12,00	7,00	13,00	8,00	14,00	9,50
T195	10,44	0,00	11,44	4,50	12,44	6,50	14,44	9,50	15,44	10,00
T193	9,50	0,00	10,50	5,50	11,50	6,50	12,50	7,50	13,50	8,50
T192	11,30	0,00	12,30	7,00	13,30	8,50	14,30	9,50	15,30	10,50
T194	11,02	0,00	12,02	11,00	13,02	13,50	14,02	16,00	15,02	19,00
T191	10,25	0,00	11,25	6,00	12,25	8,00	13,25	10,00	14,25	12,00
T190	11,50	0,00	12,50	9,00	13,50	12,50	14,50	17,00	15,50	20,50

MOYENNE: 0,0014 cm/s

NOTA: La première heure de mesure a été décomptée du calcul
car les pertes enregistrées correspondent souvent
la non-saturation du sol.

Tableau G.3.3 Mesures des vitesses de filtration
au site de barrage et dans la
retenue (2/2)

(temps en heures et hauteurs en cm)

No.	t6	h6	t7	h7	t8	h8	t9	h9	VITESSE (cm/s)
T41									0,0035
T42									0,0022
T43									0,0010
T44									0,0017
T45									0,0006
T35									0,0005
T34									0,0019
T33									0,0022
T32									0,0014
T31									0,0003
T21	14,35	5,00	15,35	5,50	16,00	5,50			0,0002
T22	14,55	3,50	15,55	4,50	16,02	4,50			0,0002
T23	14,45	4,50	15,45	5,50	16,04	5,50			0,0002
T24	14,50	4,50	15,50	5,00	16,06	5,00			0,0002
T25	14,40	12,50	15,40	13,50	16,08	13,50			0,0002
T26									0,0028
T27									0,0041
T28									0,0032
T29									0,0006
T30									0,0019
T41	14,20	35,00	15,20	38,00					0,0017
T42	14,40	31,50	15,40	36,00					0,0013
T43									0,0056
T44	15,55	44,50							0,0016
T45	14,50	50,00							0,0018
T56	14,18	50,00							0,0022
T57	14,55	46,00	15,55	50,00					0,0019
T58	14,57	46,50	15,22	50,00					0,0021
T62									0,0038
T63	15,10	50,00							0,0020
T64	14,50	45,50	15,50	50,00					0,0017
T72	16,10	38,00							0,0013
T71	14,45	19,00	15,45	21,50	16,00	22,00	8,05	39,00	0,0004
T73	15,03	20,00	16,03	23,50					0,0004
T74	15,33	25,50	16,10	29,00					0,0012
T199	15,55	9,00	16,06	9,03	8,06	23,50			0,0002
T198	14,40	18,00	15,40	21,00	16,05	21,50			0,0007
T197	15,27	16,50	16,07	17,00					0,0006
T196	15,00	11,00	16,00	12,50					0,0004
T195	16,10	11,00							0,0004
T193	14,50	9,00	15,50	10,50	16,05	11,00			0,0003
T192	16,00	11,00							0,0003
T194	16,02	22,00							0,0008
T191	15,25	13,00	16,05	13,50					0,0004
T190	16,10	22,00							0,0011

Tableau G.3.4 - Données géotechniques (1/2)

BONNES GEOTECHNIQUES; BARRAGE SUR LE BOU; BARRAGE DE NAFOUN											
ECHANTILLON	PROFONDEUR	HORIZON	L.L. %	L.P. %	W %	optimum Proctor %	gamma h	gamma s	ro t/m3	C bars	phi °
NAFOUN											
PD5	4,5 à 4,9	argile	56	24	26,0		1,98	1,58	2,63	1,40	10
PD12	6,5 à 6,9		49	21	18,0		2,12	1,80	2,62	0,75	23
PD7	5,4 à 5,6	sub.arg.	24	11	25,0		1,87	1,50		0,22	23
PD6	4,5 à 4,55	arg.vas.	39	16	26,0		1,97	1,56	2,66	0,00	17
PD7	5,2 à 5,4		26	16	46,0		1,72	1,17	2,43	0,77	19
PD7	2,8 à 3,2	argile t.	64	27	30,0		1,91	1,47		0,76	7
PD6	3,1 à 3,5										
PD11	2,2 à 2,6		47	20	24,0		2,04	1,64	2,65	0,24	10
PD6	1,04 à 1,4	argile d.	67	29	35,0		1,88	1,39	2,62	1,00	12
BOU											
SC2	8 à 8,65	argile	54	26	20,1		2,08	1,73			
SC3	5,6 à 6,05	argile	52	30	21,4		2,01	1,65			
SC3	9,3 à 10,2	argile	42	22	18,4		2,12	1,79			
SC7	5,4 à 6,3	argile	58	37	38,7		1,76	1,27			
SC7	11 à 11,75	r.alteree	52	36	31,3		1,85	1,41			
SC4	7 à 7,9	argile			38,0		1,84	1,33			
SC4	10,6 à 11,5	argile			39,7		1,83	1,30			
SC5	4,8 à 5,7	r.alteree			13,7		2,10	1,85			
SC5	7 à 7,9	r.alteree			14,5		2,22	1,94			
SC5	9,3 à 9,75	r.alteree			15,7		2,19	1,89			
SC6	5 à 5,9	argile			32,3		1,83	1,38			
SC6	8 à 8,9	argile			43,3		1,73	1,21			
SC6	12 à 12,9	argile			44,9		1,78	1,22			
SC7	5,4 à 6,3	argile			38,7		1,76	1,27			
T10			39	22	3,0	17,5					
T11			61	29	14,0	23,2					
T12			65	30	12,0	21,3					
T13			66	32	16,0	22,0					
T14			60	29	14,0	20,5					
T14					18,0		1,90	1,61			
T15			55	26	11,0	16,1					
T16			56	26	12,0	19,6					
T17			47	22	12,0	16,9					
T18			39	18	9,0	13,8				tuu 0,4	4
T18					12,7		2,06	1,83			
T19			35	19	11,0	17,5					
T20			54	23	11,0	14,8					
T21			58	35	15,0	22,8					
T21			61	49							
T21			61	30							
T21					17,2		1,63	1,39			
T22			59	34	16,0	22,7					
T23			45	29	11,0	15,6					
T35			52	32	8,0	12,3					
T39			55	29	17,0	22,7					
T40			34	18	16,0	16,2					
T41			59	33	18,0	24,4					
T41			55	30							
T41					27,0		1,50	1,18			
T42			49	27	12,0	18,6					
T42			48	25	16,1		1,83	1,57			
T43											
T44			51	32	12,0	20,7					
T49			70	36	12,0	18,0					
T50			71	42	29,0	23,0					
T50			56	30	27,9		1,74	1,36			
T51			63	29	17,0	23,8					
T51			49	28	21,9		1,59	1,30		c 0,16 tuu 0,7	24 11
T52											
T53			65	35	20,0	25,6				c 0,2	31
T53											

Tableau G.3.4 Données géotechniques (2/2)

BONNÉES GEOTECHNIQUES; BARRAGE SUR LE BOU; BARRAGE DE NAFOUN											
ECHANTILLON	PROFONDEUR	HORIZON	LL	LP	W	optimum Proctor	gamma h	gamma s	ro t/m3	C bars	phi °
T54										tuu 0,95	4
T55			51	29	9,0	19,1					
T57			31	17	13,0	13,3					
T57			28	18		13,0	1,75	1,55		c 0,08	26,5
T58			52	27	23,4		1,90	1,54		tuu 0,52	6
T59			49	31	13,0	18,8					
T59			49	29	21,0		1,81	1,49			
T62			49	30	12,0	12,9					
T72										c 0,06	31
T74										c 0,1	25
T76			59	32	16,0	22,2					
T76					24,5		1,70	1,37			
T78			61	30	13,0	22,6					
T80			53	30	14,0	23,5					
T80					19,5		1,69	1,41			
T81					18,1		1,54	1,30			
T82			58	35	14,0	24,8					
T83			63	34	18,0	16,8					
T85			46	29	11,0	21,2					
T86						18,8				c 0,14	39
T87						22,6				c 0,22	23
T88						23,2				c 0,2	26
T89						18,3				c 0,06	29
T90						15,8				c 0,2	35
T91						21,7				c 0,08	29
T92						22,6				c 0,16	22
T93						23,8				c 0,26	25
T94						20,0				c 0,18	27
T95						16,0				c 0,1	31
T96						14,2				c 0,16	32
T98			61	29		14,4					
T100			57	31		13,9					
T108			59	33							
T112			59	32		18,4					
T119			57	34		15,8					
T122			50	27		11,8					
T125			57	31							
T126			62	29		19,4					
T128			58	27							
T130			57	32		14,5					
T139						20,3				c 0,08	25
T144						14,6				c 0,1	32
T146						12,4				c 0,29	24
T151						15,5				c 0,2	33
T154						16,0				c 0,25	30
T160			59	31							
T173			60	32		13,5					
T187			55	29							
T188			54	30		14,0					
T189			52	27		16,4					
T191			63	30		13,6					
T198						15,7				c 0,22	33
T203			63	29		17,0					
T98			61	29							

LEGENDE c: essai de cisaillement linéaire
tuu: essai triaxial non consolidé non drainé