

COMPETITION POUR DES RESSOURCES LIMITEES:  
LE CAS DE LA CINQUIEME REGION DU MALI

*RAPPORT 4*

---

SCENARIOS DE DEVELOPPEMENT

---

F.R. Veeneklaas, S. Cissé, P.A. Gosseye,  
N. van Duivenbooden & H. van Keulen

CABO (Wageningen, Pays-Bas)  
ESPR (Mopti, Mali)



COMPETITION POUR DES RESSOURCES LIMITEES:  
LE CAS DE LA CINQUIEME REGION DU MALI

*RAPPORT 4*

---

SCENARIOS DE DEVELOPPEMENT

---

F.R. Veeneklaas, S. Cissé, P.A. Gosseye,  
N. van Duivenbooden & H. van Keulen

Centre des Recherches Agrobiologiques (CABO),  
Wageningen, Pays-Bas  
&  
Etude sur les Systèmes de Productions Rurales en 5ème  
Région (ESPR), Mopti, Mali  
Novembre 1990

---

## Centre des Recherches Agrobiologiques (CABO)

Boîte postale 14,  
6700 AA Wageningen  
Pays-Bas  
Télécopie: (+31)(0)8370-23110  
Télex: 75209 cabo nl  
Bitnet: pri@cabo.agro.nl

Veeneklaas, F.R.e, S. Cissé, P.A. Gosseye, N. van Duivenbooden & H. van Keulen

Compétition pour des ressources limitées: Le cas de la cinquième région du Mali.  
Rapport 4: Scenarios de développement. Centre des Recherches Agrobiologiques  
(CABO), Wageningen, Pays-Bas / Etude sur les Systèmes de Productions Rurales en  
5ème Région (ESPR), Mopti, Mali, 182 pages.

ISBN 90-73384-06-0

© CABO/ESPR 1990

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of CABO or ESPR.

## PREFACE

Ce rapport est écrit dans le cadre du "projet Mopti", officiellement appelé "Elaboration d'un plan d'utilisation des terres pour la 5e Région du Mali (Région de Mopti) et Cercle de Niafunké". Il est une activité commune du Centre de Recherches Agrobiologiques (CABO, Wageningen, Pays-Bas) et d'une équipe multidisciplinaire basée au Mali (ESPR, Etude sur les Systèmes de Productions Rurales en 5e Région et Cercle de Niafunké). Ce projet est financé conjointement par la Direction Générale pour la Coopération Internationale (DGIS), du Ministère Néerlandais des Affaires Etrangères, et par le Gouvernement du Mali, dans le cadre du financement de ODEM II et de ORM III par la Banque Mondiale.

L'objectif de ce projet est d'évaluer les possibilités régionales de développement agricole, d'après une description quantitative des activités de productions agricoles actuelles et potentielles (culture, élevage et pêche). Ce projet devrait aboutir à des propositions d'options de développement techniquement réalisables, pour une utilisation durable des terres agricoles de la 5e Région du Mali et du Cercle de Niafunké (la Région). Dans le présent projet, on utilise un modèle de programmation linéaire (le modèle-PL) associant des données sur les ressources régionales à des informations sur les activités possibles dans la Région.

Le titre général du rapport est "Compétition pour des ressources limitées: le cas de la Cinquième Région du Mali". Il est subdivisé en quatre rapports interdépendants quant aux sujets traités et par la démarche les sous-tendant.

Le rapport 1, intitulé "Ressources naturelles et population" (Cissé & Gosseye, 1990) donne une vue générale des conditions environnementales et humaines de la Région.

Le rapport 2, avec comme titre "Productions végétales, animales et halieutiques" (van Duivenbooden & Gosseye, 1990), décrit en termes quantitatifs les différentes activités agricoles nécessaires pour le modèle d'optimisation.

Le rapport 3, intitulé "Description formelle du modèle d'optimisation MALI5" (Veeneklaas, 1990), donne la description du modèle de programmation linéaire utilisé dans cette étude.

Le rapport 4, dénommé "Stratégies de développement" (Veeneklaas *et al.*, 1990), est une synthèse des trois rapports précédents et une présentation des résultats des optimisations ainsi que les conclusions.

---

#### ERRATA RAPPORT 4.

- Page 92. Tableau 6.1.  
Sous la colonne 7 'Emploi', la valeur 33 600 doit être remplacée par 336 000.
- Page 107. Tableau 6.8b.  
Sous la colonne 'Résidues concentrés' en Saison sèche les valeurs 576, 37, 8, et 6 doivent être remplacées par 356, 20, 4 et 3.  
Sous la colonne 'Pâturage' en Saison sèche les valeurs 341, 937 et 1 950 doivent être remplacées par 110, 746 et 1 247.  
Sous la colonne 'Total' en Saison sèche les valeurs 917, 974, 1 958 et 17 doivent être remplacées par 466, 766, 1 251 et 14.
- Page 136. Troisième alinéa.  
La valeur de 2 031 km<sup>2</sup> doit être remplacée par 1 031 km<sup>2</sup>.
- Page 139. Tableau 6.16.  
Les valeurs des lignes 'Total partiel' pour R1-R et S-S1 doivent être déplacées une colonne à droite.

# TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION	
1.1	Cadre générale de l'étude	1
1.2	La Région	2
1.3	Le projet	4
1.4	La méthode	5
2.	RESSOURCES	
2.1	Sols et zones agro-écologiques	7
2.2	Pluviométries et zones pluviométriques	15
2.3	Crues et inondations	19
2.4	Ressources ligneuses	26
2.5	Population et main-d'oeuvre	28
3.	ACTIVITES AGRICOLES	
3.1	Introduction	31
3.1.1	Techniques de production agricole	31
3.1.2	Durabilité	32
3.1.3	Périodes de travail	33
3.2	Cultures et pâturages	34
3.2.1	Techniques de production définies	34
3.2.2	Extrants	38
3.2.2.1	Cultures	38
3.2.2.1	Pâturages	41
3.2.3	Intrants	43
3.2.3.1	Besoins en éléments nutritifs	43
3.2.3.2	Besoins en main-d'oeuvre	45
3.2.3.3	Intrants monétaires	48
3.2.3.4	Besoins en boeufs et en charrues	48
3.2.4	Tableau intrants-extrants	49
3.3	Elevage	51
3.3.1	Activités	51
3.3.2	Extrants	52
3.3.3	Intrants	56
3.4	Production halieutiques	61
3.4.1	Techniques de production définies	61
3.4.2	Main-d'oeuvre impliquée	61
3.4.3	Captures totales de poisson	62

---

3.4.4	Capture de poisson par ménage . . . . .	63
3.4.5	Tableau intrants-extrants . . . . .	65
4.	CONTRAINTES PRINCIPALES ET INTERRELATIONS	
4.1	Contraintes . . . . .	67
4.1.1	Compétition pour la terre . . . . .	67
4.1.2	Compétition pour la main-d'oeuvre . . . . .	69
4.1.3	Restriction en boeufs et en fumier . . . . .	70
4.1.4	Restriction en fourrage . . . . .	71
4.1.5	Limite supérieure des captures de poisson . . . . .	71
4.1.6	Nombre minimal d'animaux de transport . . . . .	72
4.2	Relations . . . . .	72
4.2.1	Rendements des cultures . . . . .	72
4.2.2	Intrants des cultures . . . . .	73
4.2.3	Production fourragère des pâturages . . . . .	73
4.2.4	Autoconsommation . . . . .	75
4.3	Contraintes institutionnelles et socio- économiques . . . . .	77
4.3.1	Problèmes fonciers . . . . .	78
4.3.2	Main-d'oeuvre . . . . .	79
4.3.3	Etroitesse du marché et faiblesse de l'épargne rurale . . . . .	79
4.3.4	Faiblesse des structures d'encadrement et de vulgarisation . . . . .	80
5.	OBJECTIFS	
5.1	Objectifs de production physique au cours d'une année normale . . . . .	83
5.2	Objectifs financiers . . . . .	84
5.3	Risques au cours d'une année sèche . . . . .	85
5.4	Emploi et émigration . . . . .	86
5.5	Réserves naturelles . . . . .	87
6.	LES SCENARIOS DU DEVELOPPEMENT	
6.1	Les deux scénarios de base . . . . .	89
6.1.1	Scénario-R . . . . .	90
6.1.2	Scénario-S . . . . .	90

6.2	Résultats des deux scénarios de base au niveau régional . . . . .	90
6.2.1	Construction du scénario-S . . . . .	90
6.2.2	Revenu total brut . . . . .	93
6.2.3	Prix simulés . . . . .	95
6.2.4	Autosuffisance alimentaire de base . . . . .	97
6.2.5	Production végétales . . . . .	98
6.2.6	Elevage . . . . .	103
6.2.7	Pêches . . . . .	105
6.3	Résultats des deux scénarios de base au niveau de la zone-agro-écologique . . . . .	108
6.3.1	Observations générales . . . . .	108
6.3.2	Sourou . . . . .	114
6.3.3	Séno Bankass . . . . .	116
6.3.4	Le Plateau . . . . .	118
6.3.5	Delta Central . . . . .	120
6.3.6	Méma Dioura . . . . .	123
6.3.7	Séno Mango . . . . .	125
6.3.8	Gourma . . . . .	126
6.3.9	Bodara . . . . .	129
6.3.10	Zone Lacustre . . . . .	130
6.3.11	Hodh . . . . .	133
6.3.12	Méma Sourango . . . . .	134
6.4	Variantes . . . . .	135
6.4.1	Variante 1: création de réserves naturelles dans la zone deltaïque . . . . .	136
6.4.2	Variante 2: réduction du prix des engrais de 50% . . . . .	140
6.4.3	Variante 3: augmentation de 50% du prix à la production des produits agricoles . . . . .	146
6.4.4	Variante 4: coefficients alternatifs pour les activités d'élevage . . . . .	148
6.4.5	Variante 5: production réduite des pâturages inondés à la suite d'une série d'années sèches . . . . .	155
6.4.6	Autres variantes possibles . . . . .	163
6.4.6.1	Production des pâturages: fauchage des pâturages inondés . . . . .	164
6.4.6.2	Production des pâturages: prévention des feux de brouse des pâturages exondés . . . . .	164

6.4.6.3	Production des pâturages: gestion améliorée . . .	164
6.4.6.4	Expansion des surfaces irriguées . . . . .	165
6.4.6.5	Introduction des herbicides . . . . .	165

7. CONCLUSIONS

7.1	Relation existant entre les résultats du modèle-PL et la situation actuelle . . . . .	167
7.2	Perspectives agro-économiques . . . . .	168
7.3	Instruments politiques pour la mise en route des interventions . . .	172
7.3.1	Les préalables théoriques . . . . .	172
7.3.2	Les actions politiques . . . . .	173
7.3.2.1	La maîtrise foncière par les populations rurales .	174
7.3.2.2	Participation de la population . . . . .	176
7.3.2.3	Maîtrise des marchés . . . . .	178

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . . . . .	181
---------------------------------------	-----

ANNEXES

TABLE DES MATIERES . . . . .	a3
A. DETAILED RESULTS OF THE R-SCENARIO . . . . .	a5
B. DETAILED RESULTS OF THE S-SCENARIO . . . . .	a21
C. LISTE DES ACRONYMES ET ABBREVIATIONS . . . . .	a37

# 1. INTRODUCTION

## 1.1 Cadre générale de l'étude

L'agriculture est l'une des activités humaines les plus importantes. C'est sur elle que s'appuie la production alimentaire. C'est aussi une activité qui, en principe, est relativement simple et peu exigeante en ce qui concerne les ressources requises: un bout de champ, quelques semences d'une espèce végétale appropriée, quelques animaux utiles, du soleil, de l'eau et quelques efforts pour associer et exploiter au mieux tous ces éléments.

Pendant des siècles, l'Homme a ainsi pu s'alimenter, se vêtir, s'abriter et satisfaire ses autres besoins fondamentaux. Au cours de notre siècle cependant, une démographie galopante, accompagnée d'une concentration démesurée de population dans des centres urbains, a fortement accentué la pression sur les populations rurales pour les obliger à produire toujours plus, bien au-delà de leurs besoins normaux. Pendant longtemps cette exigence a pu être satisfaite en étendant les surfaces cultivées. Des terres marginales et des terroirs fragiles ont donc été exploités de manière indiscriminée; il ne fût pas tenu compte des risques de dégradation, et des dommages plus ou moins permanents qu'une telle exploitation pouvaient engendrer à la longue, quant à leur capacité de production.

A l'heure actuelle cependant, une expansion de surface devient insuffisante pour faire face à la demande alimentaire toujours plus importante, et en accroissement constant. C'est ainsi que, partout dans le monde, des programmes de développement ont été mis en oeuvre pour tenter d'accroître la production alimentaire en augmentant le rendement par unité de surface. Ces programmes n'ont pas toujours remporté le succès escompté. Certains ont échoué parce que les intrants externes requis pour accroître la production n'étaient pas disponibles, d'autres parce qu'ils n'étaient pas adaptés aux réalités économiques, d'autres encore parce que les mesures suggérées n'avaient pas tenu compte des aspects sociaux et qu'elles n'avaient donc pas su, sérieusement, s'imposer auprès des groupes concernés. En outre, l'accent était trop unilatéralement mis sur la production alimentaire à l'exclusion des autres fonctions des régions rurales.

C'est en grande partie à cause de tous ces échecs que le concept de développement rural intégré a vu le jour. Ce concept tient compte des différents aspects de l'écologie rurale, et par conséquent, des différentes aspirations des groupes d'intérêts divers susceptibles de jouer un rôle dans le développement des campagnes. Dès la mise en application de cette nouvelle approche, des conflits

---

d'intérêts ont surgi. Des objectifs divers s'opposent tels que, pour n'en citer que quelques uns, l'augmentation de la production alimentaire, la sécurité alimentaire des populations urbaines à des prix acceptables, la garantie d'un revenu raisonnable pour les paysans, la protection de l'environnement rural, l'équilibre de la balance des paiements en produisant également pour l'exportation. Lors de l'analyse de ces situations, on a pu noter que le problème majeur est surtout le manque d'informations quant à l'importance relative des divers objectifs et aspirations et quant au niveau où il est possible de les associer et celui où ils s'excluent mutuellement. Des solutions ad hoc ont alors été proposées, difficiles à évaluer, lorsqu'elles n'avaient pas produit les résultats escomptés (Breman, 1990).

Ce qui ressortit cependant de ces analyses fut que, l'un des facteurs principaux d'échec des programmes de développement, était que les divers objectifs poursuivis s'appuyaient sur les mêmes ressources limitées, de sorte qu'une compétition pour ces ressources était inévitable; l'issue d'une telle compétition dépendait à la fois des possibilités agro-techniques et de l'environnement socio-économique, d'une manière qui semblait souvent intuitivement imprévisible. C'est en partant de cette constatation que Wit *et al.* (1988) proposent une méthode pour rechercher les possibilités de développement d'une région, en se basant sur l'analyse quantitative des ressources naturelles fondamentales et en tenant compte des différentes contraintes et exigences. Cette méthode est appropriée pour une exploration des voies de développement techniquement réalisables; elle passe par le biais de plusieurs scénarios techniques et socio-économiques et elle constitue donc un outil prometteur pour la formulation de programmes régionaux de développement.

## 1.2 La Région

La région qui a fait l'objet de cette étude est celle de la 5e Région du Mali (Mopti) et le Cercle de Niafunké (figure 1.1). Elle est dénommée, dans cette étude, la Région. Elle couvre environ 89 000 km<sup>2</sup> et est dominée par le delta intérieur du fleuve Niger qui, en conditions normales, serait inondé annuellement à raison de 16 000 km<sup>2</sup>, environ.

La présence de telles quantités d'eau, au coeur même de la zone sahélienne, offre des possibilités de développement en matière de cultures vivrières, d'élevage et de pêche. Ces possibilités dépassent de loin celles qui existent dans les régions avoisinantes sous des conditions pluviales. Tout au long des siècles de son histoire, cette Région a été un centre d'activités agricoles où des systèmes de production très efficaces étaient développés (Gallais, 1967). Au cours des dernières décennies

cependant, la Région a dû subir la pression combinée d'une densité démographique, en accroissement constant, et de périodes de sécheresse intermittentes. Les systèmes de production existants ont donc été sérieusement perturbés (Gallais, 1984).



Figure 1.1. Le Mali, avec en noir la Région (5e Région et Cercle de Niafunké).

Les potentialités agricoles intrinsèquement élevées de la Région ont attiré l'attention d'agences de développement, telles que la Banque Mondiale, ainsi que celle d'organisations donatrices. Cependant, les programmes de développement réalisés dans la Région ont souvent été partiels; de plus, la compétition, toujours plus intense, pour les ressources limitées entre les systèmes agricoles, à savoir la culture, l'élevage ainsi que la pêche, n'était pas suffisamment reconnue. Il était donc nécessaire de formuler un plan global d'utilisation des terres basé sur la capacité de production des ressources naturelles et les objectifs du développement des différents acteurs concernés.

### 1.3 Le Projet

Dans le second plan quinquennal de développement de la 5e Région financé par la Banque Mondiale, il a été admis qu'un tel plan devrait être basé sur une analyse profonde des systèmes de production existants, et de ses potentialités. Il a donc été décidé d'accompagner ce plan d'un projet spécial chargé de "l'étude des systèmes de productions rurales (ESPR)". Le but de ce projet était (cf. projet de termes de référence) de recueillir et d'analyser des informations sur les différents systèmes de production de la Région, en mettant particulièrement l'accent sur:

- l'acquisition de connaissances plus étendues quant aux diverses possibilités d'exploitation de l'écosystème;
- l'identification et l'évaluation des principales contraintes et des interactions entre les différentes activités en rapport avec une gestion de l'écosystème dans son ensemble;
- l'analyse de réponses des diverses activités adaptées à un régime de pluies incertain;
- la formulation d'une stratégie optimale concernant les diverses activités de production.

Une équipe du projet, composée de cinq experts nationaux a été appointée pour effectuer cette étude; le CABO a fourni une assistance technique. Cet institut, reconnaissant là une opportunité de développer davantage et de tester l'approche proposée par de Wit *et al.* (1988), a mené le projet en collaboration avec la Direction Générale de la Coopération Internationale (DGIS) des Pays-Bas, en ce qui concerne la participation financière.

Deux experts ont été appointés "de jure" par le CABO, l'un basé dans la Région pour travailler en étroite collaboration avec l'équipe locale, surtout en ce qui concerne la collecte des données de base sur les ressources naturelles et les données quantitatives sur les techniques de production couramment pratiquée dans la Région. Le second expert, basé au CABO, était surtout responsable de la synthèse des informations recueillies, sous une forme applicable dans le cadre de la méthode d'analyse proposée. En outre, le CABO était chargé de générer des informations sur les techniques de production alternatives et potentielles, non encore pratiquées dans la Région, mais techniquement réalisables cependant, du point de vue des conditions agro-écologiques existantes.

## 1.4 La méthode

L'approche utilisée dans l'analyse des voies du développement est basée sur la méthode de programmation interactive à objectifs multiples (Spronk & Veeneklaas, 1983; Nijkamp & Spronk, 1980). Cette méthode inclut l'utilisation d'un modèle d'intrants et d'extrants, d'une série de variables-objectifs, et d'une procédure de décision interactive à critères multiples.

Dans le modèle d'intrants-extrants construit pour cette étude, dénommé le modèle-PL, les coefficients techniques définis décrivent la série de techniques de production supposée être disponible pour la Région. Ils incluent les techniques de production pour le moment couramment utilisées, celles pratiquées à l'heure actuelle dans des régions comparables et dont l'extrapolation à la Région étudiée pourrait être envisagée (techniques de production alternatives) ainsi que celles qui seraient techniquement réalisables, dans les conditions agro-écologiques prévalantes, si des niveaux d'intrants externes plus élevés étaient appliqués (techniques de production potentielles). Chaque technique de production est définie par des coefficients d'extrait (production) et d'intrants spécifiques (moyens de production) qui sont dérivés d'une manière bien définie de la réalisation d'un certain produit. Les activités agricoles définies pour la Région incluent les cultures vivrières, l'élevage et la pêche. Les coefficients techniques pour les techniques de production courantes sont dérivées d'études effectuées dans la Région, pour autant qu'elles aient été disponibles. En ce qui concerne les techniques de production alternatives et potentielles, les coefficients techniques ont été dérivés des résultats des modèles de simulation de la croissance végétale (Erenstein, 1990; van Duivenbooden, 1990).

En principe, les variables-objectifs incorporées dans le modèle-PL devraient couvrir tous les intérêts principaux de la Région, de façon que les options techniques de son développement restent, dans toute la mesure du possible, accessibles et ouvertes. Des efforts ont été faits dans ce projet pour tenir compte, dans l'établissement des variables-objectifs appropriées, des consultations ayant eu lieu avec les personnes concernées par le développement de la Région, à savoir les autorités locales et régionales, les agences du développement ainsi que les autorités nationales. Les aspirations des divers groupes d'intérêts ont cependant été difficile à traduire, sans équivoque, en termes appropriés au modèle-PL. Il a donc fallu parfois effectuer un choix subjectif.

La méthode de décision interactive à critères multiples utilisée est expliquée en détail par de Wit *et al.* (1988) et elle n'a donc pas été approfondie dans cette étude.

Il faut tout de même faire remarquer que, essentiellement par manque de temps, il n'a pas été fait un usage suffisant de l'option interactive de la méthode, à savoir qu'aucune rétroaction des groupes d'intérêts dans le processus de développement régional, n'a été incorporée dans les résultats présentés ici. Par conséquent, les résultats obtenus ne devraient être considérés que comme étant préliminaires; une analyse complémentaire est prévue, après consultation des parties intéressées.

Dans ce quatrième rapport de la série consacrée à ce projet de recherche, l'accent a été mis sur les résultats de l'analyse effectuée avec le modèle d'optimisation. Pour une évaluation convenable de ces résultats, il est important de considérer les données d'intrants et la structure du modèle d'optimisation. Les données d'intrants sont résumées au chapitre 2 (Ressources) et 3 (Activités de production). Ces chapitres sont basés sur les données présentées dans les rapports 1 et 2 de cette série. Dans le chapitre 4 (Contraintes et interrelations) et 5 (Objectifs), la structure du modèle est présentée. Une description formelle du modèle est donnée dans le rapport 3. Dans le chapitre 6, qui est le chapitre principal de ce rapport, deux scénarios de base pour le développement agricole de la Région sont présentés; ils sont suivis d'un nombre de variantes (alternatives); ce chapitre 6 contient également des conclusions (ou résultats) tant au niveau régional qu'au niveau des zones agro-écologiques qui la composent. Le chapitre 7, contenant des remarques finales et additionnelles, clôt ce rapport.

## 2. RESSOURCES

### 2.1 Sols et zones agro-écologiques

La 5e Région et le Cercle de Niafunké, dénommés la Région au cours de l'étude, couvrent selon notre surfaçage, une superficie de 88 696 km<sup>2</sup>. Elle comprend 116 unités cartographiques (figure 2.1), qui sont des mosaïques de 46 unités taxonomiques de sol/végétation (rapport 1, chapitre 3).

Selon des caractéristiques granulométriques des sols de 43 unités taxonomiques, nous avons distingué 7 classes texturales de sol qui sont précisées au tableau 2.2. A ces classes texturales correspondent des caractéristiques hydriques qui sont calculées selon 2 formules. La teneur pondérale en eau d'un sol à la capacité au champ (ou teneur pondérale maximale en eau d'un sol ressuyé, Tc à pF 2.5) et la teneur pondérale en eau d'un sol au point de flétrissement (ou teneur pondérale minimale en eau accessible aux plantes, Tp à pF 4.2) sont ainsi calculées (rapport 1, chapitre 3):

$$Tc = (36.97 - 0.35 * X) * 10 \quad (1)$$

$$Tp = (0.74 + 0.39 * Y) * 10 \quad (2)$$

où

Tc = Teneur pondérale en eau à la capacité au champ [g H<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> sol]

X = Teneur pondérale en sable [%].

Tp = Teneur pondérale en eau au point de flétrissement [g H<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> sol]

Y = Teneur pondérale en argile [%].

L'eau utile aux plantes est donné par:

$$Eu = (Tc - Tp) * Ds * De \quad (3)$$

où

Eu = L'eau utile aux plantes [cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>]

Ds = Densité spécifique moyenne des sols [1.4 kg dm<sup>-3</sup>]

De = Densité spécifique de l'eau [1 g cm<sup>-3</sup>]

Ensuite, chaque classe texturale est reprécisée selon des critères de deuxième rang qui ont cependant une influence sur les possibilités de productions de ces types de sol. Comme de plus, il y a 2 types de substrats spéciaux, nous obtenons

finalement 18 substrats qui sont brièvement décrits au tableau 2.3. Ce sont ces derniers qui sont utilisés lors de l'étude de la Région. Le tableau 2.3 donne également les équivalences avec les unités taxonomiques du PIRT qui est la référence de base utilisée (rapport 1, chapitre 3).

La Région est hétérogène quant à la distribution des 18 substrats. En effet, ces derniers ne sont pas dispersés aléatoirement mais sont situés plutôt préférentiellement dans des sous-ensembles de la Région. Donc, cette dernière peut être divisée selon des critères d'homogénéité de l'arrangement spatial des substrats et il est possible ainsi de créer 11 sous-régions dénommées zones agro-écologiques (ZAE). Ces dernières sont présentées à la figure 2.1.

Au tableau 2.4, les surfaces de ces zones agro-écologiques sont données, ainsi que celles des 18 substrats qui les composent. Le tableau 2.5 donne, en pour cent, la contribution de chaque substrat à la composition de chaque zone agro-écologique. Il donne également l'importance [%] de chacun des 18 substrats par rapport à l'ensemble de la Région ainsi que l'importance [%] de chacune des 11 zones agro-écologiques par rapport à l'ensemble de la Région.

Afin d'aider le lecteur à situer ces zones agro-écologiques, la figure 2.2 donne les limites des 9 Cercles qui regroupent les 62 Arrondissements qui composent administrativement la Région.

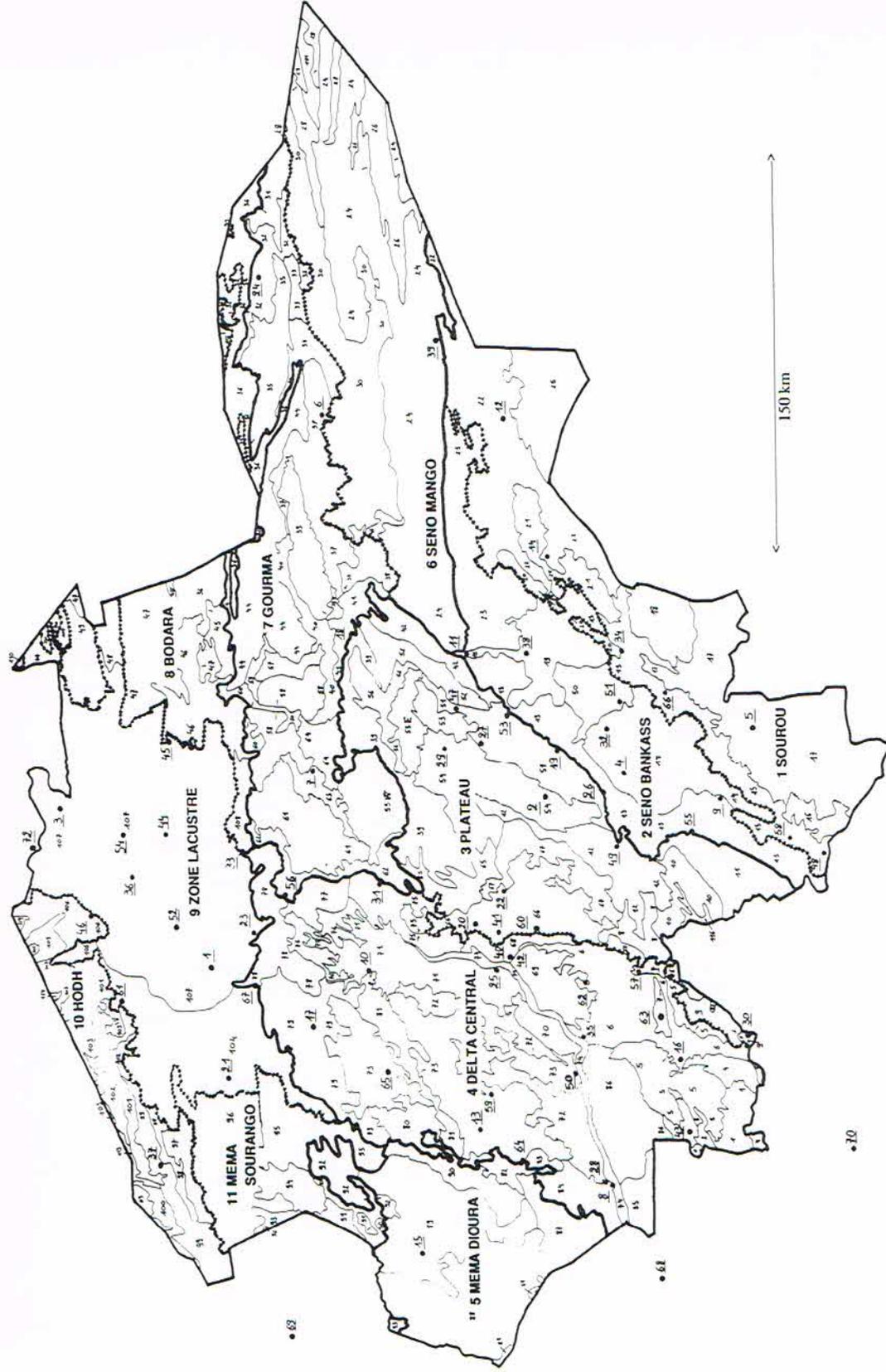


Figure 2.1. La Région et les 11 zones agro-écologiques qui la compose. Les fines lignes sont les limites des 116 unités cartographiques PIRT de base qui sont numérotées par de petits numéros. Les numéros soulignés correspondent aux 72 localités, de référence géographique, qui sont données au tableau 2.1.

Tableau 2.1. Numérotation des 72 localités de référence géographique de la Région. Cette numérotation correspond aux numéros soulignés des figures 2.1 & 2.2.

NO	NOM	NO	NOM
1.	Ambiri	37.	Léré
2.	Bandiagara	38.	Madougou
3.	Banikané	39.	Mondoro
4.	Bankass	40.	Mopti-ADRAO
5.	Baye	41.	Mopti-Aérodrome
6.	Boni	42.	Mopti-OMM
7.	Boré	43.	Mougna
8.	Diafarabé	44.	N'Gorkou
9.	Dialassagou	45.	N'Gouma
10.	Dialloubé	46.	Niafunké
11.	Diankabou	47.	Ningari
12.	Dinangourou	48.	Ouenkoro
13.	Diondiori	49.	Ouo
14.	Diongani	50.	Ouro-Mody
15.	Dioura	51.	Pel
16.	Djenné	52.	Sah
17.	Dogo	53.	Sangha
18.	Douentza	54.	Saraféré
19.	Dourou	55.	Ségué
20.	Fatoma	56.	Sendégué
21.	Gathi-Loumo	57.	Sofara
22.	Goundaka	58.	Sokoura
23.	Guidio-Saré	59.	Sossobé
24.	Hombori	60.	Soufouroulaye
25.	Kami	61.	Soumpi
26.	Kani Bonzon	62.	Soyé
27.	Kanigogouna	63.	Taga
28.	Kara	64.	Ténènkou
29.	Kendié	65.	Toguéré-Goumbé
30.	Konio	66.	Toroli
31.	Konna	67.	Youwarou
32.	Koporokendié-Nah	68.	Macina
33.	Korientzé	69.	Nampala
34.	Koro	70.	San
35.	Kouakourou	71.	Tombouctou
36.	Koumaira	72.	Tonka

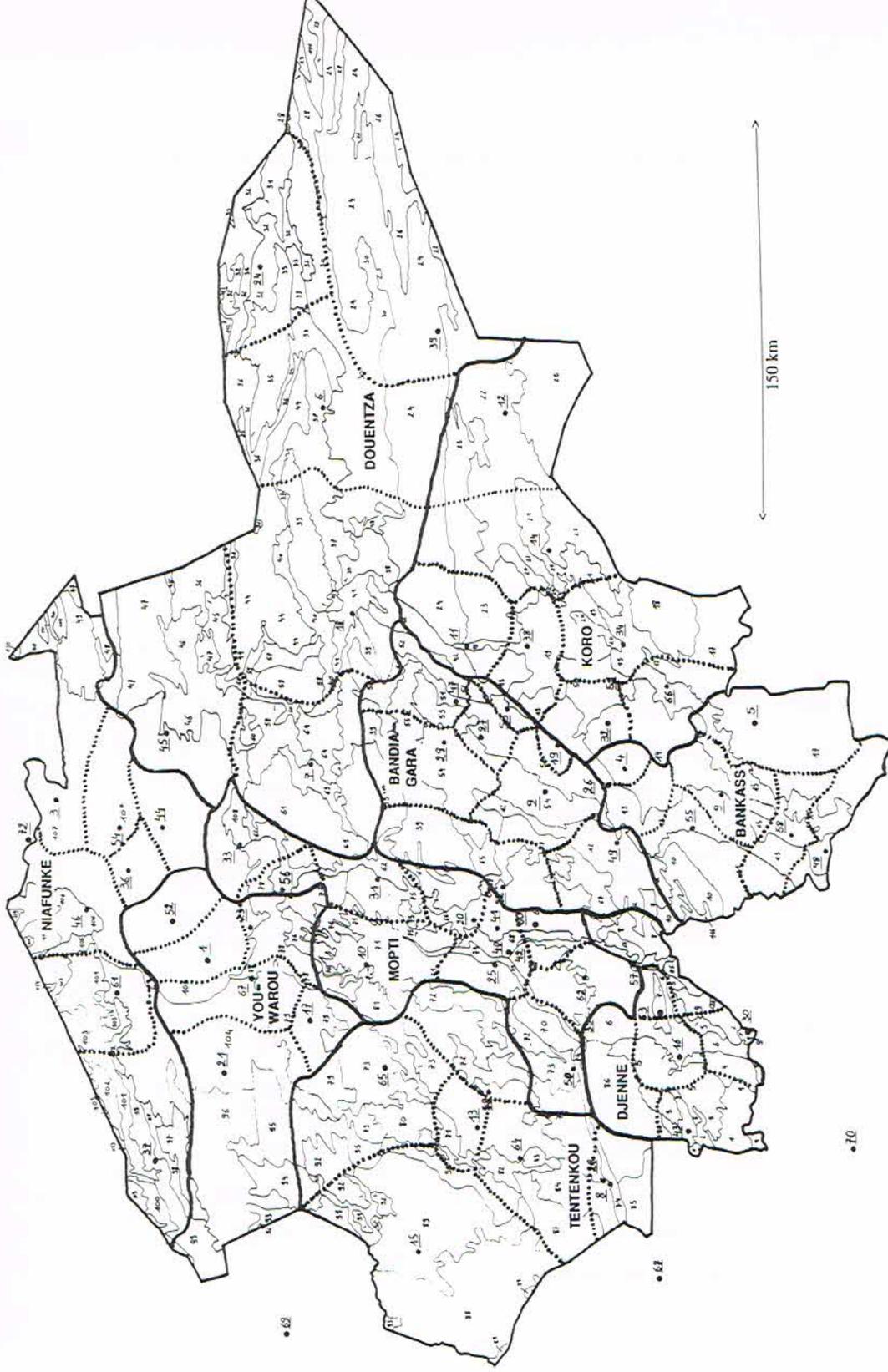


Figure 2.2. La Région de Mopti et Cercle de Niafunké) composée de 9 Cercles qui regroupent 62 Arrondissements. Les numéros soulignés correspondent aux 72 localités, de référence géographique, qui sont données au tableau 2.1. Les limites et les positions sont indicatives.

Tableau 2.2. Caractéristiques pédologiques des 7 types de sols (de A à G) distingués dans la Région. Les caractéristiques données sont texturales [% pondéraux] et hydriques: teneur en eau pondérale à la capacité au champ à pF 2.5 ainsi que teneur en eau pondérale au point de flétrissement à pF 4.2 [ $g\ H_2O\ kg^{-1}\ sol$ ] et teneurs volumiques en eau utile [ $cm^3\ H_2O\ dm^{-3}\ sol$ ].

TYPE DE SOL	TEXTURE			TENEUR EN EAU		EAU UTILE
	Sable	Limon	Argile	pF 2.5	pF 4.2	
A	92.5	2.5	5.0	46	27	27
B	77.5	10.0	12.5	98	56	59
C	60.0	30.0	10.0	160	46	160
D	62.5	10.0	27.5	151	115	50
E	10.0	47.5	42.5	335	173	227
F	32.5	35.0	32.5	256	134	171
G	38.5	44.0	17.5	235	76	223

Tableau 2.3. Substrats utilisés pour l'étude de la Région (CABO) et les équivalences avec les unités taxonomiques du PIRT sont également données.

CABO	CARACTERISTIQUES	PIRT
A	Sable	D2-4
B1	Sable limoneux	D5-6
B2	Idem, nappe phréatique haute	D7
C1	Limon sableux	DA1-5, PS2-3
C2	Idem, gravilloneux	TR1, TR2, TR6
D1	Limon argilo-sableux	PL4, PL6, TH5
D2	Idem, fertilité basse	PL1-2, PS1
E1a	Argile limoneuse	PA3, TH4, TH8, TI5
E1b	Idem, inondable	TI1
E2a	Argile limoneuse, fertilité basse	PL7, TH1
E2b	Idem, idem, inondable	TI3
F1	Limon argileux	PL9, TH3, TH6-7
F2	Idem, gravilloneux	TC1-5
F3a	Limon argileux, fertilité haute	TH2
F3b	Idem, idem, inondable	TI2
G	Limon	TI4, TI7
X	Roches	X3, X5
Y	Eau libre permanente	X6

Tableau 2.4. Superficies [km<sup>2</sup>] des 18 substrats selon les 11 zones agro-écologiques. Egalement, surfaces totales de chaque substrat (colonne total) et de chaque zone agro-écologique (ligne total).

SUB-STRAT	Sourou	Séno Bankass	Plateau Central	Delta	Méma Dioura	Séno Mango	Gourma	Bodara	Zone Lacustre	Hodh	Méma-Sourango	TOTAL
A	-	-	-	-	-	-	-	3 019	229	385	44	3 677
B1	-	2 477	-	-	-	4 430	-	-	0	25	0	6 932
B2	-	-	-	64	391	-	-	5	4 312	7	265	5 044
C1	2 327	3 866	1 808	375	2 319	884	800	1 006	278	1 657	57	15 377
C2	-	-	3 354	-	-	-	1 523	-	-	-	-	4 877
D1	2 445	-	102	41	594	27	1 418	36	-	63	348	5 074
D2	76	-	-	-	740	339	853	213	-	298	90	2 609
E1a	-	-	46	16	47	511	384	-	49	22	1 128	2 203
E1b	-	-	53	6 104	57	-	76	5	1 185	-	-	7 480
E2a	147	-	-	204	567	-	349	-	-	-	45	1 312
E2b	-	-	9	3 852	256	-	-	2	355	-	-	4 474
F1	1 465	100	1 459	2 667	372	41	152	-	278	-	148	6 682
F2	2 722	84	668	55	-	2 580	3 464	-	-	458	170	10 201
F3a	138	-	-	-	60	128	55	-	2 370	75	795	3 621
F3b	-	-	47	705	-	-	-	-	-	-	-	752
G	-	-	-	1 112	-	-	109	-	852	-	-	2 073
X	-	-	3 344	64	-	360	1 034	-	-	237	-	5 039
Y	-	-	-	820	-	0	-	-	449	-	-	1 269
Total	9 320	6 527	10 890	16 079	5 403	9 300	10 217	4 286	10 357	3 227	3 090	88 696

-: valeur nulle

Tableau 2.5. Superficies (%) des 18 substrats par rapport à chacune des 11 zones agro-écologiques. Egalement, sur-faces totales, en %, de chaque type de sol par rapport à la superficie totale de la Région (colonne total) et de chaque zone agro-écologique par rapport à la Région (ligne total).

SUB-STRAT	Sourou	Séno Bankass	Plateau	Delta Central	Ména Dioura	Séno Mango	Gourma	Bodara	Zone - Lacustre	Hodh	Ména-Sourango	TOTAL
A	.	.	.	.	.	.	.	70	2	12	1	4.2
B1	.	38	.	.	.	48	.	.	.	1	.	7.8
B2	.	.	.	0	7	.	.	0	42	0	9	5.7
C1	25	59	17	2	43	10	8	23	3	51	1	17.3
C2	.	.	31	.	.	.	15	.	.	.	.	5.5
D1	26	.	1	0	11	0	14	1	.	2	11	5.7
D2	1	.	.	.	14	4	8	5	.	9	3	2.9
E1a	.	.	0	0	1	5	4	.	0	1	37	2.5
E1b	.	.	0	38	1	.	1	0	12	.	.	8.4
E2a	2	.	.	1	10	.	3	.	.	.	1	1.5
E2b	.	.	0	24	5	.	.	0	3	.	.	5.1
F1	16	2	13	17	7	0	1	.	3	.	5	7.5
F2	29	1	6	0	.	28	34	.	.	14	6	11.5
F3a	1	.	.	.	1	1	1	.	23	2	26	4.1
F3b	.	.	0	4	.	.	.	.	.	.	.	0.8
G	.	.	.	7	.	.	1	.	8	.	.	2.4
X	.	.	31	0	.	4	10	.	.	8	.	5.7
Y	.	.	.	5	.	.	.	.	4	.	.	1.4
TOTAL	11	7	12	18	6	10	12	5	12	4	3	100.0

.: valeur impossible.

0: trace, valeur plus petite que la moitié de l'unité choisie.

## 2.2 Pluviométries et zones pluviométriques

De l'extrême ouest à l'extrême est, la Région s'étend de  $5^{\circ} 42'$  à  $0^{\circ} 45'$  de longitude W. De l'extrême sud à l'extrême nord, elle couvre  $3^{\circ}$  vu qu'elle va de  $13^{\circ} 10'$  à  $16^{\circ} 13'$  de latitude N (figure 2.1).

Dans le Sahel et sur un tel gradient de latitude, les pluviosités sont très hétérogènes. La figure 2.3 illustre la diminution de la pluviométrie du sud au nord pour 18 postes pluviométriques de la Région ainsi que deux situés en dehors (rapport 1, chapitre 4).

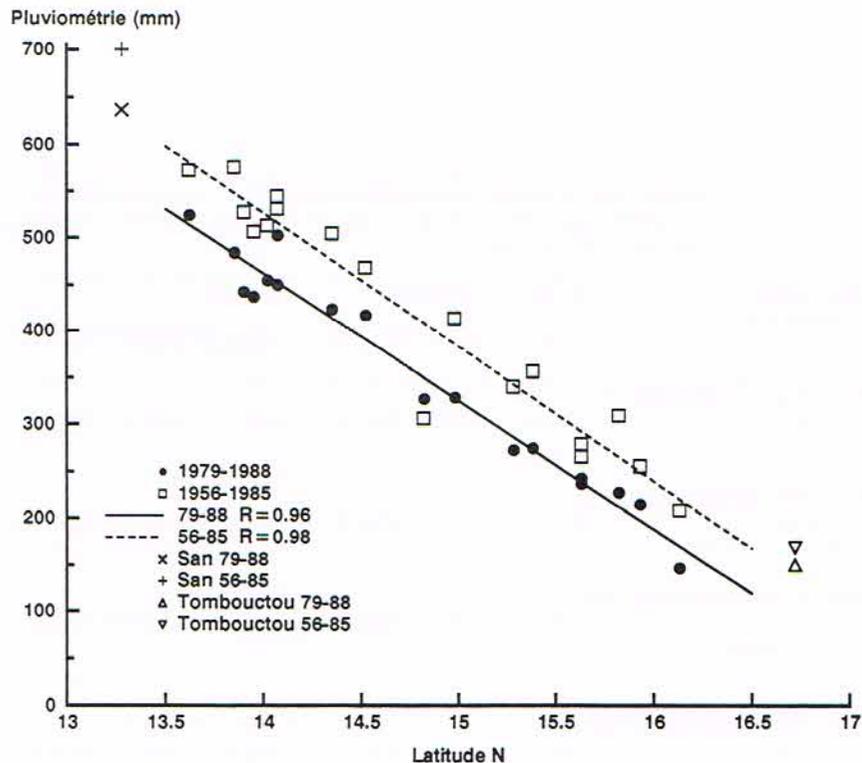


Figure 2.3. Comparaison entre les moyennes pluviométriques de 1956 à 1985 (30 ans) et celles de 1979 à 1988 (10 ans) pour 18 postes pluviométriques DNM (Direction Nationale de la Météo) de la Région et situés selon un gradient de latitude N. Egalement, comparaison entre deux postes situés en dehors de la Région.

Donc, pour l'étude de la Région, il est nécessaire de préciser la pluviosité de chaque zone agro-écologique définie au chapitre 2.1. Il est aussi impératif de définir les postes pluviométriques qui les caractérisent afin de pouvoir relier les sols qui les composent à des données pluviométriques.

Sur la base des totaux pluviométriques annuels de 1959 à 1988 et de 1979 à 1988, nous avons défini 4 zones pluviométriques (ZP). Chacune de ces zones est le regroupement de plusieurs zones agro-écologiques (figure 2.1, tableau 2.6). Bien entendu, certains compromis ont été acceptés. En effet, le découpage selon des critères pluviométriques aurait dû idéalement correspondre à des isohyètes qui, dans la Région, sont presque orientés d'ouest en est. Les postes pluviométriques qui caractérisent la zone pluviométrique I sont Bankass et Koro. La ZP II est représentée par Djenné, Mopti-Aérodrome et Douentza. Les postes pluviométriques de Douentza et Hombori sont valables pour la ZP III tandis que Niafunké l'est pour la ZP IV (rapport 1, chapitre 4).

Tableau 2.6. Pluviométries de mai à octobre [mm] et annuelles [mm a<sup>-1</sup>] selon les années normales, sèches et humides et selon les 4 zones pluviométriques (ZP) regroupant les 11 zones agro-écologiques de la Région. Valeurs moyennes de 1959 à 1988.

ZONE AGRO- ECOLOGIQUE	DE MAI A OCTOBRE			ANNUEL		
	normale	sèche	humide	normale	sèche	humide
<b>Zone Pluviométrique I</b>						
Sourou	530.5	362.5	683.0	544.5	368.1	689.0
Séno Bankass						
<b>Zone Pluviométrique II</b>						
Plateau	457.3	302.4	653.2	460.9	305.6	662.7
Delta Central						
<b>Zone Pluviométrique III</b>						
Méma Dioura	376.4	236.7	501.7	379.3	237.0	512.1
Séno Mango						
Gourma						
<b>Zone Pluviométrique IV</b>						
Bodara	255.0	153.1	356.0	256.6	153.1	356.9
Zone Lacustre						
Hodh						
Méma Sourango						

Les résultats finaux de la modélisation-PL peuvent être livrés de plusieurs façons compte tenu de la pluviométrie, une des bases des productions agricoles primaires, et partant de là, des productions secondaires. Une première solution est de tenir compte de toutes les possibilités pluviométriques annuelles. Mais étant donné l'extrême hétérogénéité intra- et inter-annuelle des pluies (figure 2.4), c'est difficilement possible. Une autre solution est de livrer les résultats sous une forme de moyenne générale. Mais la figure 2.4 montre aussi très bien que cette façon de procéder camouflerait une diversité certaine. Finalement, une solution intermédiaire est utilisée. Comme le but du projet n'est pas d'effectuer une étude stochastique des pluviométries de la Région, nous avons choisi une méthode empirique.

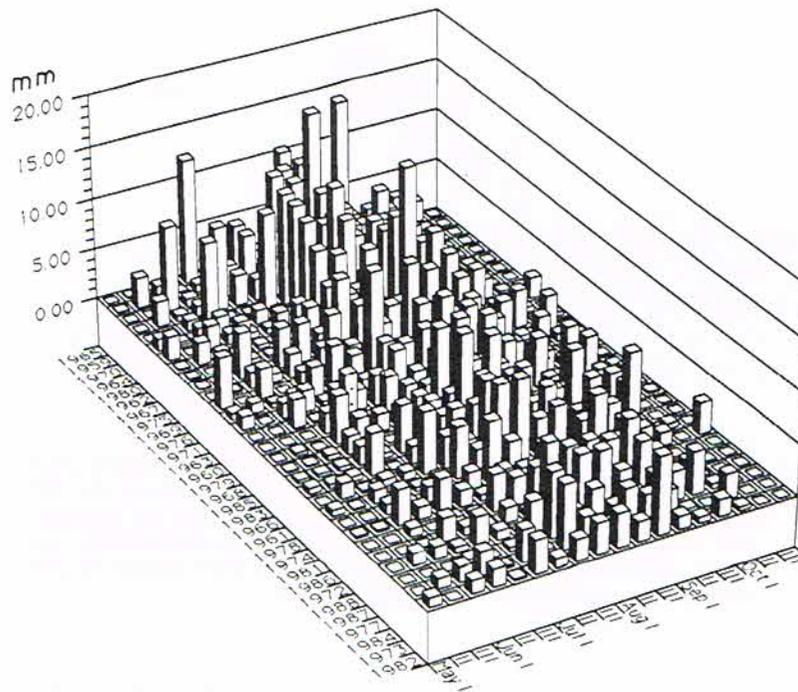


Figure 2.4. Histogramme des totaux pluviométriques décennaux de mai à octobre entre 1959 et 1988 (30 ans) pour Mopti-Aérodrome. Les années sont classées selon l'ordre décroissant de leur total annuel.

Sur la base des totaux pluviométriques annuels de 1959 à 1988 (30 ans), nous admettons que la moyenne des 20% inférieurs (6 ans) représente ce que nous appelons une année sèche. Celle des 60% intermédiaires (18 ans) est valable pour une année normale. Finalement, celle des 20% supérieurs (6 ans) l'est pour une année humide.

Sur la base des données annuelles des 7 postes pluviométriques précités, nous pouvons caractériser, pour chaque ZP, les trois types d'année pluviométrique ainsi que montré au tableau 2.6. Pour l'étude, il n'est pas tenu compte des années humides vu qu'elles n'apportent pas d'informations sur les risques possibles encourus par les agriculteurs. Les années humides sont considérées comme un boni par rapport aux années normales tandis que les années sèches sont une contrainte (rapport 1, chapitre 4). La figure 2.5 illustre cette démarche de pensée.

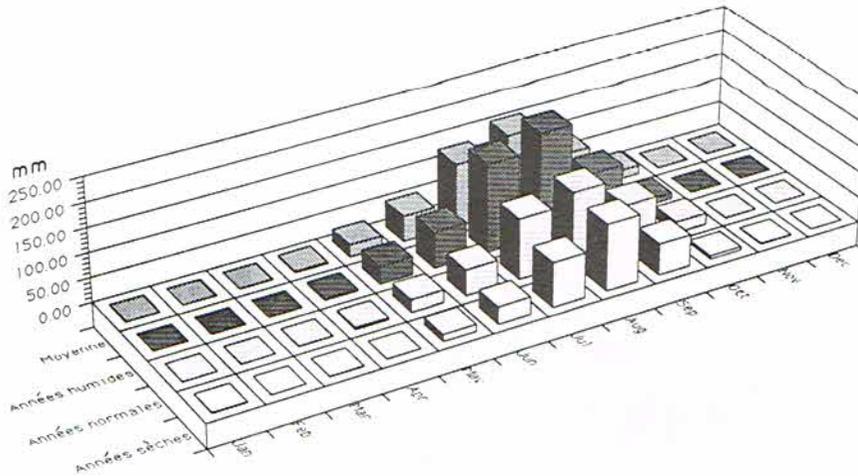


Figure 2.5. Histogramme des totaux pluviométriques mensuels et annuels pour Mopti-Aérodrome. Les valeurs sont les moyennes pour 30 ans, de 1959 à 1988, les moyennes des 6 années les moins pluvieuses qui représentent une année sèche, les moyennes des 18 années intermédiaires qui représentent une année normale et les moyennes des 6 années les plus pluvieuses qui représentent une année humide.

Selon nos informations, la Région comprendrait un minimum de 81 pluviomètres répartis en 67 localités (figure 2.1 & tableau 2.1). Sur la base de toutes les moyennes pluviométriques correspondant aux 30 et 10 dernières années, dont nous avons disposés, le tableau 2.7 est établi. Nous y trouvons pour 30 ou 10 ans les moyennes pluviométriques annuelles par zone agro-écologique. Nous pouvons également y voir que les moyennes des 30 dernières années, par zone pluviométrique, correspondent aux années normales (tableau 2.6) qui ont été définies sur la base de 7 postes pluviométriques représentatifs.

Tableau 2.7. Moyennes pluviométriques [ $\text{mm a}^{-1}$ ] pour 30 années (de 1956 à 1985 et de 1959 à 1988 confondues) ainsi que pour 10 années (de 1979 à 1988) selon les onze zones agro-écologiques regroupées en quatre zones pluviométriques.

ZONE AGRO-ÉCOLOGIQUE	MOYENNE 30 ans	MOYENNE 10 ans
<b>Zone Pluviométrique I</b>		
Sourou	532	422
Séno Bankass	536	469
<i>Moyenne</i>	541	451
<b>Zone Pluviométrique II</b>		
Plateau	485	401
Delta Central	469	364
<i>Moyenne</i>	471	381
<b>Zone Pluviométrique III</b>		
Méma Dioura	392	346
Séno Mango	*	331
Gourma	391	280
<i>Moyenne</i>	391	306
<b>Zone Pluviométrique IV</b>		
Bodara	337	260
Zone Lacustre	279	237
Hodh	233	137
Méma Sourango	*	*
<i>Moyenne</i>	298	237

\*: valeur manquante.

### 2.3 Crues et inondations

La Région est caractérisée par une zone deltaïque continentale alimentée par le Niger et le Bani. Elle est principalement composée par les zones agro-écologiques du Delta Central et de la Zone Lacustre (figure 2.1 & tableau 2.8).

Ces deux fleuves sont soumis à des alternances de crues et d'étiages suite aux apports d'eau dûs aux pluies dans l'amont des deux bassins fluviaux. Dans la Région même, les précipitations ne contribuent que de façon négligeable à ce phénomène. Comme les pluies qui tombent sur la Région sont le reflet de l'état des précipitations en Afrique de l'Ouest, il est intéressant de noter une similitude entre le régime des crues et la pluviosité moyenne de la Région, ainsi que montré à la figure 2.6.

Les alternances de flux et de reflux sont la cause d'inondations cycliques de la zone deltaïque. Donc, les possibilités de productions agricoles (pêche, élevage, cultures) de cette zone sont conditionnées par la submersion, à savoir la hauteur et la durée de submersion ainsi que les superficies inondées. Les figures 2.7 & 2.8 montre l'évolution des crues de 1959 à 1988 (rapport 1, chapitre 5).

Tableau 2.8. Superficies [km<sup>2</sup>] maximales inondables en cas de crue normale (660 cm) et en cas de crue basse (510 cm) selon les types de sol, et donc de végétation, inondables (dénominations PIRT et CABO) et selon les zones agro-écologiques.

ZONE AGRO-EC.	\CABO \PIRT	E2b TI3	G TI4	F3b TI2	E1b TI1	G TI7	Y X6	TOTAL
<b>Année de crue normale</b>								
Plateau		9	-	47	53	-	-	109
Delta Central	3 852		333	705	6 104	779	820	12 593
Méma Dioura		256	-	-	57	-	-	313
Gourma		-	-	-	76	109	-	185
Bodara		2	-	-	5	-	-	7
Zone Lacustre		355	-	-	1 185	852	449	2 841
Total		4 474	333	752	7 480	1 740	1 269	16 048
<b>Année de crue basse</b>								
Plateau		-	-	9	39	-	-	48
Delta Central		-	-	141	4 474	571	820	6 006
Méma Dioura		-	-	-	-	-	-	-
Gourma		-	-	-	-	-	-	-
Bodara		-	-	-	-	-	-	-
Zone Lacustre		-	-	-	869	624	449	1 942
Total		-	-	150	5 382	1 195	1 269	7 996
<b>Année de crue basse % année de crue normale</b>								
Plateau		-	.	19	74	.	.	44
Delta Central		-	-	20	73	73	100	48
Méma Dioura		-	.	.	-	.	.	-
Gourma		.	.	.	-	-	.	-
Bodara		-	.	.	-	.	.	-
Zone Lacustre		-	.	.	73	73	100	68
Total		-	-	20	72	69	100	50

La zone deltaïque recouvre un total (terrains inondables et exondés) de 28 625 km<sup>2</sup> qui se répartissent en 539 km<sup>2</sup> pour le Plateau, en 16 079 km<sup>2</sup> pour le Delta Central soit sa totalité, en 1 190 km<sup>2</sup> pour le Méma Dioura, en 217 km<sup>2</sup> pour le Gourma, en 243 km<sup>2</sup> pour le Bodara et en 10 357 km<sup>2</sup> pour la Zone Lacustre soit sa totalité.

-: valeur nulle; .: valeur impossible.

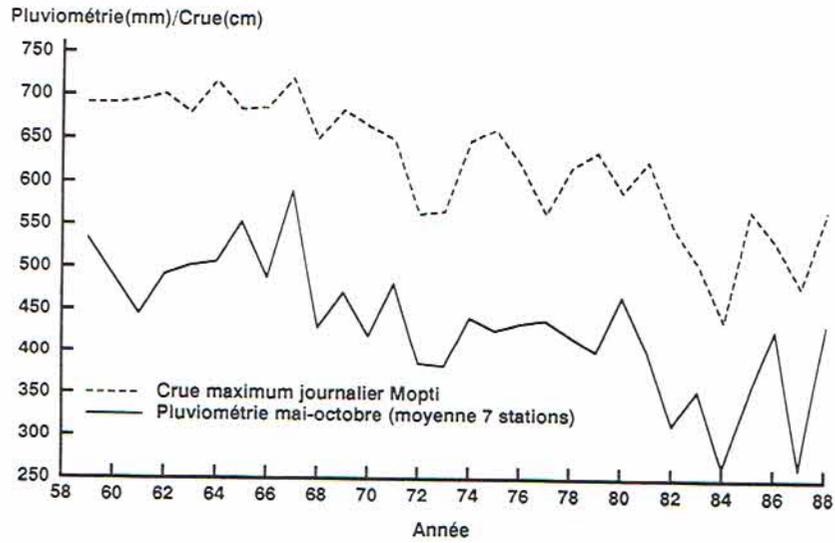


Figure 2.6. Evolution des hauteurs maximales des crues à Mopti et des pluviométries moyennes de mai à octobre pour les 7 stations pluviométriques de référence (Bankass, Djenné, Douentza, Hombori, Koro, Mopti-Aérodrome, Niafunké), entre 1959 et 1988.

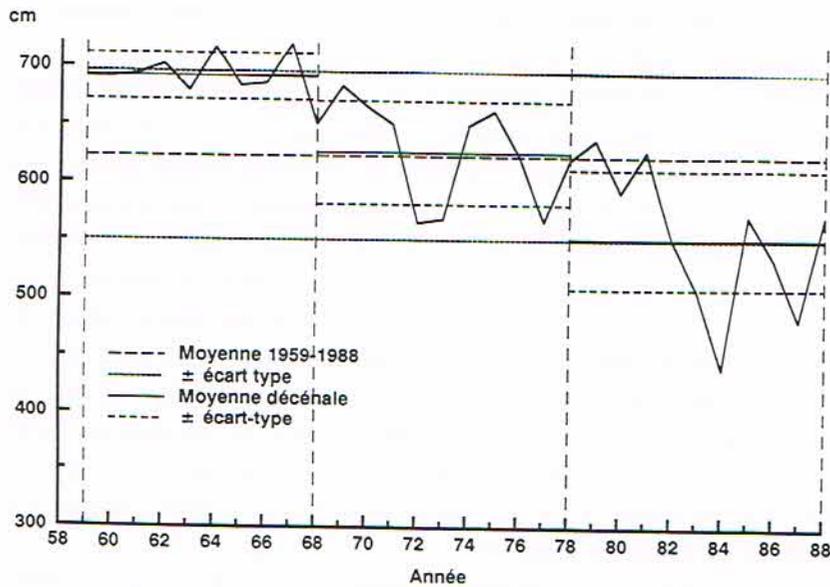


Figure 2.7. Evolution des hauteurs maximales annuelles des crues, de 1959 à 1988 et pour la station limnimétrique de Mopti.

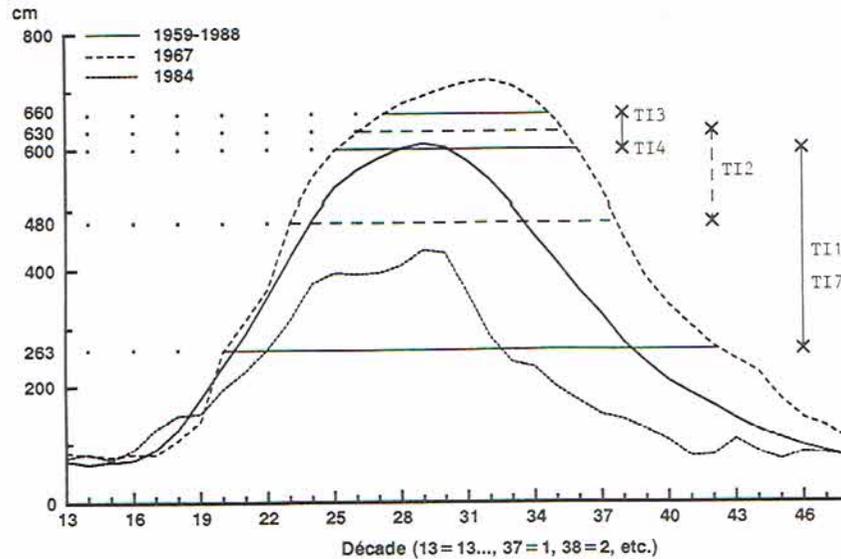


Figure 2.8. Courbe limnimétrique décadaire moyenne sur 30 ans ainsi que celle exceptionnellement haute ou basse, de 1959 à 1988 et pour la station limnimétrique de Mopti. Les accolades (TI3 & TI4, TI2 et TI1 & TI7) donnent les cotes d'inondation des différentes formations végétales.

Les liens entre les hauteurs de crue et les superficies inondées peuvent être trouvés par une démarche empirique.

Le PIRT nous fournit des informations sur les unités taxonomiques inondables (tableau 2.8). Le CIPEA nous donne des renseignements sur les hauteurs de submersion des formations végétales inondables. En comparant ces deux sources, il est possible d'attribuer des hauteurs de submersion des unités et donc des superficies inondables. Les unités taxonomiques TI3 et TI4, assimilés quant à la submersion, reçoivent une lame d'eau de 60 cm d'épaisseur qui va de 0 cm dans les parties hautes à 60 cm dans les parties basses. L'unité TI2 reçoit une lame de 180 cm qui va de 30 cm dans les parties hautes à 180 cm dans les parties basses. Les unités TI1 et TI7, assimilés quant à la submersion, reçoivent une lame d'eau de 397 cm d'épaisseur qui va de 60 cm dans les parties hautes à 397 cm dans les parties basses. Nous admettons que cette dernière valeur correspond au début de l'inondation des plaines, ce qui, à l'échelle limnimétrique de Mopti, équivaut à la cote de 263 cm (rapport 1, chapitre 5).

Nous supposons que les formations végétales pérennes décrites par le CIPEA sont en situation d'équilibre avec le milieu, plus exactement l'inondation. Donc, nous estimons une courbe limnimétrique, dite de référence, qui permettrait un tel

équilibre. Pour l'estimation, nous utilisons les données limnimétriques de Mopti comme étant représentatives de toute la zone deltaïque. En effet, Mopti est situé à la confluence du Bani et du Niger. La référence est la courbe limnimétrique décadaire (moyenne - écart-type) entre 1944 et 1968, dont le maximum décadaire culmine à 660 cm (échelle de Mopti). Elle est représentée à la figure 2.9.

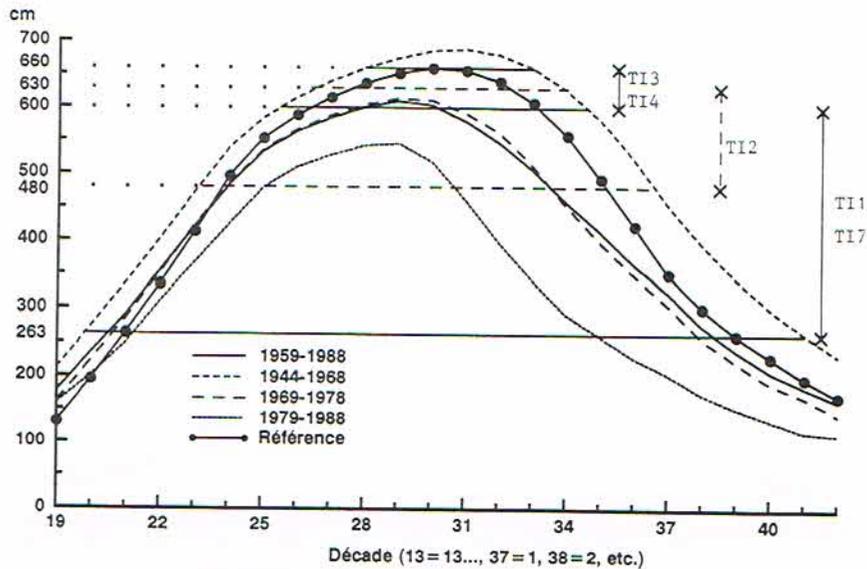


Figure 2.9. Courbes limnimétriques moyennes pour différentes périodes de temps ainsi que la courbe de référence. Les accolades (TI3 & TI4, TI2 et TI1 & TI7) donnent les cotes d'inondation des différentes formations végétales.

Pour cette courbe de référence, nous admettons que les superficies normalement inondables le sont effectivement (tableau 2.8, année de crue normale). Autrement dit, en cas de crue de référence, la zone deltaïque serait inondable à raison de 16 048 km<sup>2</sup>. Cette valeur ne tient pas compte des superficies de la zone deltaïque qui sont habituellement exondées.

Nous admettons que la cote limnimétrique de 660 cm correspond à 0 cm de submersion du haut des TI3 et TI4. Donc par rapport à l'échelle limnimétrique de Mopti, les TI3 et TI4 sont submergés de 660 à 600 cm, le TI2 l'est de 630 à 480 cm et les TI1 et TI7 sont submergés de 600 à 263 cm. Ces cotes d'inondation sont montrées sur les figures 2.8, 2.9 et 2.10.

Moyennant certaines suppositions, il est possible d'estimer les surfaces inondées en fonction des hauteurs maximales décadaires des crues à Mopti. La

figure 2.11 (trait plein) donne la visualisation de la relation établie entre les hauteurs maximales décadaires des crues à Mopti et les superficies inondées (rapport 1, chapitre 5). Ainsi par exemple, lors d'une crue exceptionnellement haute (1967: maximum décadaire de 719 cm), la zone deltaïque aurait été inondée à raison de 20 447 km<sup>2</sup>. Mais lors d'une crue exceptionnellement basse (1984: maximum décadaire de 434 cm), elle n'aurait eu que 5 822 km<sup>2</sup> d'inondés (rapport 1, chapitre 5).

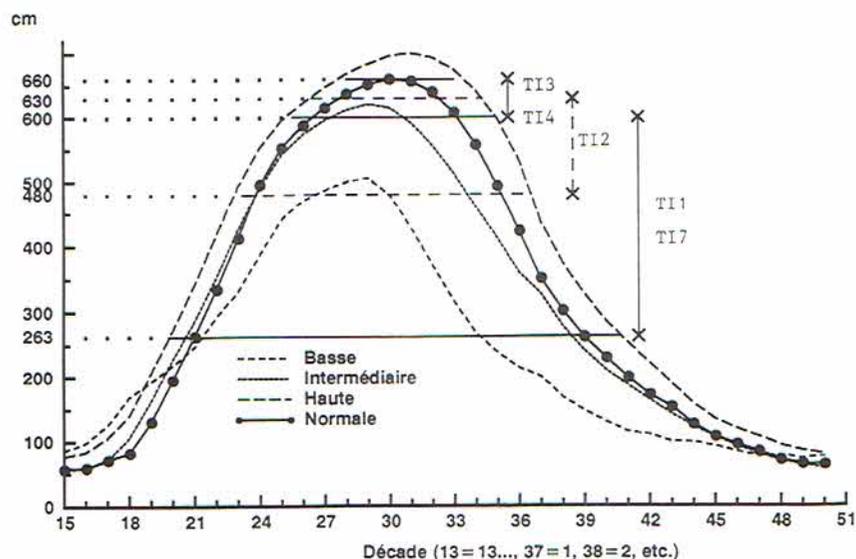


Figure 2.10. Courbes limnimétriques représentatives d'une année de crue basse, d'une année de crue intermédiaire et d'une année de crue haute. Egalement, représentation de la courbe limnimétrique de référence considérée comme normale. Les accolades (TI3 & TI4, TI2 et TI1 & TI7) donnent les cotes d'inondation des différentes formations végétales.

Comme pour les pluies, nous pouvons répartir les crues, des 30 années comprises entre 1959 et 1988, en 3 classes (figure 2.10). Une année de crue basse est représentée par la moyenne des 20% des crues les plus basses et son maximum décadaire est à 510 cm. Une année de crue intermédiaire est représentée par la moyenne des 60% des crues intermédiaires et son maximum décadaire est à 632 cm. Une année de crue haute est représentée par la moyenne des 20% des crues les plus hautes et son maximum décadaire est à 701 cm. La courbe d'une année intermédiaire (figure 2.10) n'est pas différente de la courbe moyenne de 1959 à 1988 (figure 2.9). Cependant, pour l'étude sous rubrique, nous ne considérons pas que les valeurs intermédiaires représentent la normale (rapport 1, chapitre 5). Nous

admettons que la courbe limnimétrique de référence (660 cm) est représentative d'une année normale ainsi que montré à la figure 2.10.

Le tableau 2.8 donne les superficies estimées être inondables en cas de crue normale (660 cm) et en cas de crue basse (510 cm). Il donne également les pourcentages que représentent les surfaces inondées en cas de crue basse par rapport à celles submergées normalement.

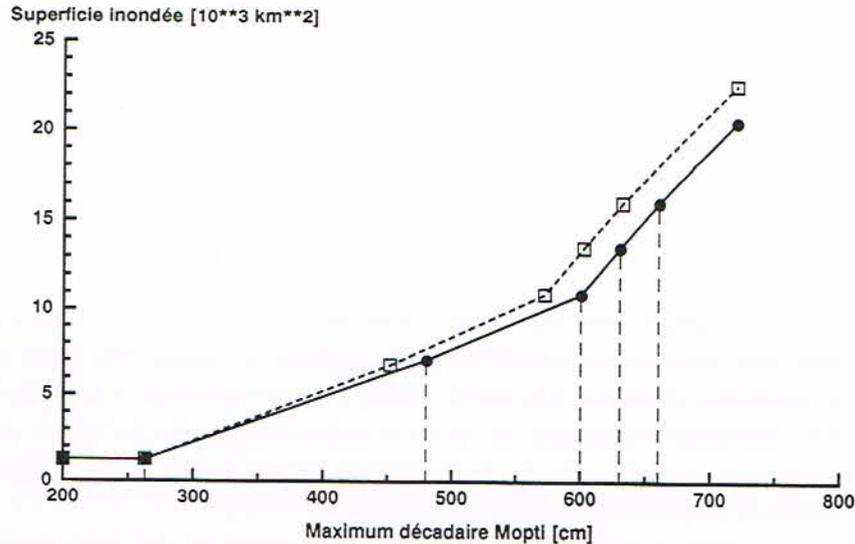


Figure 2.11. Visualisation de l'évolution des superficies inondées de la zone deltaïque en fonction du maximum décadaire de la crue à l'échelle limnimétrique de Mopti. La ligne pleine donne la relation retenue sur la base d'une crue normale ayant un maximum décadaire de 660 cm et la ligne pointillée (non retenue) la donne sur la base d'une crue intermédiaire ayant un maximum décadaire de 632 cm.

En année de crue normale (660 cm), la zone deltaïque serait submergée à raison de  $16\,048 \text{ km}^2$  soit 56% de ses  $28\,625 \text{ km}^2$  totaux, incluant les parties exondées. Le Delta Central et la Zone Lacustre représentent 92% de la superficie totale de la zone deltaïque et 96% des superficies inondables. Le Delta Central aurait une superficie inondée maximale estimée être de  $12\,593 \text{ km}^2$  soit 78% de ces  $16\,079 \text{ km}^2$  totaux. La Zone Lacustre aurait une superficie submergée maximale estimée être de  $2\,841 \text{ km}^2$  soit 27% de ces  $10\,357 \text{ km}^2$  totaux.

En année de crue basse (510 cm), la zone deltaïque serait submergée à raison de  $7\,996 \text{ km}^2$ , soit seulement 50% de ses superficies inondables et seulement 28%

de sa superficie totale. Le Delta Central n'aurait plus qu'un maximum inondé de 6 006 km<sup>2</sup>, soit seulement 27% de sa surface totale. La Zone Lacustre n'aurait plus qu'un maximum de 1 942 km<sup>2</sup>, soit seulement 19% de sa superficie totale.

En année de crue haute (701 cm), la zone deltaïque serait inondée à raison de 19 105 km<sup>2</sup> soit 67% de sa superficie totale.

Pour l'étude, étant donné la similitude des crues et des pluviosités (figure 2.6), les types d'années pluviométriques sont assimilés aux types d'années de crue. Ainsi, une année de crue basse correspond à une année pluviométriquement sèche et une année de crue normale à une année pluviométriquement normale.

## 2.4 Ressources ligneuses

Les ligneux font partie intégrante des ressources naturelles de la zone d'étude. Le capital ligneux total comprend le capital ligneux bloqué, c'est-à-dire les productions ligneuses préservées dans les champs et les jachères, mais aussi le capital ligneux exploitable. Celui-ci se définit comme étant ce qui reste du capital ligneux total après soustraction du capital bloqué. La productivité ligneuse d'un terrain est la production annuelle de son capital ligneux ou plus exactement, la quantité de bois théoriquement récoltable par an sur ce terrain sans entamer son capital productif. Nous ne parlons pas des productions de feuilles, fruits, et autres produits également exploitables mais sans occasionner des détériorations.

L'existence d'un capital ligneux et surtout sa préservation sont liées autant à des phénomènes d'ordre naturel qu'anthropiques. Les types de sol (section 2.1) et l'état de la pluviométrie (section 2.2) sont des facteurs essentiels pour l'avènement des formations naturelles boisées. Sur la base d'informations provenant du PIRL, il a été attribué des capitaux ligneux moyens à certains types de sol. Mais les fourchettes de valeurs fournies par le PIRL n'ont pas été utilisées pour essayer de tenir compte des zones pluviométriques. Une valeur très générale fournie par le CILLS permet de compléter les données manquantes. Aussi a-t-il été possible d'estimer les capitaux ligneux totaux par zone agro-écologique comme montré sur le tableau 2.9, mais ces valeurs sont surestimées du fait que l'influence des pluviosités n'est pas prise en compte. Cependant, pour les formations à palmiers doum, il a été nécessaire de formuler un moyen d'estimation (Bocoum, 1990) qui s'adresserait plutôt à des forêts relativement intactes et de ce fait, les données du tableau 2.9 concernant la Zone Lacustre dépassent très probablement largement celles de la réalité actuelle.

Tableau 2.9. Capital ligneux total [ $10^3 \text{ m}^3$ ] et par unité de surface [moyen:  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ], autoconsommation annuelle totale [ $10^3 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ ] et en pourcentage du capital ligneux par unité de surface, exportation annuelle totale [ $10^3 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ ] et observation sur l'usage qui en est fait. Les valeurs sont données par zone agro-écologique.

ZONE AGRO-ÉCOLOGIQUE	CAPITAL LIGNEUX		AUTOCONSUMMATION		EX-PORT	OBSERVATION
	total	moyen	total	%		
Sourou	5 875	6.30	230	0.25	-	
Séno Bankass	2 469	3.78	406	0.62	-	
Plateau	4 755	4.36	581	0.78	13	a
Delta Central	1 442	0.89	230	0.94	-46	b
Méma Dioura	3 393	6.28	53	0.11	9	c
Séno Mango	3 840	4.12	33	0.04	-	
Gourma	4 292	4.20	187	0.20	37	c
Bodara	1 341	3.12	33	0.08	-	
Zone Lacustre*	17 288	16.69	314	0.41	47	c
Hodh	1 039	3.20	11	0.04	-	
Méma Sourango	1 955	6.30	6	0.02	2	d
Total	47 689	5.37	2 086	0.32	107	

\* ) donnée provisoire voir texte

a: bois de chauffe, d'oeuvre, et de service

b: importation des zones agro-écologiques

c: bois de chauffe et d'oeuvre

d: bois de chauffe

Source: Bocoum, 1990.

Les estimations des besoins en bois de chauffe et la connaissance de la population par zone agro-écologique a permis d'estimer (Bocoum, 1990) les quantités de bois actuellement récoltées par an pour les besoins domestiques (tableau 2.9). D'autres sources d'information permettent d'estimer les quantités de bois exportées annuellement par zone agro-écologique (tableau 2.9), ainsi que les usages de ces exportations (Bocoum, 1990).

En fonction des pluies, les zones pluviométriques I (Sourou & Séno Bankass) et II (Plateau & Delta Central) devraient avoir normalement des capitaux ligneux plus important que les zones pluviométriques III (Méma Dioura, Séno Mango & Gourma) et IV (Bodara, Zone Lacustre, Hodh & Méma Sourango). Le tableau 2.9 nous montre qu'il n'en n'est pas toujours ainsi. La faiblesse des actions anthropiques joue en faveur des zones pluviométriques III et IV, principalement le Méma Dioura, le Gourma, le Bodara et la Zone Lacustre où les capitaux ligneux sont

relativement importants, comparativement à leur situation pluviométrique, ce qui expliquerait leur capacité d'exportation (Bocoum, 1990).

Par ailleurs, d'autres facteurs entrent en ligne de compte (Bocoum, 1990). Ainsi, une zone agro-écologique peut avoir une superficie boisée réduite par rapport à sa surface totale mais être grosse productrice sylvicole. C'est le cas par exemple du Plateau où un tel phénomène s'explique par la nature et la densité du couvert ligneux liées à la présence d'eau abondante localement sur le terrain, suite à la concentration par ruissellement. C'est aussi le cas de la Zone Lacustre où la nappe phréatique peu profonde et les conditions du milieu permettent l'établissement des forêts de palmiers doum.

Le tableau 2.9 donne une idée du taux d'exploitation actuel du capital ligneux. Mais sans la connaissance de la croissance annuelle de ce capital ligneux en fonction des types de sols et des pluviométries, il ne nous est pas permis de décrire des activités d'exploitation durable.

## 2.5 Population et main-d'oeuvre

Selon le dernier recensement de 1987, la population de la Région est de 1 295 582 habitants (rapport 1, chapitre 7). Ils sont tous, pour le modèle-PL, supposés être impliqués dans l'agriculture (élevage, culture, pêche). Cette valeur ne comprend pas les 73 979 individus de la commune de Mopti. Ces derniers ne sont pas considérés comme faisant partie de la Région définie pour le modèle-PL. Cette dernière est délimitée par des frontières géographiques et est restreinte aux activités agricoles, les autres activités étant hors des limites du modèle-PL (rapport 1, chapitre 7).

Il est bien entendu évident qu'il faut répartir cette population entre les différentes zones agro-écologiques.

En combinant les 116 unités cartographiques (figure 2.1), les cartes IGN, les populations ainsi que les villages recensés en 1976 et les valeurs du recensement de 1987, il est possible d'estimer le nombre d'individus des 11 zones agro-écologiques. Les estimations sont données au tableau 2.10 (rapport 1, chapitre 7). Ce tableau donne également les superficies des zones agro-écologiques et les proportions qu'elles occupent, ainsi que leurs populations, par rapport à la Région.

Ces habitants, bien que considérés comme entièrement impliqués dans l'agriculture, ne peuvent pas être immédiatement traduits en unité de travail humain, autrement dit en main-d'oeuvre disponible. Il faut tenir compte non seulement des structures d'âge mais aussi de certaines considérations sociologiques qui

font qu'un individu n'est pas automatiquement équivalent à une unité de travail soit l'équivalent-homme (rapport 1, chapitre 7).

Pour le Sourou, le Séno Bankass, le Plateau, le Méma Dioura, le Séno Mango et le Gourma, il est estimé que 25% des individus ont moins de 7 ans et valent 0 unité de travail, que 15% ont de 8 à 14 ans et correspondent à 0.5 unité de travail, que 52% ont de 15 à 60 ans et équivalent à 1 unité de travail et que 8% ont plus de 60 ans, soit 4% masculins et 4% féminins qui sont respectivement estimés à 0.8 et à 0.5 unité de travail. Donc pour ces 6 zones agro-écologiques, le coefficient de correction est de 1 individu équivalant à 0.65 unité de travail humain. Cela signifie que 1 individu correspond à 0.65 journée de travail humain [dth: travail qui peut être fait par un humain adulte en une journée de travail] ou à 0.65 année de travail humain [ath: travail qui peut être fait par un humain adulte en une année de travail].

Pour le Delta Central, le Bodara, la Zone Lacustre, le Hodh et le Méma Sourango, les estimations sont les mêmes si ce n'est que pour la tranche d'âge de 15 à 60 ans est scindée en 25% masculins et 27% féminins qui sont respectivement estimés à 1 et à 0.35 unité de travail. Cette distinction est due à des raisons sociologiques. Donc pour ces 5 zones agro-écologiques, le coefficient de correction est de 1 individu équivalant à 0.46 unité de travail humain.

Le tableau 2.10 donne les quantités de travail disponible annuellement [ath] par zone agro-écologique. Il montre aussi les proportions en quantité de travail que représentent chaque zone agro-écologique par rapport au total de la Région.

Tableau 2.10. Superficie [ $\text{km}^2$ ], nombre d'individus, nombre d'années de travail humain disponible [ath] que représente ces individus et densité de population [nombre d'individus  $\text{km}^{-2}$ ]. Les données sont livrées pour les 11 zones agro-écologiques en valeurs absolues et en pourcentages par rapport au totaux.

ZONE AGRO-ÉCOLOGIQUE	SUPERFICIE	INDIVIDUS	EMPLOI	DENSITE
<b>Valeurs absolues</b>				
Sourou	9 320	130 282	84 683	14.0
Séno Bankass	6 527	208 571	135 571	32.0
Plateau	10 890	296 008	192 405	27.2
Delta Central	16 079	291 008	133 864	18.1
Méma Dioura	5 403	30 066	19 543	5.6
Séno Mango	9 300	21 255	13 816	2.3
Gourma	10 217	95 326	61 962	9.3
Bodara	4 286	22 457	10 330	5.2
Zone Lacustre	10 357	185 348	85 260	17.9
Hodh	3 227	11 518	5 298	3.6
Méma Sourango	3 090	3 743	1 722	1.2
Total	88 696	1 295 582	744 454	14.6
<b>Valeurs en pourcentages par rapport aux totaux</b>				
Sourou	11	10	11	96
Séno Bankass	7	16	18	219
Plateau	12	23	26	186
Delta Central	18	23	18	124
Méma Dioura	6	2	3	38
Séno Mango	10	2	2	16
Gourma	12	7	8	64
Bodara	5	2	1	36
Zone Lacustre	12	14	12	123
Hodh	4	1	1	25
Méma Sourango	3	0	0	8
Total	100	100	100	100

0: valeur plus petite que la moitié de l'unité, trace.

## 3. ACTIVITES AGRICOLES

### 3.1 Introduction

#### 3.1.1 Techniques de production agricole

Pour pouvoir appliquer le modèle-PL, ou modèle de Programmation Linéaire à Buts Multiples (MALI5, rapport 3), il est nécessaire d'effectuer une description quantitative de tous les systèmes possibles de production agricole dans la Région (5e Région + Cercle de Niafunké). Une telle description définit la production d'un système comme étant fonction du degré d'exploitation des ressources limitées, tant humaines que naturelles, et de l'utilisation d'intrants extérieurs. On distingue trois systèmes de production agricole: (i) les systèmes de culture, (ii) les systèmes d'élevage et (iii) la pêche. Les systèmes de culture (section 3.2) comprennent principalement celle du mil, et les systèmes d'élevage (section 3.3) principalement celui des bovins, des ovins ainsi que des caprins. La pêche est discutée plus en détail dans la section 3.4. Chacun de ces systèmes de production peut être interprété comme étant un mélange d'activités. Ces activités sont définies comme des techniques de production agricole ayant des intrants et des extrants spécifiques et quantifiés.

Les activités peuvent avoir lieu, en principe, n'importe où dans la Région, i.e. dans n'importe quelle zone agro-écologique considérée (section 2.1), sauf spécifié autrement. Toutes les techniques de production définies sont supposées être durables, c'est-à-dire que leur potentiel de rendement n'est pas compromis à la longue (sous-section 3.1.2). En outre, les activités de culture et d'élevage sont définies comme étant un "objectif à atteindre", c'est-à-dire que la production (extrant) par hectare ou par animal est tout d'abord définie; les besoins et moyens à mettre en oeuvre pour la réalisation de cette production (intrants) sont ensuite dérivés. Les extrants incluent entre autre, le grain, la viande, le lait ou le fumier, tandis que les intrants sont notamment représentés par la terre, la main-d'oeuvre, les boeufs, les engrais minéraux ou le fumier. A noter que l'extrait d'une activité peut être l'intrant d'une autre de ces activités (e.g. le fumier). D'une manière générale, les coefficients techniques des intrants ne dépendent que de l'activité, c'est-à-dire qu'ils sont indépendants de la zone agro-écologique considérée. Une exception est cependant représentée par la quantité d'engrais à appliquer, qui est fonction du rendement, et varie de ce fait suivant la zone agro-écologique considérée. Les coefficients techniques des extrants des diverses activités de culture sont

cependant variables en fonction des zones pluviométriques. En outre, les activités sont quantifiées pour les deux régimes pluviométriques considérés, i.e. ceux que nous avons appelé les années "normales" et "sèches" en fonction des pluies et des inondations, tel que défini dans la section 2.2. Les activités sont finalement résumées dans des tableaux d'intrants-extrants.

Les diverses techniques de production comprennent (a) les techniques existantes ou courantes, (b) les techniques alternatives et (c) les techniques potentielles. Les techniques alternatives se rapportent aux pratiques appliquées dans des environnements naturels identiques, mais qui ne sont cependant pas communément appliquées dans la Région considérée; les techniques potentielles se rapportent aux techniques de production intensifiées qui ne sont pas pratiquées actuellement dans la Région (e.g. culture du mil avec des intrants élevés en ce qui concerne les engrais minéraux).

Etant donné que la disponibilité en main-d'oeuvre peut constituer une contrainte importante en ce qui concerne le niveau d'intensité des activités agricoles (voir aussi sous-section 4.1.2), cet aspect est développé plus en détail dans la sous-section 3.1.3.

### 3.1.2 Durabilité

Le concept de durabilité soulève depuis peu un grand intérêt. Tout plan de développement ou d'utilisation du sol devrait, dans toute la mesure du possible, tenir compte des systèmes durables de production agricole. La durabilité peut être définie comme "la gestion réussie des ressources disponibles de façon que l'agriculture soit en mesure de satisfaire les besoins changeants des humains, sans cependant engendrer une dégradation de l'environnement ou un épuisement des ressources naturelles de base dont l'agriculture dépend" (TAC, 1989). Cette dégradation ou cet épuisement peuvent évidemment revêtir les formes les plus diverses. En ce qui concerne la Région, les formes les plus courantes sont l'épuisement chimique des sols, la disparition des graminées vivaces dans les plaines alluviales, la mortalité des arbres et des arbustes sur les terrains de parcours, l'encroûtement et l'imperméabilisation des sols du fait de la sécheresse, la dégradation des pâturages (i.e. changement de la composition floristique ou diminution de la couverture ce qui résulte en une disponibilité fourragère plus basse) sur les substrats limoneux et une recrudescence de l'érosion éolienne.

Pour des raisons opérationnelles, la durabilité des systèmes de production agricole a été définie, dans cette étude, comme étant une situation d'équilibre des bilans des éléments nutritifs en ce qui concerne les macro-éléments (l'azote: N, le

phosphore: P et le potassium: K), comme montré à la figure 3.2 (page 44), c'est-à-dire que le montant total des éléments nutritifs dans le sol reste constant. Ce critère a été sélectionné parce que, outre une pluviométrie incertaine, variable et parfois faible, une fertilité peu élevée du sol (en termes de disponibilité en éléments nutritifs) est une contrainte importante entravant la production céréalière en Afrique de l'Ouest (Penning de Vries & Djitèye, 1982; Piéri, 1989). Lorsque le sol ne peut fournir suffisamment d'éléments nutritifs pour satisfaire les exigences d'une bonne récolte, le niveau de rendement sera déterminé par la quantité de l'élément limitant qui aura été absorbé. Cette contrainte peut être éliminée par l'épandage d'engrais, encore faut-il que ces derniers soient administrés sous une forme correcte et que l'épandage ait lieu comme il faut ainsi que quand il faut. Une disponibilité accrue en éléments nutritifs entraînera alors un rendement plus élevé, jusqu'à ce qu'un autre facteur limitant la croissance entre en jeu (e.g. disponibilité en eau, radiation).

Pour les systèmes de production animale, le concept de durabilité implique un cheptel constant pour chaque espèce animale et cela basé sur une production fourragère durable (rapport 2, sous-section 1.3.2), tandis que pour les systèmes de production halieutique, il implique un quota maximal de pêche, en fonction du niveau de la crue.

L'eau est également une ressource naturelle dont l'exploitation doit tenir compte du concept de durabilité. Dans cette étude, les locations des points d'eau permanents ont servi de base au calcul des superficies pouvant être utilisées par les animaux pendant la saison sèche. Il est en effet supposé qu'un point d'eau permanent fournit suffisamment d'eau pour couvrir les besoins des humains et des animaux vivant dans un cercle de rayon de 15 km autour de ce point d'eau.

### 3.1.3 Périodes de travail

Les besoins en main-d'oeuvre sont définis comme étant le nombre de journées de travail humain requises pour accomplir une opération, y compris le temps nécessaire au déplacement. Une journée de travail humain, "homme-jour" [dth], est définie comme la somme de travail accompli par une personne adulte [équivalent-adulte] au cours d'une journée de travail. Par analogie, une journée de travail d'attelage, "attelage-jour" [At], représente le travail accompli par une paire de boeufs au cours d'une journée de travail. Il est supposé, dans cette étude, que les seuls animaux utilisés pour la traction animale sont les boeufs.

Les besoins en main-d'oeuvre ont été définis séparément pour six différentes périodes de l'année, pour permettre d'exprimer les périodes de pointe où la forte

demande en main-d'oeuvre peut représenter une contrainte au bon déroulement des activités agricoles. La longueur de chaque période est indiquée et correspond au nombre de jours disponibles pour l'accomplissement de l'opération ou des opérations. Ces périodes sont:

1. préparation du sol et ensemencement du mil (durée de 20 jours);
2. premier sarclage (15 jours);
3. reste de la saison de croissance jusqu'à la récolte (55 jours);
4. récolte du mil (10 jours);
5. récolte du riz de saison des pluies (10 jours);
6. reste de l'année (255 jours).

Au cours de chaque période, les besoins totaux en main-d'oeuvre (pour les cultures, plus l'élevage du bétail, plus la pêche) ne doivent pas excéder la capacité locale par zone agro-écologique, exprimée en équivalents-adulte. Par conséquent, une migration temporaire entre les zones agro-écologiques est exclue.

Les besoins en main-d'oeuvre pour le transport (e.g. équipement ou engrais minéraux) et pour l'aller-retour aux champs ne sont pas explicitement inclus dans cette étude, sauf ceux se rapportant au transport des produits et du fumier.

Pour quelques opérations, les besoins en main-d'oeuvre sont également fonction du niveau des intrants et des extrants. Par exemple, les besoins en main-d'oeuvre pour le transport et l'épandage du fumier sont fonction de la quantité de fumier requise (intran), qui à son tour est fonction du rendement-cible (extrant). Ces éléments ont été pris en compte dans le modèle-PL, comme indiqué dans le rapport 2, sous-section 1.2.2.)

## 3.2 Cultures et pâturages

### 3.2.1 Techniques de production définies

Dans le modèle-PL, trois types de culture sont considérés: les cultures pluviales, les cultures de décrue et les cultures irriguées ou sous submersion. Ces cultures sont à leur tour classifiées par espèces cultivées: mil, riz, sorgho, fonio, arachide, niébé, échalote et "autres cultures maraîchères" (comprenant, entre autre, la tomate, le tabac, le manioc, le chou, etc.). D'autres espèces, comme par exemple, le maïs, le coton et le sésame peuvent être cultivées dans la Région, mais leurs perspectives sont limitées. Quelques simplifications additionnelles ont été introduites: dans la situation actuelle, plusieurs cultures de décrue sont cultivées, telles

que le sorgho, le mil, le niébé et les légumes. Mais dans le modèle-PL, le sorgho de décrue est considéré comme étant représentatif de toutes les cultures de décrue.

Chacune des cultures considérées peut être cultivée selon une technologie spécifique, comprenant différentes techniques, différenciées sur la base de quatre critères: (i) emploi de la jachère, (ii) utilisation de la traction bovine, (iii) application de fumier et (iv) épandage d'engrais minéraux.

Une activité de culture est une combinaison spécifique d'un type de sol et d'une technologie. La combinaison d'une culture et d'un sol est effectuée sur la base des caractéristiques physiques du sol (i.e. capacité de rétention de l'eau; section 2.1). Il est supposé, dans cette étude, que les champs cultivables sont situés dans un cercle de rayon de 6 km autour d'un point d'eau permanent. L'unité utilisée pour la définition des coefficients techniques d'une activité de culture est l'hectare [ha].

En outre, trois niveaux d'intensité sont considérés: (i) extensif, (ii) semi-intensif et (iii) intensif. Extensif qualifie les techniques sans intrant extérieur d'éléments nutritifs (engrais minéraux), intensif s'applique aux techniques impliquant justement un haut niveau d'intrants extérieurs d'éléments nutritifs, et semi-intensif qualifie les niveaux intermédiaires. Par ailleurs, les techniques intensives incluent aussi des pratiques innovatrices. L'application de fumier est considérée comme étant une technique extensive parce qu'elle représente un transfert de fertilité dans un certain périmètre. La pratique de la jachère peut être interprétée, en partie, comme le transfert à partir des champs vers les pâturages environnants, tandis que l'application de fumier est un transfert de fertilité vers les champs, et cela grâce à une exploitation des pâturages environnants par les animaux. Les techniques de cultures maraîchères n'entrent pas dans ce schéma et sont considérées comme intensives étant donné les intrants élevés en pesticides et en fumier qu'elles impliquent.

Le degré de différenciation dépend de l'importance relative des plantes cultivées. Par exemple, 6 techniques sont considérées pour le mil qui est la principale culture de la Région, tandis que pour le fonio, qui est une culture secondaire, une seule technique est envisagée. Le tableau 3.1 présente les cultures ainsi que les technologies appliquées. En combinant ces informations avec celles contenues dans le tableau 3.2, il est possible de déduire que pour la culture semi-intensive du mil (i25-i28, mil/5) la traction animale est utilisée et que du fumier ainsi que des engrais sont appliqués, mais qu'aucune jachère n'est pratiquée. Cette technique de production peut être pratiquée sur des sols de type B1, B2, C1 et F1.

Les pâturages naturels ne sont pas traités en termes d'activités, étant donné qu'il ne sont soumis à aucune gestion. En cas de gestion, et par conséquent d'intrants additionnels, la production des pâturages est considérée comme une technique de production fourragère. De ce fait elle est traitée comme une culture.

Tableau 3.1. Activités de cultures vivrières définies pour le modèle-PL.  
riz-HC: riz hors casiers; -: pas d'application de; + :  
application de.

ACTIVITE	CULT/TECHN <sup>a</sup>	INTENSITE	TRACTION	FUMIER	ENGRAIS	JACHERE
i1 -i5	Mil/1	extensive	-	-	-	+
i6 -i10	Mil/2	extensive	-	+	-	-
i11-i17	Mil/3	extensive	+	-	-	+
i18-i24	Mil/4	extensive	+	+	-	-
i25-i28	Mil/5	semi-intensive	+	+	+	-
i29-i32	Mil/6	intensive	+	+	+	-
i33	Fonio	extensive	-	-	-	+
i34	Sorgho/1	extensive	-	-	-	+
i35	Sorgho/2	semi-intensive	-	-	+	-
i36	Arachide/1	semi-intensive	+	-	+	+
i37	Arachide/2	intensive	+	-	+	-
i38-i42	Niébé/1	semi-intensive	+	-	+	+
i43-i45	Niébé/2	intensive	+	+	+	-
i46	Echalote	intensive	-	+	-	-
i47	Autres cult. maraîchères	intensive	-	+	-	-
i49-i51	Culture fourragère	intensive	+	+	+	-
i52	Bourgou	semi-intensive	+	+	+	-
i54-i56	riz-HC	extensive	+	-	-	+
i57	riz casier/1	semi-intensive	+	+	+	-
i59	riz casier/2	semi-intensive	+	+	+	-
i58	riz irrigué	intensive	+	+	+	-
i48,53	vacant					

<sup>a</sup>) indique le niveau d'intensification.  
Source: rapport 2, chapitre 1.

Tableau 3.2. Activités de culture selon les différents types de sol et leur numérotation dans le modèle-PL. Riz-HC: riz hors-casier.

CULTURE/ TECHN. <sup>a</sup>	TYPE DE SOL											
	B1	B2	C1	C2	D1	E1a	E1b	E2a	E2b	F1	F3b	G
Mil/1	1	2	3	4	5	-	-	-	-	-	-	-
Mil/2	6	7	8	9	10	-	-	-	-	-	-	-
Mil/3	11	12	13	-	14	15	-	16	-	17	-	-
Mil/4	18	19	20	-	21	22	-	23	-	24	-	-
Mil/5	25	26	27	-	-	-	-	-	-	28	-	-
Mil/6	29	30	31	-	-	-	-	-	-	32	-	-
Fonio	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorgho/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
Sorgho/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35
Arachide/1	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arachide/2	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niébé/1	-	38	39	40	41	-	-	-	-	42	-	-
Niébé/2	-	43	44	-	-	-	-	-	-	45	-	-
Echalote	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	-	-
Autres cult. maraichères	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	-	-
Culture fourragère	-	49	50	-	-	-	-	-	-	51	-	-
Bourgou	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	-
Riz-HC	-	-	-	-	-	-	54	-	55	-	56	-
Riz-Casier/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-
Riz-Casier/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	-
Riz-Irrigué	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	-
	B1	B2	C1	C2	D1	E1a	E1b	E2a	E2b	F1	F3b	G

<sup>a</sup>) se réfère au niveau d'intensification.

-: pas d'application.

Sources: rapport 1, chapitre 3; rapport 2, chapitres 2 à 10.

### 3.2.2 *Extrants*

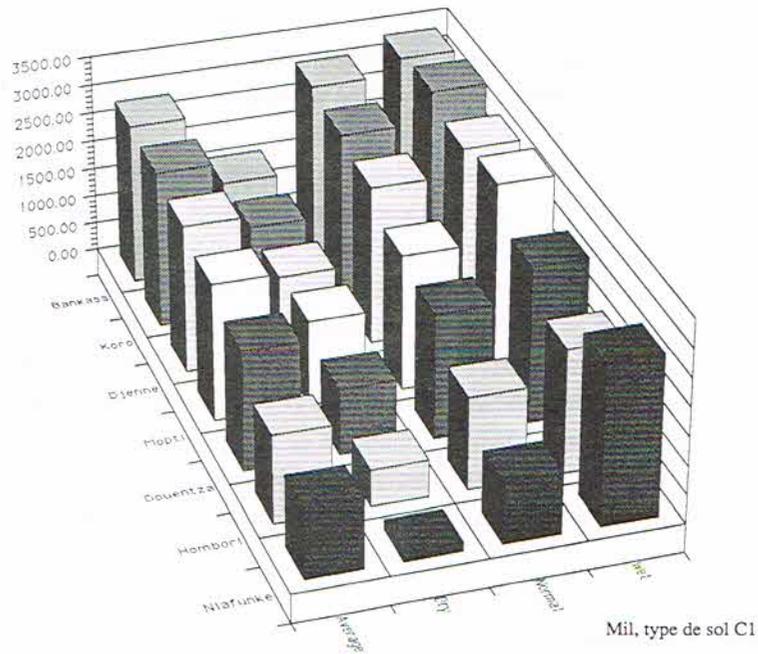
#### 3.2.2.1 Cultures

Les extrants des activités de culture comprennent les produits principaux et les résidus de culture. Les produits principaux comprennent le grain (dans le cas des céréales et des espèces légumineuses), les échalotes ainsi que les autres cultures maraîchères et le fourrage (dans le cas des cultures fourragères et de la culture du bourgou). Les résidus de culture qui sont utilisés comme fourrage pour les animaux sont considérés comme des sous-produits.

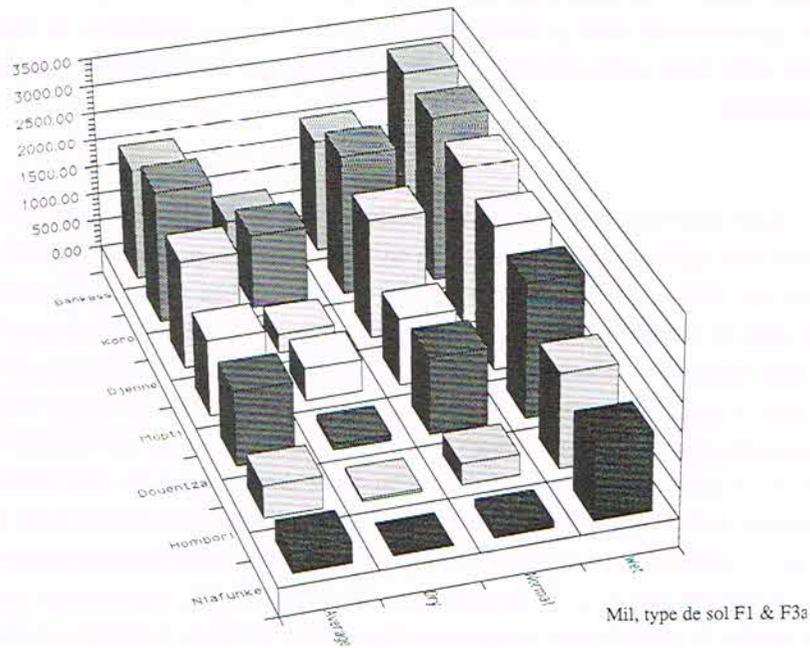
Les rendements-cibles des principales cultures, dans des années normales (section 2.2), sont basés sur les résultats de la simulation ou sur les données recueillies dans la Région.

Les résultats de la simulation ont été utilisés pour déterminer les rendements-cibles des techniques de production intensive et semi-intensive du mil et du niébé. La première étape consiste en un calcul des rendements lorsque la disponibilité en eau est le facteur limitant (i.e. les rendements sont déterminés uniquement par la disponibilité en eau, la disponibilité en éléments nutritifs étant supposée être optimale), sur la base des caractéristiques du sol (courbe-pF) et de la pluviométrie observée pendant la période allant de 1959 à 1988, pour 7 stations météorologiques de la Région. Etant donné qu'aucune information quantitative concernant les pertes d'eau ("runoff" = "écoulement") ou les gains ("runon" = "incolement") dues au ruissellement n'ont été disponibles pour la Région, et en supposant qu'à une échelle régionale de plusieurs centaines de km<sup>2</sup> les effets positifs et négatifs s'équilibrent, il a été estimé que toute les pluies s'infiltrent dans le sol. La figure 3.1. présente les résultats de la simulation pour le mil sur deux types de sol; elle démontre également qu'outre la pluviométrie, les caractéristiques du sol jouent un rôle important.

La supposition quant à une disponibilité en éléments nutritifs optimale, implique que ces éléments représentent un important intrant extérieur, notamment sous forme d'engrais minéraux, étant donné que l'apport en provenance des sources naturelles ne couvre qu'une petite fraction des besoins effectifs. Par ailleurs, même dans le cas d'une disponibilité naturelle optimale de ces éléments, les contre-temps, les parasites, les maladies, les adventices, etc., entraînent des réductions de rendement inévitables impliquant des pertes inévitables d'intrants extérieurs (sans parler des gaspillages évitables). Par conséquent dans cette étude, les rendements-cibles des années normales pour la technique intensive ont été fixés à 80% du rendement simulé où la disponibilité en eau est le seul facteur limitant. Les rendements-cibles pour la technique semi-intensive ont été fixés à 40% de ceux de la technique inten-



Mil, type de sol C1



Mil, type de sol F1 &amp; F3a

Figure 3.1. Rendement moyen du mil sur deux types de sol et en fonction du type de l'année pluviométrique selon les stations pluviométriques de la Région. Les valeurs sont obtenues à partir de simulations avec limitation en eau.

sive, c'est-à-dire qu'ils représentent les 32% du rendement-simulé en fonction de la disponibilité en eau. Les valeurs de ces rendements-cibles sont identiques aux niveaux de rendement effectivement obtenus quand des engrais additionnels sont appliqués.

Etant donné que les données disponibles quant aux cultures pratiquées dans la Région se rapportent généralement aux techniques extensives (avec des rendements variant d'année en année et d'endroit en endroit), elles sont utilisées comme base pour définir les rendements-cibles obtenus par les techniques de production extensives. Ceci est d'autant plus obligatoire qu'aucun modèle de simulation n'existe qui tienne compte des facteurs déterminants du rendement tels que l'opportunité, la gestion, les adventices, les parasites, les maladies, etc. et cela dans des conditions où une alternance de carences en éléments nutritifs et de stress hydrique peut être limitante. Lors de l'utilisation de la traction animale dans les techniques extensives, on estime que le rendement-cible augmente de 20% mais épuise plus vite le sol.

Les rendements-cibles des années sèches (section 2.2) sont calculés sur la base des résultats de la simulation. Le ratio du rendement moyen simulé pendant les années sèches et normales a été calculé pour chaque zone pluviométrique et type de sol. Le rendement-cible en année sèche est alors obtenu en multipliant le rendement-cible d'une année normale par le ratio correspondant à la zone pluviométrique considérée.

Etant donné que la production des résidus de récolte dépend de la technique de production appliquée, du type de sol et de la pluviométrie, aucune valeur fixe ne peut être utilisée. En conséquence, une courbe a été établie pour les productions simulées de résidus de récolte en fonction des rendements simulés en grain pour les années normales et sèches, pendant une période de 30 ans, pour chaque type de sol et dans la zone pluviométrique I. En partant de cette courbe et pour chaque rendement-cible d'une activité (i.e. pour chaque zone pluviométrique), il est possible de dériver la production de résidus de récolte. Etant donné que seules des relations linéaires peuvent être incluses dans le modèle-PL, une régression linéaire a été calculée en corrélant la production de résidus de récolte au rendement-cible ( $\text{résidus} = a * \text{rendement-cible} + c$ ). En conséquence, dans le modèle-PL, la production totale de résidus de récolte a une composante dépendant à la fois du rendement et de la superficie. Cependant, ces régressions ne peuvent pas être appliquées aux techniques extensives et semi-intensives étant donné que les indices de récolte (ratio du rendement sur la production de biomasse aérienne) sont généralement moins

élevés. Comme aucune information pertinente n'était disponible, les lignes de régression ont été adaptées en estimant logiquement que l'interception avec l'axe des rendements (c) a été réduite et que la pente de la ligne (a) s'est quelque peu accentuée.

Les rendements-cibles des différentes activités, et la production correspondante de résidus de récolte, sont indiqués au tableau 3.3. Par exemple, pour les activités de culture semi-intensive du mil (mil/5) les rendements-cibles en matière sèche varient de 340 à 1 000 kg ha<sup>-1</sup>, et les rendements en paille de 1 380 à 4 630 kg ha<sup>-1</sup>, suivant la pluviométrie et le type de sol.

Pour déterminer entre autre, le Revenu Brut Total de la Région (section 5.2), un prix à la production a été attribué aux produits suivants [FCFA kg<sup>-1</sup>]: 55 pour le mil (grains nus), 56 pour le sorgho (grains nus), 70 pour le riz (paddy) et le fonio (grains vêtus), 75 pour l'arachide (en cosses) et le niébé (écossé). Pour les échalotes, le prix au producteur pour la combinaison des bulbes et des feuilles est fixé à 59 et pour les autres légumes, ce prix est de 96 FCFA kg<sup>-1</sup> de matière verte. Aucun prix n'est attribué aux résidus de récolte (sous-produits).

La paille peut être utilisée pour la construction, comme combustible ou comme fourrage. Dans cette étude cependant, seul le fourrage a été pris en considération. Il est donc nécessaire de spécifier la quantité destinée à l'alimentation animale, cette quantité étant exprimée en termes de fraction de la production totale, alors que la qualité est évaluée en termes de teneur en N. La fraction de la production totale disponible est indiquée dans le tableau 3.4, pour les différentes cultures. Elle est déterminée en fonction des propriétés physiques et de la composition chimique (toutes les parties ne sont pas également consommables), des pertes pendant et après la récolte ainsi que de l'accessibilité.

### 3.2.2.2 Pâturages

Les valeurs de production des pâturages sont issues du Manuel d'évaluation des pâturages naturels sahéliens (Bremner & de Ridder, 1991). Elles tiennent compte des types de sol, des précipitations annuelles et des pratiques de gestion, comme le brûlis (rapport 2, chapitre 11). Deux catégories principales sont distinguées: les pâturages inondés dans la zone deltaïque du fleuve Niger (Delta Central, Zone Lacustre) et les pâturages pluviaux. La production fourragère de la couche herbacée et celles provenant des ligneux ("browse") sont traitées séparément. En ce

qui concerne cette dernière, outre la disponibilité, la palatabilité a également été prise en compte. La production de biomasse est inférieure pendant les années sèches, mais sa qualité, en termes de taux de N, est supérieure.

**Tableau 3.3.** Valeurs minimales et maximales des rendement-cibles et des résidus de récolte [MS kg ha<sup>-1</sup>] selon les activités et en fonction de la zone pluviométrique dans une année normale.

CULT/TECHN <sup>a</sup>	TYPE DE SOL	ZONE PLUVIO.	RENDEMENT	RESIDUS
Mil/1	B1,B2,C1,C2,D1	I-IV	190- 500	1 030-2 750
Mil/2	B1,B2,C1,C2,D1	I-IV	190- 500	1 030-2 750
Mil/3	B1,B2,C1,D1, E1a,E2a,F1	I-IV	230- 600	910-3 180
Mil/4	B1,B2,C1,D1, E1a,E2a,F1	I-IV	230- 600	910-3 180
Mil/5	B1,B2,C1,F1	I-IV	340-1 000	1 380-4 630
Mil/6	B1,B2,C1,F1	I-IV	840-2 390	2 700-6 230
Fonio	C1	I	250- 380	580- 880
Sorgho/1	G	NR1	600	4 650
Sorgho/2	G	NR1	1 000	5 450
Arachide/1	C1	I	750	920
Arachide/2	C1	I	1 380	1 230
Niébé/1	B2,C1,C2,D1,F1	I-IV	130- 750	370-1 770
Niébé/2	B2,C1,F1	I-IV	300-1 540	950-2 640
Echalote	NR2	NR3	35 000*	-
Autres cult. maraîchères	NR2	NR3	16 000*	700
Culture fourragère	B2,C1,F1	I-IV	1 430- 4 600	-
Bourgou	E1b,E2b,F3b	II-IV	15 000	-
Riz-HC	E1b,E2b,F3b	II-IV	600	2 400
Riz-C/1	F3b	II	1 300	5 200
Riz-C/2	F3b	II	2 800	8 400
Riz-IR	F3b	NR3	9 000	11 000

<sup>a</sup>) se réfère au niveau d'intensification.

Source: rapport 2, chapitres 2 à 10.

NR1: non relevant car basé sur la crue du fleuve Niger.

NR2: non relevant car les caractéristiques du sol ont été modifiées par la forte application de fumier.

NR3: non relevant car basé sur l'irrigation.

\* : matière verte.

Tableau 3.4. Disponibilité en fourrages exprimées comme fraction des sous-produits des différentes cultures.

FOURAGE	CONSOMMABLE	ACCESSIBLE	DISPONIBLE	REFERENCE <sup>a</sup>
Mil	0.75	0.90	0.68	chapitre 2
Riz	0.90	0.70	0.63	chapitre 3
Sorgho	0.45	0.50	0.23	chapitre 4
Fonio	1.00	0.90	0.90	chapitre 5
Niébé	0.90	0.30	0.27	chapitre 6
Arachide	0.85	0.30	0.26	chapitre 7
Echalote	0	0	0	chapitre 8
Autres cultures maraichères	1.00	0.80	0.80	chapitre 8
Bourgou	1.00	0.80	0.80	chapitre 9
Culture fourragère	0.90	0.90	0.81	chapitre 10

<sup>a</sup>) dans le rapport 2.

### 3.2.3 Intrants

Les intrants des cultures, discutés dans les paragraphes suivants, comprennent les éléments nutritifs, la main-d'oeuvre, les ressources monétaires et les boeufs. Sur les pâturages naturels, aucun de ces intrants n'est utilisé.

#### 3.2.3.1 Besoins en éléments nutritifs

Le concept de durabilité exige que les macro-éléments (N, P et K), retirés des champs ou inévitablement perdus, soient remplacés. Cela peut se produire naturellement, par une mise en jachère, ou provenir de l'application de fumier ou d'engrais minéraux, ou être une combinaison des trois. Les besoins sont calculés pour chaque activité en suivant les étapes données ci-après.

1. Calcul de l'absorption des éléments nutritifs (N, P et K) sur la base du rendement-cible et de la production correspondante de résidus de récolte ainsi que de leurs taux minimaux des éléments nutritifs (à noter que ces éléments sont exprimés sous leur forme élémentaire, i.e. pas en tant que  $P_2O_5$  ou  $K_2O$ ).
2. Quantification du taux de récupération des éléments nutritifs appliqués, pour chacun des trois éléments ainsi que de l'importance des pertes inévitables dues aux différents processus (figure 3.2, no. 3), et cela pour les différents types de sol.

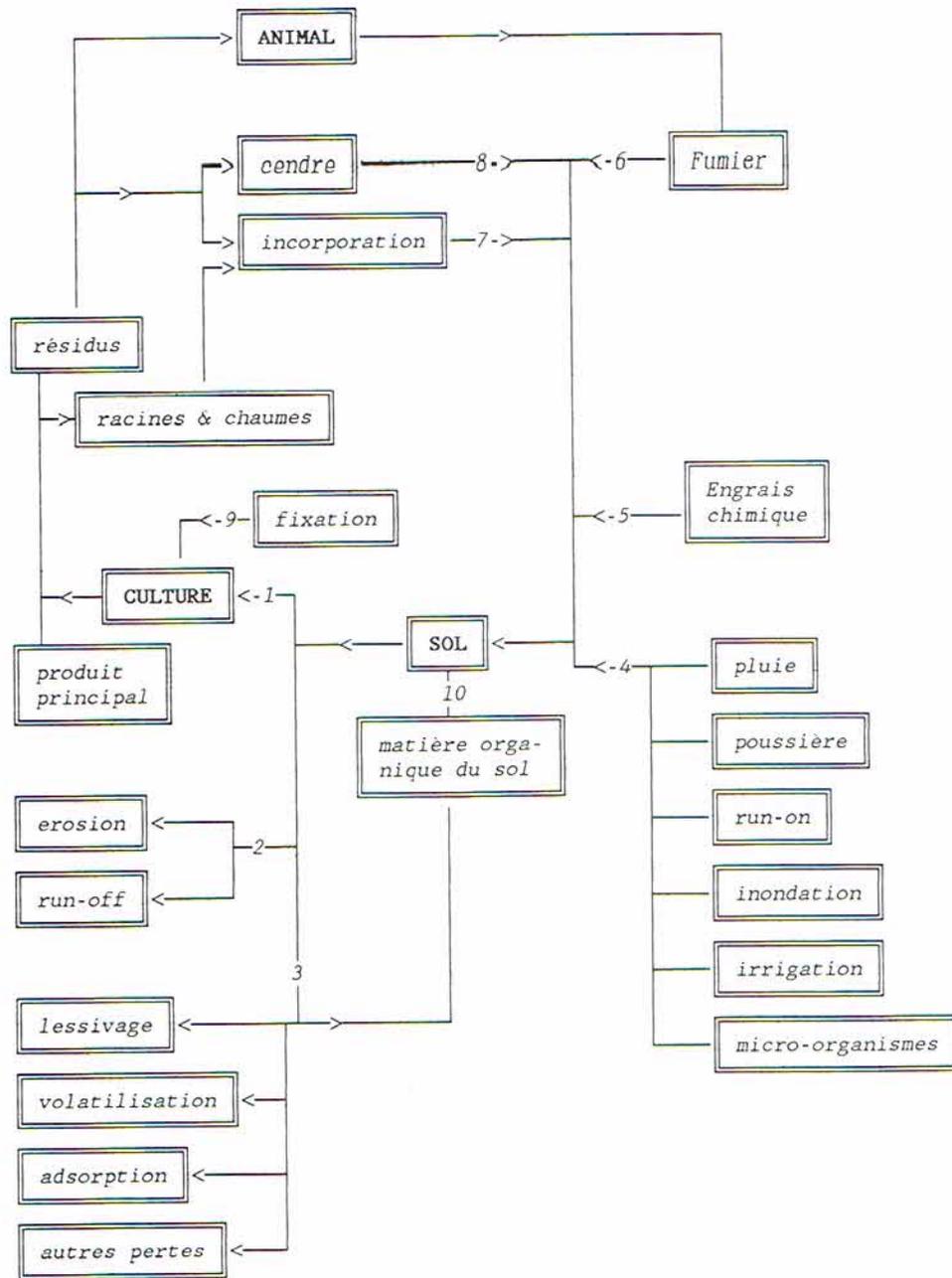


Figure 3.2. Schéma de la dynamique des éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) dans le système général de production.

3. Détermination de la disponibilité en éléments nutritifs en provenance des sources naturelles (figure 3.2, no. 4 et 10), des résidus de récolte (e.g. racines et chaumes; figure 3.1, no. 7 et 8) et de la fixation biologique de l'azote (e.g. arachide; figure 3.2, no. 9).
4. Dérivation de l'application d'éléments nutritifs requis.
5. Les intrants nets, pendant la jachère, sont estimés à environ 11, 1.3 et 11 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour N, P et K respectivement; les teneurs en azote, phosphore et potassium du fumier sont respectivement de 12.7, de 2.8 et de 13.0 g kg<sup>-1</sup> de MS (van Duivenbooden, 1990a). Sur la base des besoins en éléments nutritifs calculés ainsi que de la technique appliquée à l'activité concernée, il est possible de calculer le ratio des années de jachère par année de culture, de même que les besoins en fumier ou en fumures minérales (N, P et K). Pour plus de détails consultez van Duivenbooden (1990a) et le rapport 2, sous-section 1.3.1.

Par exemple, pendant une année normale, en utilisant la technique de production semi-intensive du mil sur un sol de type C1 et dans la zone pluviométrique I (précipitations de 530 mm en moyenne), un rendement-cible de 960 kg ha<sup>-1</sup> et une production en paille de 2 800 kg ha<sup>-1</sup> implique des besoins en fumier (en MS) de 2 530 kg ha<sup>-1</sup> et en engrais minéraux de 12 kg ha<sup>-1</sup> d'azote. Dans ce cas, l'application de fumier assure un apport adéquat de P et de K (tableau 3.5). Les besoins en éléments nutritifs pour les autres activités de culture sont résumés dans le tableau 3.6.

Un prix n'a pas été attribué au fumier dans le modèle-PL; il doit être le sous-produit des activités d'élevage. Un prix a été attribué aux engrais minéraux dans le modèle-PL pour chacun des macro-éléments: 450 FCFA kg<sup>-1</sup> pour N, 1 250 FCFA kg<sup>-1</sup> pour P et 450 FCFA kg<sup>-1</sup> pour K. Dans le tableau d'intrants-extrants cependant, ils apparaissent comme des quantités physiques (tableau 3.5).

### 3.2.3.2 Besoins en main-d'oeuvre

Les besoins en main-d'oeuvre sont définis pour les opérations suivantes (par ordre chronologique): nettoyage des champs, transport et application du fumier, application des engrais minéraux de base (fumure de fond), préparation du sol, nivellement du sol, semis, repiquage, sarclage (jusqu'à 3), fumure de couverture (jusqu'à 3), épandage de pesticides, entretien des digues, irrigation, gardiennage contre les oiseaux, surveillance (pour le riz irrigué), récolte, battage et vannage, transport des produits.

Tableau 3.5. Tableau des intrants-extrants des techniques de production du mil sur sol CI.

CARACTERISTIQUE	EXTENSIVE			SEMI-INTENSIVE			INTENSIVE
	1	2	3	4	5	6	
Traction animale	-	-	+	+	+	+	+
Fumure organique	-	+	-	+	+	+	+
Fumure minérale	-	-	-	-	+	+	+
Jachère	+	-	+	-	-	-	-
<b>INTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>							
<b>JACHERE/FUMIER/ENGRAIS</b>							
Ratio années jachères/ an de culture <sup>b</sup>	5	-	6	-	-	-	-
Fumier [kg MS]	0	1 930	0	2 290	2 530	1 930	1 930
Engrais N [kg]	0	0	0	0	12	96	96
Engrais P [kg]	0	0	0	0	0	12	12
Engrais K [kg]	0	0	0	0	0	56	56
<b>MAIN-D'OEUVRE<sup>a</sup> [dth]</b>							
6 Nettoyage des champs	5	1	5	1	1	1	1
6 Transport et épandage du fumier	-	17.5	-	21	15.5	12	12
1 Fumure de fond	-	-	-	-	1	1	1
1 Préparation du sol	3	3	4.+ 2 At	4.+ 2 At	4.+ 2 At	12.+ 6 At	12.+ 6 At
1 Semis	5	5	5	5	5	2.+ 1 At	2.+ 1 At
2 Sarclage 1	15	15	10.+ 2 At	10.+ 2 At	10.+ 2 At	10.+ 2 At	10.+ 2 At
2 Fum.de couverture 1	-	-	-	-	4	4	4
2 Pulvérisation 1	-	-	-	-	-	0.5	0.5
3 Sarclage 2	12	12	12	12	12	12	12
3 Fum.de couverture 2	-	-	-	-	-	4	4
3 Pulvérisation 2	-	-	-	-	-	0.5	0.5
4 Récolte	5	5	6	6	5	12	12
6 Transport, battage & vannage	16.5	16.5	13.5	13.5	19.5	46	46
<b>Total</b>	61.5	75	55.5 + 4 At	72.5 + 4 At	77.+ 4 At	117.+ 9 At	117.+ 9 At

.../....

Tableau 3.5. Suite.

CARACTERISTIQUE	EXTENSIVE			SEMI-INTENSIVE			INTENSIVE
	1	2	3	4	5	6	
<b>INTRANTS MONETAIRES [FCFA]</b>							
<i>Amortissement</i>							
Petits matériel	700	700	700	700	1 000	1 500	
Charue	-	-	1 670	1 670	1 670	5 260	
Semoir	-	-	-	-	-	1 600	
Pulvérisateur	-	-	-	-	-	1 200	
<i>total partiel</i>	700	700	2 370	2 370	2 670	9 560	
<i>Coûts des opérations</i>							
Semences	60	60	60	60	60	60	
Pesticides	100	100	100	100	250	6 500	
<i>total partiel</i>	160	160	160	160	310	6 560	
<i>Total</i>	860	860	2 530	2 530	2 980	16 120	
BOEUFs [ox]	-	-	0.33	0.33	0.33	0.75	
<b>EXTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]<sup>b</sup></b>							
Grain [kg MS]	500	500	600	600	960	2 390	
Paille [kg MS]	1 750 <sup>c</sup>	1 750 <sup>c</sup>	1 980 <sup>c</sup>	1 980 <sup>c</sup>	2 800 <sup>c</sup>	4 570 <sup>d</sup>	

a) Les chiffres précédant les opérations font référence aux périodes de l'année (sous-section 1.3.1).

b) En année normale en zone pluviométrique I (530 mm).

c) Le taux moyen de N est de 3.9 g kg<sup>-1</sup>.

d) Le taux moyen de N est de 5.1 g kg<sup>-1</sup>.

Les besoins actuels en main-d'oeuvre sont évidemment fonction de l'activité de culture. Ils sont quantifiés pour chacune des six périodes de l'année, définies dans la sous-section 3.1.3, et sont décrits en détail pour les différentes cultures dans le rapport 2, chapitres 2 à 10.

Comme exemple, pour la technique de production semi-intensive du mil sur type de sol C1, les besoins totaux en main-d'oeuvre sont de  $(77 \text{ dth} + 4 \text{ At}) \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (tableau 3.5). Les données indiquent que 53% de la main-d'oeuvre est employée pendant la période de croissance qui dure 90 jours. Pour les autres activités de culture, les besoins totaux en main-d'oeuvre sont présentés au tableau 3.6.

### 3.2.3.3 Intrants monétaires

Les intrants monétaires sont divisés en amortissements et coûts des opérations. Les amortissements concernent la dépréciation annuelle des investissements en matériel nécessaire tels que charrue, herse, semoir, groupe motopompe, pulvérisateur pour les pesticides, infrastructure comme pour les périmètres d'irrigation ainsi que le petit matériel (couteaux, etc.). Les coûts des opérations comprennent les semences, le carburant pour l'irrigation, l'entretien des digues (e.g. ciment), les frais de location des batteuses, et les pesticides. La valeur des deux types d'intrants monétaires dépend de la culture et de la technologie appliquée à la culture, comme expliqué en détail dans le rapport 2, chapitres 2 à 10.

Par exemple, les amortissements pour l'activité de culture semi-intensive du mil s'élèvent à  $2\,670 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  pour le petit équipement et une charrue. Les coûts d'opérations s'élèvent à  $310 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  y compris les semences et les pesticides. Par conséquent, les intrants monétaires totaux sont de  $2\,980 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (tableau 3.5). Les amortissements et les coûts d'opération des autres activités de culture sont présentés au tableau 3.6.

### 3.2.3.4 Besoins en boeufs et en charrues

Quelques activités sont définies sur la base de la traction animale. La traction asine ou chevaline étant exclue, c'est exclusivement la traction bovine qui est prise en considération. En se basant sur le temps requis pour effectuer une opération (e.g. la préparation du sol) et la longueur de la période disponible pour effectuer cette opération, il est possible de calculer le nombre de boeufs requis par hectare pour chacune des périodes considérées (préparation du sol, premier sarclage). La valeur maximale est alors utilisée comme intrant dans le modèle-PL. En conséquence,

pour une activité, cela peut être la période du sarclage, tandis que pour une autre, c'est la période de préparation du sol.

Par ailleurs, l'accessibilité aux charrues et aux boeufs peut constituer un problème. Cet aspect est introduit dans le modèle-PL en interdisant les échanges de charrues et de boeufs entre les zones agro-écologiques. En outre, dans une zone, l'échange est supposé être restreint, ce qui implique que le nombre requis de charrues et de boeufs est relevé de 25% par rapport aux cas où l'échange entre les zones agro-écologiques est totalement libre.

Par exemple, pour l'activité de culture semi-intensive du mil, les besoins en boeufs [ox] pendant la période de préparation du sol, sont  $2/20 * 2 \text{ boeufs charrue}^{-1} * 1.25 = 0.25 \text{ ox}$  et pendant la période du premier sarclage ils sont de  $1/15 * 2 \text{ boeufs charrue}^{-1} * 1.25 = 0.33 \text{ ox}$ . En conséquence, dans le modèle-PL, c'est la dernière valeur qui sera appliquée. Les besoins en boeufs, pour les autres activités de culture, sont résumés au tableau 3.6.

Le nombre requis de charrues correspond à la moitié de la valeur calculée pour les boeufs, en tenant compte du fait qu'il faut deux boeufs par charrue. Si l'on considère alors le prix d'achat et la longévité, il est possible de calculer les coûts de dépréciation (tableau 3.5). Les intrants monétaires, y compris les autres amortissements pour les autres activités, sont résumés au tableau 3.6.

#### *3.2.4 Tableau intrants-extrants*

Il est donc possible, sur la base des considérations quantitatives présentées, d'établir un tableau d'intrants-extrants pour chaque activité. Le tableau 3.5 en est un exemple, en ce qui concerne les différentes activités de culture du mil. Dans le rapport 2, chapitres 2 à 10, les autres tableaux intrants-extrants sont présentés et discutés en détail. De même que pour les rendements dans le tableau 3.3, les intrants ont été résumés dans le tableau 3.6.

Tableau 3.6. Intrants des activités de cultures: jachère [années de jachère par année de culture]; engrais minéraux: N, P, K [kg par tonne de rendement-cible  $ha^{-1}$ ], fumier [kg MS  $kg^{-1}$  MS rendement cible  $ha^{-1}$ ]; main-d'oeuvre totale [dth  $ha^{-1}$ ], amortissements [1000 FCFA  $ha^{-1}$ ], coûts des opérations [1000 FCFA  $ha^{-1}$ ] et boeuf [nombre  $ha^{-1}$ ].

CULT/TECHNA	JACHERE	N	P	K	FUMIER	MAIN-D'O.	AMORTISSEMENT	COUTS D'OPERATIONS BOEUF
Mil/1	4-5	-	-	-	-	62	0.7	0.2
Mil/2	-	-	-	-	3-8	75	0.7	0.2
Mil/3	6-8	-	-	-	-	56	2.4	0.2
Mil/4	-	-	-	-	4-9	73	2.4	0.2
Mil/5	-	15-26	-	6-19	3-5	77	2.7	0.3
Mil/6	-	44-74	4-6	21-52	1-2	117	9.6	6.6
Fonio	7	-	-	-	-	46	0.7	3.3
Sorgho/1	6	-	-	-	-	39	0.7	0.3
Sorgho/2	-	105	15	59	-	52	1.0	0.4
Arachide/1	2	-	4	-	-	83	4.7	19.5
Arachide/2	-	22	6	12	-	100	6.2	22.5
Niébé/1	3	-	2-7	-	-	82	3.9	12.1
Niébé/2	-	33-58	12-14	44-83	1-2	130	8.0	15.1
Echalote	-	-	-	-	0.2	1 963	2.9	202.5
Autres cultures maraichères	-	-	-	-	0.3	1 389	2.9	53.5
Culture fourragère	-	13-16	3-5	14-21	0.3	60	8.0	15.1
Bourgou	-	26	4	20	0.2	113	37.6	64.1
Riz Hors-casier	5-7	-	-	-	-	55	4.0	7.6
Riz Casier/1	-	77	3	31	0.9	104	34.4	14.9
Riz Casier/2	-	99	6	52	1.5	117	34.4	27.9
Riz Irrigué	-	67	5	18	0.6	452	350.0	180.0

a) se réfère au niveau d'intensification.

Source: rapport 2, chapitres 2 à 10.

### 3.3 Elevage

#### 3.3.1 Techniques de production définies

Dans la Région on trouve des bovins, des moutons, des chèvres, des chameaux, des ânes, des chevaux, des porcs, de la volaille et du gibier, en quantités plus ou moins importantes. De même que pour les systèmes de culture, seuls les principaux systèmes de production ont été inclus, le degré de différenciation dépendant de l'importance relative de l'espèce animale considérée. Vingt-deux techniques de productions ont été distinguées, basées sur quatre critères d'évaluation: (i) l'espèce animale (bovine, ovine, caprine, asine et caméline), (ii) l'objectif de production principal (viande et/ou lait ou traction/transport), (iii) mobilité des animaux (migrants, semi-mobiles ou sédentaires) et (iv) niveau-cible de production animale (faible, intermédiaire et semi-intensive) (tableau 3.7).

En ce qui concerne la mobilité, les définitions suivantes concernent les notions de sédentaire, de semi-mobile et de migrante.

- Sédentaire (sed)

Les animaux restent toute l'année dans un cercle dont le rayon est de 6 km autour d'un point d'eau permanent.

- Semi-mobile (s-m)

Pendant la saison chaude, de février à juin, les animaux exploitent les pâturages entre 6 et 15 km autour d'un point d'eau permanent. Durant la nuit, ils sont parqués dans des parcs temporaires; ils sont ramenés au moins une fois tous les trois jours au point d'eau permanent pour y être abreuvés.

- Migrant (mig.)

Pendant la saison des pluies, de juillet à octobre, les animaux quittent la zone cultivée pour aller paître sur ce qu'on appelle des pâturages de saison des pluies, i.e. des pâturages situés au-delà d'un rayon de 15 km autour d'un point d'eau permanent. Mais pendant la saison sèche, ils ne sortent pas de ce cercle de 15 km de rayon.

Quelque soit leur degré de mobilité, tous les animaux exploitent les résidus de récolte abandonnés dans les champs après la moisson, et cela durant la saison froide, de novembre à janvier. Ces champs sont situés dans un cercle de rayon de 6 km autour d'un point d'eau permanent.

Tous les coefficients techniques d'élevage sont exprimés en Unité Bétail Tropical [UBT] équivalant à un animal de 250 kg en poids vif. Pour les différentes

espèces, un animal moyen converti en UBT peut être ainsi exprimé selon: 1 vache = 0.7 UBT; 1 âne = 0.5 UBT; 1 mouton ou 1 chèvre = 0.1 UBT; 1 chameau = 1.2 UBT (Le Houérou & Hoste, 1977).

Tableau 3.7. Activités animales définies pour le modèle-PL.

CODE D'ACTIVITE	ESPECE	PRODUIT PRINCIPALE	MOBILITE	NIVEAU DE PRODUCTION
B1	bovine	traction	sédentaire	bas
B2	bovine	viande	semi-mobile	bas
B3	bovine	viande	semi-mobile	moyen
B4	bovine	viande	migrant	bas
B5	bovine	viande	migrant	moyen
B6				
B7	bovine	lait	sédentaire	moyen
B8	bovine	lait	sédentaire	moyen
B9	bovine	lait	migrant	moyen
B10	bovine	lait	migrant	moyen
B11	bovine	lait	sédentaire	semi-intensif
B12	bovine	lait	sédentaire	semi-intensif
B13	ovine	viande	sédentaire & semi-mobile	bas
B14	ovine	viande	sédentaire & semi-mobile	moyen
B15	ovine	viande	migrant	bas
B16	ovine	viande	migrant	moyen
B17	ovine	viande	sédentaire	semi-intensif
B18	caprine	viande & lait	sédentaire & semi-mobile	bas
B19	caprine	viande & lait	sédentaire & semi-mobile	moyen
B20	caprine	viande & lait	migrant	bas
B21	caprine	viande & lait	migrant	moyen
B22	asine	transport	sédentaire	moyen
B23	caméline	transport	migrant	bas

### 3.3.2 Extrants

Les niveaux-cibles de production sont également définis, comme pour les cultures. Ces valeurs de production ont été déterminées, pour les bovins, en se basant sur l'étude de Breman & de Ridder (1991), et pour les autres espèces, sur les données de la littérature.

La production annuelle de viande varie de 22 à 62 kg UBT<sup>-1</sup> pour les bovins et de 40 à 100 kg UBT<sup>-1</sup> pour les petits ruminants. La production laitière annuelle, destinée à la consommation humaine varie de 0 à 520 kg UBT<sup>-1</sup> pour les vaches, de 100 à 200 kg UBT<sup>-1</sup> pour les chèvres et de 0 à 50 kg UBT<sup>-1</sup> pour les brebis (tableau 3.8). Ces valeurs sont applicables à un animal moyen du troupeau. Le niveau-cible détermine la quantité et la qualité du fourrage requis, i.e. le régime alimentaire nécessaire.

En ce qui concerne les activités d'élevage des ânes et des chameaux, le produit principal est représenté par le nombre de ces animaux. Le modèle-PL ne tient pas compte de la production de lait et de viande qu'ils représentent, mais celle-ci peut-être facilement calculées par la suite. Il en est de même pour d'autres sous-produits ou d'autres activités d'élevage, par exemple les peaux.

Une étude plus fine des niveaux de production des différentes espèces animales a été refaite plus tardivement et sa description détaillée peut être retrouvée dans le rapport 2 aux chapitres 12 à 15. Il en a résulté des valeurs différentes pour tous les animaux sauf les bovins. Du fait des limitations de temps, il a finalement été décidé de faire fonctionner le modèle-PL en se servant de ces valeurs de production alternatives, seulement en tant que variantes (sous-section 6.4.4).

Outre la production principale (e.g. la viande), les activités d'élevage engendrent des sous-produits, du fumier par exemple. Etant donné que la disponibilité de ce dernier joue un rôle important dans les activités de culture (exigence de durabilité), cet aspect a été discuté plus en détail. La fraction maximale de fumier disponible pour les activités de culture a été calculée séparément pour les différentes espèces animales, ainsi que donné ci-après.

#### 1. Bovins

Pendant la saison des pluies, de juillet à octobre, le bétail sédentaire reste au parc pendant une moyenne de 12 heures par jour et 80% du fumier qu'il produit est récupéré; le reste de la journée, les animaux circulent sur les pâturages et le fumier produit est donc perdu pour les cultures. Le bétail semi-mobile passe environ 6 heures par jour au parc.

Le bétail migrant est trop éloigné pendant la saison des pluies pour que le fumier produit puisse être utilisé dans les activités de culture.

Pendant la saison froide, de novembre à janvier, tout le bétail sédentaire, semi-mobile et migrant, passe la plupart de son temps dans les champs: 65% environ du fumier tombe sur ces champs.

Tableau 3.8. Extrants des activités d'élevage [kg poids vif, kg lait, nombre d'animaux ou kg MS de fumier, par UBT par an].

CODE D'ACTIVITE	PRODUIT PRINC.	MOBILITE	MENU <sup>a</sup>	VIANDE	LAIT	ANIMAUX	FUMIER <sup>b</sup>
<b>Bovins</b>							
B1.	Boeuf	sédentaire	I	22	0	0.55	442
B2.	Viande	semi-mobile	I	37	0	-	298
B3.	Viande	semi-mobile	II	56	92	-	285
B4.	Viande	migrant	I	37	0	-	230
B5.	Viande	migrant	III	71	219	-	222
B7.	Lait	sédentaire	II	54	165	-	444
B8.	Lait	sédentaire	III	62	376	-	445
B9.	Lait	migrant	II	54	165	-	232
B10.	Lait	migrant	III	62	376	-	232
B11.	Lait	sédentaire	IV+c	61	520	-	415
B12.	Lait	sédentaire	IV	61	520	-	415
<b>Ovins</b>							
B13.	Viande	séd. & s-m	I	70	-	-	718
B14.	Viande	séd. & s-m	III	100	50	-	688
B15.	Viande	migrant	I	70	-	-	515
B16.	Viande	migrant	III	100	50	-	494
B17.	Viande	sédentaire	IV	150	-	-	641
<b>Caprins</b>							
B18.	Viande	séd. & s-m	I+b	40	100	-	718
B19.	Viande	séd. & s-m	III+b	75	200	-	688
B20.	Viande	migrant	I+b	40	100	-	515
B21.	Viande	migrant	III+b	75	200	-	494
<b>Divers</b>							
B18.	Anes	sédentaire	II	-	-	2.00	466
B19.	Chameaux	migrant	I+b	-	-	0.83	-

<sup>a</sup>) voir tableau 3.9;

<sup>b</sup>) disponible pour les cultures ou combustion.

+b: 'browse' inclus; +c: concentrés incluse.

Sources: Breman & de Ridder (1991); Veeneklaas, com. pers.

Finalement, pendant la saison chaude, de février à juin, le bétail sédentaire passent de nouveau 12 heures par jour au parc et donc 80% du fumier est récupéré, tandis qu'aucun fumier n'est récupéré pendant le broutage sur les pâturages autour des villages. Le bétail migrant et semi-mobile passe 6 heures par jour environ au parc étant donné qu'il va brouter sur les pâturages assez éloignés du village. La quantité de fumier récupérée, dans ces deux cas, est par conséquent la moitié de celle récupérée chez les animaux sédentaires.

En résumé, 46% du fumier produit par le bétail sédentaire peut en principe être utilisé pour les cultures, contre 31% de celui produit par le bétail semi-mobile et 24% de celui produit par le bétail migrant.

## 2. Petits ruminants

Les moutons et les chèvres ne broutent généralement pas pendant la nuit; par conséquent, les animaux sédentaires et semi-mobiles passent 12 heures par jour au parc, où 80% du fumier peut être récupéré. Il n'y a pas de récupération du fumier sur les pâturages. Les petits ruminants migrants passent quatre mois par an hors de la zone cultivée, le fumier étant alors perdu pour les activités de culture. En conséquence, la quantité maximale de fumier récupéré chez les petits ruminants représente 46% du fumier produit dans les techniques de productions sédentaire et semi-mobile et 33% dans les techniques de production migrante.

## 3. Anes et chameaux

En ce qui concerne les ânes, un taux de récupération relativement élevé de 46% peut être obtenu, comme dans le cas des techniques de production sédentaire. Le fumier des chameaux n'est pas utilisé dans la culture. Une partie est cependant utilisée comme combustible.

Les valeurs de la disponibilité en fumier provenant des diverses activités d'élevage sont indiquées au tableau 3.8.

L'extrait monétaire des activités d'élevage dépend du niveau de l'extrait physique, des prix et de l'autoconsommation des produits de l'élevage.

Comme expliqué ailleurs (sous-section 4.2.4), l'autoconsommation est définie et calculée au niveau de la zone agro-écologique, c'est-à-dire qu'elle représente les besoins minimaux en produits agricoles dans les limites d'une zone agro-écologique. Cela n'exclut pas le commerce sur les marchés locaux ni les échanges entre producteurs; cela implique uniquement qu'une certaine quantité minimale ne quitte pas la zone agro-écologique, si la production est suffisante, ou est importée, si la production locale est insuffisante. Les besoins minimaux en protéines animales par personne ont été fixés à 50 g de viande par jour (poids vif) et 2 kg de lait par semaine en moyenne; le ratio lait/viande peut varier par individu du fait, entre autre, que la disponibilité en lait n'est pas également répartie parmi la population.

Le prix de la viande bovine au producteur est de 700 FCFA par kg, équivalant à 320 FCFA par kg de poids vif. Pour la viande de mouton et de chèvre, ce prix est de 750 FCFA par kg soit 340 FCFA par kg de poids vif.

Du fait de sa nature périssable, le lait est normalement destiné soit à l'autoconsommation, soit il est troqué, vendu ou donné dans la zone agro-

écologique. Il ne peut cependant pas être considéré comme un produit d'exportation au sens économique du terme (quittant le secteur agricole) ou au sens géographique du terme. Les exceptions principales sont constituées par le lait livré à l'usine Kossam-Mopti (Sévaré) et le lait vendu directement aux habitants de la ville de Mopti. Ces exceptions ont été introduites dans le modèle-PL pour les activités d'élevage semi-intensives B11 et B12 (tableau 3.8), où, pendant la saison sèche, les vaches sont supplémentées avec des concentrés ou des résidus de culture de haute qualité (classe de qualité IV). Dans le modèle-PL cependant, la commercialisation connaît une limite supérieure de 2.6 millions de kg par an. Le prix à la production rapporté est de 180 FCFA par litre.

### 3.3.3 Intrants

Le fourrage est de toute évidence l'intrant le plus important pour les activités d'élevage. Outre la quantité totale requise par UBT, spécifiée séparément pour la saison des pluies et pour la saison sèche, les exigences de qualité minimales ont également été indiquées par activité. Quatre classes de qualité ont été différenciées sur la base de la teneur en azote (paragraphe 3.2.2.1). Le fourrage provenant des ligneux est traité à part, vu qu'il est considéré comme une source fourragère valable uniquement pour les chèvres et les chameaux, bien que les bovins, et même les moutons, soient susceptibles d'absorber de petites quantités de ce fourrage "aérien" en fin de saison sèche. Le taux moyen de N pour le fourrage provenant des ligneux est de 14 g kg<sup>-1</sup> de MS pendant la saison sèche.

Outre les pâturages, les sous-produits de récolte et les concentrés sont utilisables comme des sources fourragères.

Quatre régimes alimentaires possibles ont été différenciés. Ils sont caractérisés respectivement par des teneurs moyennes en azote de 9, de 10, de 11 et de 12 g kg<sup>-1</sup> de MS (tableau 3.9) et des digestibilités respectives de 52, de 54, de 56 et de 59%.

Ces régimes alimentaires ainsi que les niveaux de production bovine correspondants sont décrits en détail par Breman & de Ridder (1991, sous-section I.3.6). Ils peuvent être résumés en quatre niveaux.

- Le niveau le plus bas garantit la continuité de la population animale et les perspectives d'élevage commencent à devenir attrayantes du point de vue de la production de viande et de fumier; la production de lait est encore tellement basse qu'elle doit être entièrement réservée au veau. Cette situation correspond au niveau I et représente le niveau le plus bas sur lequel peut fonctionner une population de bovins. Compte tenu du début tardif de la vie reproductrice des

génisses, et du faible taux de naissances, la population est tout juste en mesure de se maintenir. Toutes les génisses qui ont atteint l'âge de reproduction sont nécessaires pour remplacer les vaches adultes qui meurent ou qui sont soustraites au troupeau à l'âge de onze ans; une extension par une reproduction naturelle n'est donc pas possible.

Tableau 3.9. Composition des menus fourragers du bétail [% de matière sèche ingérée] ainsi que le taux moyen d'azote de ce menu [ $g\ kg^{-1}$ ].

	SAISON DES SAISON SECHE		ANNEE	
	PLUIES	BOVIN/OVIN		CAPRIN/CAMELIN
<b>Menu I</b>				
Classe de qualité 1	0	33	44	
Classe de qualité 2	0	67	41	
Classe de qualité 3	50	0	0	
Classe de qualité 4	50	0	0	
Fourrage des ligneux	-	-	15	
Taux moyen de N	16.0	6.7	6.7	9.0
<b>Menu II</b>				
Classe de qualité 1	0	22		
Classe de qualité 2	0	50		
Classe de qualité 3	50	28		
Classe de qualité 4	50	0		
Fourrage des ligneux	-	-		
Taux moyen de N	16.0	8.0		10.0
<b>Menu III</b>				
Classe de qualité 1	0	13		
Classe de qualité 2	0	50		
Classe de qualité 3	30	37		
Classe de qualité 4	70	0		
Fourrage des ligneux	-	-		
Taux moyen de N	17.6	8.8	8.8	11.0
<b>Menu IV</b>				
Classe de qualité 1	0	13	13	
Classe de qualité 2	0	50	50	
Classe de qualité 3	50	14	14	
Classe de qualité 4	50	23	23	
(avec concentrés)				
Fourrage des ligneux	-	-	-	
Taux moyen de N	16.0	10.7	10.7	12.0

Source: Breman & de Ridder (1991); Veeneklaas, com. pers.

- Le niveau II représente une situation avec des conditions d'alimentation quelque peu meilleures. Ces conditions sont telles que plus d'un tiers de la production totale de lait est disponible pour la consommation humaine sans mettre gravement en danger les chances de survie des veaux.
- Les niveaux III et IV représentent une nouvelle amélioration des paramètres de la productivité sous l'influence de meilleures conditions d'alimentation.

Les systèmes d'élevage bovin au Mali sont situés quelque part sur cette échelle de productivité. Dans la situation actuelle et dans la zone soudanienne, de nombreux systèmes d'élevage sédentaires se situent entre le niveau I et II. Pour les systèmes dans le nord, la situation est en principe plus favorable: ils se situent autour du niveau II avec, au maximum des pointes vers le niveau III, à moins qu'une trop grande densité en bétail ne s'y oppose. Les systèmes d'élevage qui utilisent alternativement les pâturages exondés, et les pâturages inondables de la zone deltaïque, pendant la saison sèche, doivent pouvoir atteindre au moins le niveau II et même le niveau III, mais là également, le surpâturage peut supprimer l'avantage potentiel des bons pâturages de saison sèche. La dégradation des pâturages à graminées pérennes de la zone deltaïque explique vraisemblablement la baisse de productivité des systèmes en question. Le niveau IV est exclusivement atteint dans les stations expérimentales, et rarement dans les entreprises laitières, grâce à l'utilisation de grandes quantités de concentrés.

En ce qui concerne les bovins, les activités d'élevage ont été spécifiées aux niveaux I, II et III pour la viande lorsque cette dernière est l'objectif de production principal, et aux niveaux II, III et IV pour le lait. Les bovins migrants bénéficient en principe d'un meilleur accès à un meilleur fourrage et par conséquent quelques uns des meilleurs régimes alimentaires ont été appliqués à ce type d'activité. Le régime IV n'est réalisable qu'en ce qui concerne la production semi-intensive de lait aux alentours de Mopti-ville. Les exigences de qualité du régime alimentaire peuvent être assurées par des concentrés administrés en supplément pendant la saison sèche.

En ce qui concerne les petits ruminants, deux niveaux de production ont été spécifiés, associés aux régimes I et III. Le régime II est appliqué aux ânes et le régime minimal I aux chameaux.

Les besoins alimentaires pour les diverses activités d'élevage sont présentés au tableau 3.10 et les méthodes de calcul appliquées sont développées à l'annexe 7 du rapport 2. Comme pour les extrants, pour les systèmes comprenant des animaux autres que les bovins, les valeurs des intrants doivent être adaptées.

Tableau 3.10. Intrants des activités d'élevage [ $UBT^{-1} a^{-1}$ ]; qualité du menu comprenant le fourrage, le fourrage provenant des ligneux et les concentrés [kg MS]; main-d'oeuvre totale pendant la saison des pluies et sèche [dth] et intrants monétaires [1 000 FCFA].

CODE ACTI- VITE	PRODUIT PRINC.	MOBILITE	ABSORPTION	MENU		FOURAGE		BROWSE CONC.		MAIN-D'O.		INTR. MON.
				PL.	SECHE	PL.	SECHE	PL.	SECHE	PL.	SECHE	
<b>Bovins</b>												
B1.	Boeuf	sédentaire	I	2 000	-	-	2	8				2.3
B2.	Viande	semi-mobile	I	2 000	-	-	3	8				2.3
B3.	Viande	semi-mobile	II	2 000	-	-	3	9				3.5
B4.	Viande	migrant	I	2 000	-	-	3	8				2.3
B5.	Viande	migrant	III	2 100	-	-	3	9				3.5
B7.	Lait	sédentaire	II	2 100	-	-	3	9				2.3
B8.	Lait	sédentaire	III	2 200	-	-	4	10				3.5
B9.	Lait	migrant	II	2 100	-	-	3	9				2.3
B10.	Lait	migrant	III	2 200	-	-	4	10				3.5
B11.	Lait	semi-int.	IV	1 820	-	380	5	14				22.0
B12.	Lait	semi-int.	IV	2 200	-	-	5	14				22.0
<b>Ovins</b>												
B13.	Viande	séd. & s-m.	I	3 250	-	-	13	39				2.3
B14.	Viande	séd. & s-m.	III	3 400	-	-	15	47				3.5
B15.	Viande	migrant	I	3 250	-	-	13	39				2.3
B16.	Viande	migrant	III	3 400	-	-	15	47				3.5
B17.	Viande	sédentaire	IV	2 300	-	1 100	15	47				5.0
<b>Caprins</b>												
B18.	Viande	séd. & s-m.	I	2 880	370	-	15	39				0.3
B19.	Viande	séd. & s-m.	III	2 630	770	-	21	47				1.5
B20.	Viande	migrant	I	2 880	370	-	15	39				0.3
B21.	Viande	migrant	III	2 630	770	-	21	47				1.5
<b>Anes</b>												
B22.	Transport	sédentaire	II	2 200	-	-	6	-				0.3
<b>Chameaux</b>												
B23.	Transport	migrant	I	1 550	200	-	-	-				0.3

Sources: Breman & de Ridder (1991); Veeneklaas, pers. comm.

Outre le fourrage, la main-d'œuvre et la trésorerie disponible représentent des intrants pour les activités d'élevage.

Les besoins en main-d'œuvre sont spécifiés pour chaque espèce d'animaux pour les opérations suivantes: garde des troupeaux, y compris l'abreuvement, la traite et les soins vétérinaires. Les valeurs sont résumées dans le tableau 3.10, et leur obtention est décrite plus en détail à l'annexe 7 du rapport 2 où les données initiales sont données.

Les intrants monétaires consistent presque exclusivement en soins vétérinaires, parfois aussi en concentrés. Leurs valeurs sont résumées au tableau 3.10, et leur obtention est décrite plus en détail à l'annexe 7 du rapport 2 où les données initiales sont données. Comme pour les extrants, pour les systèmes comprenant des animaux autres que les bovins, les valeurs des intrants doivent être adaptées.

Le prix des concentrés rapporté est de 38 FCFA par kg, équivalant à 44 FCFA par kg de matière sèche (rapport 2, chapitre 13).

Pour atteindre les niveaux de production mentionnés pour l'activité de production semi-intensive de bovins, la seule administration d'un fourrage de qualité n'est pas suffisante. Il est également nécessaire de prévoir des investissements additionnels en matière de gestion de troupeaux, non seulement en ce qui concerne les soins vétérinaires, mais aussi pour les étables ou autres structures. Par ailleurs, la livraison du lait implique des frais de transport. Il n'existe pas de données fiables sur ce type de dépenses. Dans la version actuelle du modèle-PL, un intrant monétaire global de 20 000 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> a été défini pour l'activité de production laitière semi-intensive.

En fait, les frais associés à l'abreuvement devraient être également inclus dans les intrants monétaires des activités d'élevage. Ces frais comprennent la dépréciation des investissements pour le fonçage des puits, avec ou sans cuvelage, pour les forages, avec ou sans citerne, ainsi que les coûts d'entretien et de fonctionnement; ces frais peuvent être très élevés. Il a été estimé qu'ils représentent de 15 à 35% du revenu brut des systèmes d'élevage, en fonction du degré de gestion du troupeau (sédentaire ou migrant), de la production animale et du type de puits (Breman *et al.*, 1987). Selon les auteurs, les frais de construction d'un nouveau puits cuvelé s'élèveraient à environ 2 500 à 3 000 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Ces calculs se réfèrent cependant à une situation où de nouveaux puits sont foncés pour mettre en valeur des pâturages non encore utilisés. Dans la situation actuelle, les puits existant dans la Région sont utilisés et les animaux exploitent par ailleurs, pendant la saison sèche, les eaux de surface naturelles des fleuves et des lacs ainsi que des mares éventuelles. En conséquence, aucun coût n'a été attribué à l'abreuvement pour les différentes activités d'élevage.

### 3.4 Pêche

#### 3.4.1 Techniques de production définies

Les activités de pêche sont exprimées par ménage de pêcheurs. Dans cette étude, trois types de ménages, et par conséquent trois activités de pêche, ont été différenciés sur la base de l'occupation principale et de la mobilité:

- V1. Ménages migrants dont l'occupation principale est la pêche = Pêcheurs Primaires Migrants (PPM);
- V2. Ménages sédentaires dont l'occupation principale est la pêche = Pêcheurs Primaires Sédentaires (PPS);
- V3. Ménages sédentaires dont la pêche représente l'occupation secondaire = Pêcheurs Secondaires Sédentaires (PSS).

Ces trois types de ménage diffèrent en ce qui concerne les équipements et la productivité. Contrairement aux activités définies dans les sections précédentes, des rendements-cibles n'ont pas pu être dérivés des données disponibles. Les points de départ d'une définition des intrants-extrants nécessaires ont donc été la main-d'oeuvre impliquée et le montant total de poisson capturé.

#### 3.4.2 Main-d'oeuvre impliquée

Les activités de pêches que l'on peut qualifier d'importantes n'ont lieu que dans deux des onze zones agro-écologiques, à savoir le Delta Central et la Zone Lacustre. Dans cette étude, il est estimé que les deux-tiers de la population de pêcheurs sont basés dans le Delta Central contre un tiers dans la Zone Lacustre. La population totale de ces deux zones agro-écologiques s'élève à 476 000 habitants, ce qui représente une main-d'oeuvre d'environ 219 000 années de travail humain [équivalent-adulte].

D'après les informations que nous détenons, quelque 28 000 ménages sont, d'une façon ou d'une autre, impliqués dans les activités de pêche. Comme la taille moyenne d'un ménage est de 10,3 personnes (rapport 2, chapitre 16), cela implique que 290 000 personnes, soit 61% de la population totale des deux zones agro-écologiques, appartiennent à des ménages impliqués dans les activités de pêche. Cependant, ils ne consacrent pas tout leur temps de travail à la pratique de la pêche ou au traitement du poisson. Même ceux dont la pêche est considérée comme étant l'occupation principale, consacrent une partie de leur temps à l'agriculture. Il a été

estimé dans cette étude que la part de temps effectivement réservée à la pêche est de 85.5% pour les ménages de Pêcheurs Primaires Migrants, de 74.5% pour les ménages de Pêcheurs Primaires Sédentaires et de 37.5% pour les ménages de Pêcheurs Secondaires Secondaires. L'intrant total représenté par la main-d'oeuvre dans les activités de pêches s'élève à 92 000 années de travail humain, soit 40% de la main-d'oeuvre totale des deux zones agro-écologiques.

Tableau 3.11. Nombre de ménages, nombre moyens d'individus par ménage, nombre total d'individus impliqués dans la pêche, nombre d'années de travail humain représenté par ces individus, proportion de l'année passée à la pêche et nombre d'années de travail humain effectivement passée à la pêche selon les trois activités de pêche.

ACTIVITE	NOMBRE MENAGES	INDIVIDUS PAR MEN.	TOTAL IND. [*1000]	TRAVAIL TOTAL [*1000]	TEMPS PECHE [%]	TRAVAIL PECHE [*1000]
Primaires Migrants	5 409	9.20	49.8	22.9	85.5	19.6
Primaires Sédentaires	17 068	10.56	180.3	82.9	74.5	61.8
Secondaires Sédentaires	5 659	10.56	59.8	27.5	37.5	10.3
Total	28 136	10.30	289.9	133.3	68.8	91.6

### 3.4.3 Captures totales de poisson

En plus de la main-d'oeuvre, il est également nécessaire de quantifier les rendements des captures de poisson. Les quantités totales de poisson capturé pendant les années de crue normale et de crue basse ont été dérivées d'observations effectuées pendant la période de 1966 à 1988 (rapport 2, chapitre 16). Ces quantités concernent les captures effectuées en fin d'une période de trois crues consécutives "normales" ou de trois crues consécutives "basses". Une crue normale est définie comme étant la crue de référence (i.e. tous les sols normalement inondables le sont; rapport 1, chapitre 5) et est associée à une pluviométrie normale. Une crue basse est définie comme étant celle associée à une année pluviométriquement sèche (dans le contexte de notre étude, une année sèche est définie comme étant une année pendant laquelle les pluviométries sont dépassées quatre fois sur cinq au cours des 30 dernières années: rapport 1, chapitre 4). La capture totale de poisson pendant une année normale est définie comme étant la limite supérieure de la production

halieutique dans la Région. Toute la main-d'oeuvre disponible, telle qu'indiquée dans la dernière colonne du tableau 3.11, est supposée être employée.

### 3.4.4 Capture de poisson par ménage

Pour pouvoir effectuer une analyse correcte de la situation, il est nécessaire de définir la répartition de la capture totale de poisson entre les trois types de ménage, et donc d'activité. Dans cette étude, cette répartition est basée sur la supposition d'un rendement financier égal pour les trois types de ménages, c'est-à-dire, proportionnel à la part des trois différentes activités de pêche dans les intrants monétaires totaux, en ce qui concerne la dépréciation, l'entretien et les frais de carburant pour les bateaux à moteur (tableau 3.12). Ces derniers frais sont estimés à 300 000 FCFA par bateau à moteur et par an.

Tableau 3.12. Investissements total en engins de pêche et charge annuelle du capital selon les trois activités de pêche [103 FCFA par ménage].

	ACTIVITE		
	PRIMAIRES MIGRANTS	PRIMAIRES SEDENTAIRES	SECONDAIRES SEDENTAIRES
<i>Investissement total</i>	501	402	82
<i>Charge du capital annuel</i>			
Amortissement des engins	182	155	31
Frais d'entretien des engins	41	32	7
Carburant	48	30	6
total	271	217	44

La capture par activité de pêche, c'est-à-dire la productivité des ménages, peut maintenant être calculée en supposant que les intrants de main-d'oeuvre sont indépendants du régime pluviométrique. Autrement dit, quelle que soit l'importance de la crue, l'intrant main-d'oeuvre reste constant; seule la productivité des ménage (rendement en poisson par ménage) variera (table 3.13). La même supposition est, de fait, également appliquée aux intrants dans les activités de culture où la main-d'oeuvre est aussi indépendante du régime pluviométrique.

Tableau 3.13. Valeurs totales de la charge du capital annuel [ $10^6$  FCFA], des captures totales [t de poisson frais], de la productivité par ménage et de la productivité par année de travail humain passée à la pêche selon les trois activités de pêche.

ACTIVITE	CHARGE CAPITAL	CAPTURE TOTALE		PRODUCTIVITE [t/ménage]		PRODUCTIVITE [t/ath <sub>p</sub> ]	
		NORMALE	SECHE	NORMALE	SECHE	NORMALE	SECHE
Primaires Migrants	1 470	25 333	14 471	4.68	2.68	1.29	0.74
Primaires Sédentaires	3 708	63 899	36 502	3.74	2.14	1.03	0.59
Secondaires Sédentaires	250	4 302	2 458	0.76	0.43	0.42	0.24
Total	5 428	93 534	53 431	3.32	1.90	1.02	0.58

Pendant une année de crue normale, 16 048 km<sup>2</sup> sont inondés, lorsque la crue est au plus haut; la productivité correspond alors à 58 kg de poisson frais ha<sup>-1</sup>, lorsque toute la main-d'oeuvre disponible pour la pêche est employée. Au cours d'une année de crue basse, près de 7 996 km<sup>2</sup> sont inondés, ce qui implique une productivité de 67 kg ha<sup>-1</sup>, toute la main-d'oeuvre étant également employée.

Le prix à la production rapporté pour le poisson frais est d'environ 275 FCFA kg<sup>-1</sup>. L'autoconsommation annuelle a été fixée à 326 kg de poisson frais par ménage, i.e. de 31 kg par tête pour les pêcheurs sédentaires et de 36 kg par tête pour les pêcheurs migrants. Cela représente un total annuel de 9 172 tonnes, soit 10% de la capture d'une année normale et 17% de celle d'une année sèche. La supposition d'une autoconsommation fixe, quel que soit le montant de la capture, implique que les ménages de Pêcheurs Secondaires Sédentaires usent une part relativement plus grande des captures pour satisfaire leurs besoins (rapport 2, chapitre 16).

Sur la base des données présentées, il est possible de déduire que la valeur maximale du poisson commercialisé peut s'élever à 23.2 milliards de FCFA (US\$ 75 millions) pendant une année normale et à 12.2 milliards de FCFA (US\$ 40 millions) pendant une année sèche. Les intrants monétaires sont de 5.4 milliards de FCFA (y compris le carburant), mais des coûts des opérations additionnels, sous forme de bois de fumage du poisson, doivent être inclus, de sorte que le revenu brut maximal de ce secteur s'élève à 16.2 milliards de FCFA dans une année normale et à 5.9 milliards de FCFA dans une année sèche.

Les dépenses pour le bois de fumage ont été calculées sur la base des données suivantes:

- pour produire 1 kg de poisson fumé, il faut 2.95 kg de poisson frais et 5.8 kg de bois;
- 70% de la capture totale est transformée en poisson fumé;
- le prix du bois est de 15 FCFA kg<sup>-1</sup>;
- 20% du poisson est fumé en utilisant de la bouse de bovin comme combustible.

### 3.4.5 Tableau intrants-extrants

Les intrants et extrants monétaires pour les trois activités de pêche sont indiqués dans le tableau 3.14. En conséquence, les intrants et extrants totaux de ces trois activités pendant une année normale et une année sèche ont pu être quantifiés (tableau 3.15).

Tableau 3.14. Balance financière pour les trois activités de pêche [1000 FCFA par ménage].

	ACTIVITE		
	PRIMAIRES MIGRANTS	PRIMAIRES SEDENTAIRES	SECONDAIRES SEDENTAIRES
<b>Année de crue normale</b>			
Captures totales (frais)	1 288	1 030	209
Captures commercialisées (frais)	1 197	938	118
Charge du capital <sup>a</sup>	272	217	44
Bois de fumage	77	62	13
Revenus brut	847	659	61
<b>Année de crue basse</b>			
Captures totales (frais)	736	588	119
Captures commercialisées (frais)	644	497	28
Charge du capital <sup>a</sup>	272	217	44
Bois de fumage	44	35	7
Revenus brut	328	244	-23

<sup>a</sup>) sans bois de fumage

Tableau 3.15. Tableau intrants-extrants pour les trois activités de pêche.

	ACTIVITE		
	PRIMAIRES MIGRANTS	PRIMAIRES SEDENTAIRES	SECONDAIRES SEDENTAIRES
<b>INTRANTS</b> [ménage <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]			
Travail [athp] <sup>a</sup>	3.62	3.62	1.81
<i>Intrants monétaires</i> [1000 FCFA]			
Amortissement	182	155	31
Frais d'entretien	41	32	7
Carburant	48	30	6
Bois de fumage			
(année normale/sèche)	77/44	62/35	13/7
<i>Total</i>			
(année normale/sèche)	348/315	279/252	57/51
<b>EXTRANTS</b> [ménage <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]			
Poisson [t] <sup>b</sup>			
- Année normale	4.68	3.74	0.76
- Année sèche	2.68	2.14	0.43

<sup>a</sup>) Année de travail humain effectivement consacrée à la pêche; seuls les PSS ne sont occupés à la pêche qu'en période 6.

<sup>b</sup>) Poisson fumé et séché mais exprimé en équivalent poisson frais.

## 4. CONTRAINTES PRINCIPALES ET INTERRELATIONS

### 4.1 Contraintes

Le modèle-PL d'optimisation appliqué consiste en une série de variables-objectifs représentant les divers objectifs à réaliser, de nombreuses restrictions influençant la réalisation de ces objectifs ainsi que les relations entre ces variables. Etant donné que toutes les relations sont linéaires du fait de la Programmation Linéaire (PL) appliquée, la valeur optimale de chacune de ces variables-objectifs peut être influencée par la série de restrictions et de relations spécifiées dans le modèle-PL ainsi que par les restrictions spécifiées pour tous les autres objectifs.

Dans cette section, les principales contraintes, telles qu'elles ont été formalisées dans le modèle-PL d'optimisation, sont discutées.

La section suivante développe les relations existantes entre ces variables.

#### 4.1.1 *Compétition pour la terre*

Les systèmes de cultures de plein champ et l'élevage ont tous deux besoin de terres pour se développer. Lorsque par ailleurs, une partie de ces terres est réservée à la vie sauvage et constitue des réserves naturelles, l'exploitation agricole y est exclue. La restriction de base introduite dans le modèle-PL est que les terres ne peuvent être affectées qu'à un seul usage à la fois, ce qui engendre par conséquent une compétition pour la terre.

Toutes les terres ne conviennent pas également aux cultures. Comme indiqué dans la section 2.1, on distingue 16 types de sols dans la Région, dont 12 conviennent, en principe, aux cultures. Dans des conditions particulières, par exemple une dégradation importante des sols, une partie des terres disponibles, convenant théoriquement à l'utilisation agricole, doit être exclue. Donc, afin de tenir compte de cette éventualité, on introduit un indice appelé "indice d'utilité", pour chaque type de sol et dans chaque zone agro-écologique, qui est compris entre 0, pour un sol totalement inutilisable, et 1, pour un sol utilisable en totalité.

Toutes les cultures ne sont cependant pas réalisables sur chacun de ces 12 types de sol. Le tableau 3.2 (section 3.2) montre l'aptitude potentielle des différents types de sol à accueillir les diverses activités culturales. Par ailleurs, même si un type de sol convient à une culture donnée, il est en réalité impossible d'utiliser toute la terre pour cette culture. Il faut tenir compte de l'éloignement entre le village et le champ.

En pratique, nous supposons qu'une terre éloignée de plus de 6 kilomètres d'un point d'eau permanent ne convient pas à la culture. Son utilisation se limite au pâturage.

Pour certaines activités culturales, on définit des périodes de jachère pour assurer une capacité de durabilité. Dans ce cas, à chaque hectare de terre cultivée correspond un nombre donné d'hectares devant être laissés en jachère.

En résumé, la terre disponible est réduite, en trois étapes, à la terre convenant aux cultures:

- terre convenant à n'importe quelle exploitation agricole (indice d'utilité);
- terre convenant à la culture (type de sol);
- terre située à une distance raisonnable d'un point d'eau permanent (rayon de 6 km).

La surface requise pour les cultures dépend directement du niveau des activités agricoles: une unité de culture exige un km<sup>2</sup> d'un type de sol spécifique plus une éventuelle surface donnée de jachère. Par ailleurs, la terre peut être utilisée comme pâturage ou laissée inutilisée. La surface totale de terre utilisée dans un cercle de rayon de 6 km autour d'un point d'eau pour chaque zone agro-écologique et pour chaque type de sol ne peut dépasser la surface disponible.

Il existe quelques contraintes supplémentaires pour des sols spécifiques dans des zones agro-écologiques spécifiques (pour plus de détails, voir rapport 2, chapitres 2 à 10).

- Dans le Gourma seule une partie des sols C2 est considérée comme cultivable (180 km<sup>2</sup>).
- La terre cultivable sur les sols D1 est limitée à 15 % dans les zones agro-écologiques du Sourou et du Gourma, représente 100 % dans les zones agro-écologiques du Séno Bankass, du Plateau, du Delta Central et du Méma Dioura et 0 % ailleurs.
- Pour les sols E1a, les pourcentages de terres cultivables sont de 100 % dans les zones agro-écologiques du Plateau et du Delta Central, de 15 % dans le Gourma et de 0 % ailleurs.
- La riziculture hors-casiers sur les sols E1b, E2b et F3b est limitée en superficie.
- La culture est exclue sur les sols E2a dans le Gourma.
- Sur les sols F1, la superficie des cultures maraîchères, y compris les échalotes, est limitée en raison de la nécessité d'irriguer. Par ailleurs, le sol F1 restant ne peut être utilisé en totalité pour les cultures.

- Seule une partie des sols G peut être utilisée pour cultiver le sorgho après retrait de la crue (i.e. = 25 % de l'unité TI7, classification PIRT).

Enfin, il existe quelques contraintes supplémentaires pour des cultures ou des activités culturelles spécifiques.

- En raison de la contrainte de rotation, la superficie totale dévolue à la culture de l'arachide et du niébé dans une zone agro-écologique ne doit pas dépasser 10 % de la superficie totale consacrée au mil, au sorgho et au fonio dans cette zone agro-écologique.
- Au maximum deux tiers de la surface utilisée pour les cultures maraîchères peuvent être consacrés à l'échalote.
- La superficie totale consacrée à la riziculture de casiers est limitée à la surface disponible dans les casiers.
- La surface totale consacrée à la riziculture irriguée est limitée à la superficie des périmètres irrigués actuellement disponibles.

Pour les terrains de pâturage, une distinction est faite entre la terre située entre 6 et 15 km autour d'un point d'eau permanent et celle se trouvant au-delà. La terre située entre 6 et 15 km autour d'un point d'eau est considérée comme représentant un pâturage potentiel pour le cheptel semi-mobile et bien sûr pour le cheptel migrant au cours de la saison sèche, tandis que celle se trouvant au-delà de ces distances ne peut être utilisée comme pâturage que pendant la saison des pluies du fait des restrictions d'eau d'abreuvement. Ceci signifie que ces derniers pâturages ne sont disponibles que pour les activités d'élevage migrant.

En dehors de l'utilisation agricole, la terre peut être réservée à la protection de la vie sauvage. Le delta intérieur du Niger, l'une des plus vastes zones marécageuses d'Afrique, représente un endroit important pour la migration saisonnière de nombreux oiseaux. Ceci explique que l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature recommande dans son programme Sahel 1989 de réserver une surface de 1 431 km<sup>2</sup> dans la zone deltaïque pour la protection de la nature (IUCN, 1989). Dans ce modèle-PL, ceci s'exprime comme la possibilité de laisser une certaine surface du Delta Central non utilisée, ce qui implique une proscription de toute activité agricole (y compris la pêche) dans la zone réservée.

#### 4.1.2 *Compétition pour la main-d'oeuvre*

Toutes les activités exigent un intrant main-d'oeuvre. L'unité de mesure de la main-d'oeuvre est la journée de travail humain qui correspond au travail qu'un

humain adulte peut effectuer en une journée de travail. L'exigence en main-d'oeuvre d'une activité au cours d'une période de temps donnée est exprimée en humain (adulte), ce qui correspond au quotient de la main-d'oeuvre [humain\*jour] et du temps [jour]. Il en résulte que  $[\text{humain}*\text{jour}]*[\text{jour}]^{-1} = [\text{humain}]$ .

L'année est répartie en six périodes, d'après le calendrier agricole (sous-section 3.1.3):

1. période des semis et des labours après les premières pluies, normalement au début de juillet (période de 20 jours);
2. premier sarclage du mil (15 jours);
3. reste de la saison de croissance jusqu'à la récolte du mil (55 jours);
4. période de récolte du mil (10 jours);
5. période de récolte du riz (10 jours);
6. reste de l'année (255 jours).

Les périodes 1, 2 et 3 correspondent à la saison des pluies et les autres périodes à la saison sèche. Pour les activités d'élevage, les besoins en main-d'oeuvre se répartissent selon ces six périodes. En ce qui concerne les activités de pêche, on considère que les deux premières activités, c'est-à-dire les pêcheurs primaires, exigent un intrant en main-d'oeuvre tout au long de l'année. Pour la troisième activité, c'est-à-dire les pêcheurs secondaires, l'intrant en main-d'oeuvre n'est nécessaire qu'au cours de la période 6.

A chaque période et dans chaque zone agro-écologique, la demande totale en main-d'oeuvre ne devra pas dépasser l'offre de main-d'oeuvre locale (exprimée en équivalent-adulte). Il en résulte que la migration temporaire entre les zones agro-écologiques est exclue de cette version du modèle-PL.

On déduit le nombre d'émigrants de l'offre de main-d'oeuvre (section 5.2).

#### *4.1.3 Restriction en boeufs et en fumier*

La culture attelée (labour et sarclage) est généralement effectuée par une paire de boeufs. La traction par ânes est rare dans la Région, bien que ces animaux soient importants pour le transport. Ce transport n'est cependant pas lié directement aux activités culturales. Nous traitons la question du nombre nécessaire d'ânes et de chameaux pour le transport à la sous-section 4.1.6.

L'unité de mesure de traction est la journée de travail d'un attelage de boeufs, c'est-à-dire le travail effectué par une paire de boeufs en une journée. L'intrant nécessaire est exprimé en nombre de paires de boeufs nécessaires pour cultiver un  $\text{km}^2$  pour une activité culturale donnée.

Pour chaque zone agro-écologique, on calcule l'intrant total de traction bovine nécessaire. Le nombre total de paires de boeufs nécessaire dans une zone agro-écologique ne devra pas dépasser le nombre disponible. Ce dernier est un produit de l'une des activités d'élevage.

Pour le fumier, comme pour les boeufs, la demande dans une zone agro-écologique ne doit pas excéder l'offre disponible. En plus de son utilisation comme engrais, le fumier est aussi employé comme combustible dans certaines zones agro-écologiques suite à leur manque en bois de chauffe. La demande totale de fumier dans chacune d'elle ne devra pas dépasser la quantité disponible. Cette quantité est fonction du niveau des activités d'élevage dans la zone agro-écologique même.

#### *4.1.4 Restriction en fourrage*

Le fourrage est l'un des intrants intervenant dans les activités d'élevage. On décrit par ailleurs les besoins en fourrage selon la période de l'année, leur localisation (pâturages de saison des pluies contre pâturages situés entre 6 ou 15 km autour d'un point d'eau) et de leur qualité.

A la sous-section 4.2.3, nous avons discuté de la méthode de calcul de la production de fourrage par les pâturages et des distinctions qui étaient faites d'après l'emplacement, la période et la qualité. Si nous ajoutons la production des cultures fourragères, les sous-produits de culture et d'éventuels concentrés importés, et que nous supposons que ceux-ci ne sont disponibles qu'au cours de la saison sèche, nous obtenons une image globale de la fourniture de fourrage par zone agro-écologique, bien que différenciée selon le temps et la qualité. Les activités d'élevage ont des besoins spécifiques en fourrage et la demande de fourrage différenciée en fonction du temps et de la qualité dans chaque zone agro-écologique ne devra pas dépasser la fourniture.

#### *4.1.5 Limite supérieure des captures de poisson*

Le total des captures de poisson dans la Région est soumis à une limite supérieure, selon le niveau des eaux. On distingue deux niveaux: un niveau associé aux précipitations normales et un niveau correspondant à une année sèche en ce qui concerne les précipitations. Si une partie du Delta Central est consacrée à la protection de la vie sauvage (sous-section 4.1.1), on ne peut utiliser la totalité de

l'étendue d'eau pour la pêche. Dans ce cas, le plafond des captures totales de poisson sera abaissé.

#### 4.1.6 Nombre minimal d'animaux de transport

Les ânes et les chameaux (il s'agit en fait normalement de dromadaires) sont un moyen de transport indispensable à la vie quotidienne dans la Région. Ils sont cependant difficiles à relier directement à certains types d'activités agricoles. Leur inclusion comme intrants nécessaires à ces activités pose donc des problèmes. Au lieu de cela, nous avons relié le nombre minimal d'ânes nécessaires à la taille de la population de chaque zone agro-écologique, tandis que nous avons fixé le nombre de chameaux à un chiffre préétabli pour l'ensemble de la Région. En raison de leur mobilité, il est difficile d'attribuer le nombre des chameaux à une zone agro-écologique spécifique.

Dans la version actuelle du modèle-PL, il faut un âne pour 20 habitants; le nombre de chameaux est fixé à 13 000 pour l'ensemble de la Région.

## 4.2 Relations

### 4.2.1 Rendements des cultures

Le rendement à l'hectare d'une culture dépend de l'activité (= technique associée au type de sol), des précipitations et parfois des inondations. Les précipitations attendues dépendent elles-mêmes de la zone pluviométrique dans laquelle l'activité se situe et de la nature de la pluviosité de l'année (année sèche ou année normale). Dans ce modèle-PL, une distinction a été effectuée entre le produit principal d'une culture, e.g. pour les céréales le grain, et ses produits secondaires, appelés aussi sous-produits, c'est-à-dire les résidus de récolte pouvant être utilisés comme fourrage.

Le rendement est en fait le rendement net, c'est-à-dire que les pertes en cours de récolte et après la récolte sont déduites, de sorte qu'il équivaut à ce qui est consommable ou commercialisable.

La production totale de sous-produits se divise en une quantité constante par  $\text{km}^2$  et une quantité proportionnelle au rendement du produit principal. Les résidus des récoltes ne peuvent être utilisés en totalité pour la consommation animale. La fraction utilisable dépend de la culture.

Pour chaque activité culturale, la qualité des sous-produits est définie par la teneur en azote [ $\text{g kg}^{-1}$ ]. On distingue quatre degrés de qualité:

- |                       |                                      |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 1. Qualité basse      | $N < 7.5$                            |
| 2. Qualité moyenne    | $N \text{ de } 7.5 \text{ à } 10.0$  |
| 3. Qualité bonne      | $N \text{ de } 10.0 \text{ à } 17.5$ |
| 4. Qualité excellente | $N > 17.5$                           |

#### 4.2.2 Intrants des cultures

Quatre groupes d'intrants sont définis: main-d'oeuvre, moyens financiers, traction animale et éléments nutritifs.

En dehors de l'application d'engrais et les besoins de main-d'oeuvre au cours de la période de récolte du mil, les intrants ne dépendent que de l'activité, non du produit (remarquons que pour une activité donnée, le produit peut varier en fonction des précipitations).

Les intrants financiers sont sous-divisés en coûts des opérations et en amortissements (dépréciation). Les intrants financiers de toutes les activités de culture sont calculés pour chaque zone agro-écologique.

Les besoins en éléments nutritifs externes, qu'il s'agisse d'engrais organiques ou d'engrais minéraux, sont proportionnels au rendement du produit principal. Nous distinguons quatre formes d'intrants en ce qui concerne les éléments nutritifs: le fumier (exprimé en matière sèche) et les éléments principaux, à savoir l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K), exprimés sous leur forme élémentaire.

#### 4.2.3 Production fourragère des pâturages

On divise la terre utilisée comme pâturage en cinq catégories, selon son emplacement et son mode de pacage:

1. pâturages situés en deça de 6 km autour d'un point d'eau permanent; pacage tout au long de l'année;
2. pâturages situés entre 6 et 15 km autour d'un point d'eau permanent; pacage tout au long de l'année;
3. pâturages situés entre 6 et 15 km autour d'un point d'eau permanent; pacage uniquement au cours de la saison sèche;
4. pâturages situés entre 6 et 15 km autour d'un point d'eau permanent; pacage uniquement durant la saison des pluies;

5. pâturages situés au-delà de 15 km autour d'un point d'eau; pacage uniquement au cours de la saison des pluies.

Il en résulte que dans ce modèle-PL, la production de fourrage par les pâturages a une double dimension: le lieu et le temps. Ceci est important pour l'utilisation que les activités d'élevage peuvent faire de cette source fourragère.

Les activités d'élevage des animaux sédentaires nécessitent aussi bien durant la saison sèche que durant la saison des pluies des pâturages situés jusqu'à 6 km autour d'un point d'eau. Les systèmes semi-mobiles utilisent durant la saison sèche chaude (de février à juin) les pâturages situés entre 6 et 15 km d'un point d'eau permanent; au moins tous les trois jours, les animaux doivent retourner au point d'eau pour l'abreuvement. Les systèmes migrants exploitent les pâturages de saison des pluies situés au delà de 15 km, mais au cours de la saison sèche ils ont également besoin de pâturages situés à l'intérieur d'un cercle de rayon de 15 km autour d'un point d'eau permanent. Le régime de pacage choisi dans la zone de 6 à 15 km fait partie du procédé d'optimisation.

Remarquons d'autre part que toute terre de pâturage est caractérisée par type de sol et par zone agro-écologique. La production de fourrage est fonction de ces deux caractéristiques. Ceci est évident pour le type de sol. Chaque zone agro-écologique est située dans l'une des quatre zones pluviométriques qui déterminent, en association avec le régime des pluies, les précipitations et donc la productivité.

Non seulement le niveau actuel de la disponibilité en fourrage a été estimé, mais également la situation liée à l'existence hypothétique d'un système de lutte contre l'incendie dans les zones exondées de la Région et la pratique du fauchage une partie de l'année dans la zone inondée du Delta Central. En pratique, on définit deux possibilités:

1. présence de système de lutte contre l'incendie et pratique du fauchage;
2. absence de système de lutte contre l'incendie et absence de fauchage.

Pour calculer la production de fourrage des pâturages, on formule un certain nombre de suppositions. On trouvera une énumération complète de celles-ci dans le rapport 2 (chapitre 11), mais en voici déjà deux des plus importantes. La première est de considérer que 35 % de la biomasse totale de la strate herbacée sont utilisables pour la consommation animale en cas de pacage tout au long de l'année; si le pacage est seulement au cours de la saison des pluies, cette proportion est de 50 %. La seconde hypothèse fixe la production de fourrage de la terre en jachère à la moitié de la production de pâturages sur un sol similaire.

On tient compte non seulement de la quantité de fourrage fourni, mais également de sa qualité en termes de valeur nutritive. On reprend ici la classification en quatre degrés déjà utilisée pour les sous-produits des cultures (sous-section 4.2.1).

En plus de tout cela, on calcule la production fourragère par les espèces ligneuses, disponible pour la consommation animale. Seules les chèvres et les chameaux sont sensés consommer ce type de fourrage. En outre, on ne tient compte que de la consommation au cours de la saison sèche.

En résumé, la production de fourrage par les pâturages se répartit en fourrage (4 degrés de qualité + ligneux) situé en deça de 6 km autour d'un point d'eau permanent (disponible pour l'élevage sédentaire), en fourrage situé jusqu'à 15 km (disponible pour l'élevage semi-mobile) et en fourrage situé au delà de cette dernière distance (pâturages de saison des pluies uniquement pour les activités d'élevage migrant). On fait une distinction supplémentaire selon la période de l'année à laquelle ce fourrage est disponible.

#### 4.2.4 *Autoconsommation*

L'autoconsommation est définie comme étant la quantité minimale de produits agricoles consommée par les producteurs eux-mêmes et par ceux qui dépendent d'eux, dans un endroit ou un système délimité. Nous pouvons donc parler "d'autoconsommation" à différents niveaux: familial, sous-régional, régional ou national. Dans cette étude, l'autoconsommation s'applique au niveau sous-régional (sauf lorsqu'elle apparaît au niveau régional dans l'une des variables objectifs). Ceci signifie que l'autoconsommation peut être interprétée comme la quantité de produits agricoles autoconsommée dans les limites d'une zone agro-écologique.

Cela ne signifie pas que ces produits ne soient pas vendus sur les marchés locaux ni qu'il n'existe aucun échange entre les producteurs; on affirme seulement qu'une quantité minimale donnée ne quitte pas la zone agro-écologique (si la production est suffisante) ou doit y être importée (si la production locale est insuffisante).

L'autoconsommation a trois dimensions:

- a) protéines animales;
- b) énergie;
- c) variation dans l'alimentation d'origine végétale.

L'autoconsommation du poisson est fonction du nombre de ménages engagés dans la pêche. On considère que les membres de ces familles couvrent leurs

besoins minimaux en protéines animales par cette consommation de poisson, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas de consommation minimale de viande. Il a été rapporté que leur autoconsommation de poisson s'élève à 326 kg de poisson (frais) par ménage et par an (rapport 2, chapitre 16).

L'autoconsommation minimale de viande, de céréales et d'autres produits de culture est fixée proportionnellement à la population, c'est-à-dire la population initiale moins l'émigration. L'autoconsommation de céréales est exprimée sous la forme de consommation d'énergie minimale par tête. L'unité de mesure de la consommation d'énergie est la tonne d'équivalent-mil: e.g. 1 kilo de riz équivaut à 1.23 kg de mil.

Ce sont les produits de l'agriculture qui constituent l'apport énergétique alimentaire nécessaire aux populations. D'après les standards FAO/WHO, tenant compte de la structure d'âge des populations de la Région, l'absorption quotidienne doit être de 2 088 Kcal par personne (FAO/WHO, 1973; CRD, 1986). Après déduction de l'apport minimal en protéines animales (voir ci-dessous), nous en arrivons à une absorption énergétique minimale en produits agricoles de 1 864 Kcal personne<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, soit en équivalent-mil de 625 g de mil par personne et par jour (Mondot-Bernard, 1980). Cela signifie que 228 kg de mil personne<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> suffisent à satisfaire les besoins énergétiques minimaux d'un habitant moyen (y compris les enfants).

Sous certaines restrictions (voir ci-dessous), le modèle-PL peut incorporer une combinaison, au choix, de produits agricoles pour l'autoconsommation, pour autant que la valeur énergétique totale de cette combinaison reste équivalente à un minimum de 228 kg de mil par personne et par an.

Il est cependant nécessaire d'introduire une variation minimale au régime alimentaire basé sur les produits agricoles si l'on souhaite qu'il demeure appétissant. La consommation minimale annuelle des divers produits agricoles a été composée de façon quelque peu arbitraire; en ce qui concerne le modèle-PL actuel, nous avons choisi:

- au minimum 5 kg d'arachides par personne et par an;
- au minimum 2 kg de niébé par personne et par an;
- au minimum 5 kg d'échalotes (poids de matière verte) par personne et par an;
- au minimum 15 kg d'autres cultures maraîchères (poids de matière verte) par personne et par an;
- au minimum 10 kg de riz par personne et par an.

L'absorption minimale en protéines animales a été fixée à 25 g de viande par personne et par jour (50 g poids vif) et à 2 litres de lait par semaine. Ces valeurs représentent un besoin moyen; la répartition lait/viande peut varier suivant les individus, l'une des raisons étant que le lait disponible n'est pas distribué de manière égale parmi la population.

### 4.3 Contraintes institutionnelles et socio-économiques

D'une part, les productions visées ainsi que la répartition des sols entre cultures et élevage, et au sein des cultures entre les différentes spéculations, et d'autre part, la distribution de la main-d'oeuvre entre les différentes activités, sont en fonction des stratégies régionales mais non en fonction des positions des paysans dont les buts visés sont immédiats, à courts et à moyens termes. Dans les processus de production, ils affrontent des problèmes débordant largement le seul cadre des contraintes physiques développées ci-dessus. La non résolution de ces problèmes constitue un handicap sérieux à la réalisation du potentiel de production même si, par ailleurs, les contraintes techniques sont levées. En fait, il est impensable que de telles contraintes puissent efficacement être levées sans la résolution des contradictions socio-économiques.

Ces contradictions peuvent se décomposer en problèmes structurels (disponibilité de la main-d'oeuvre, faiblesse de l'épargne rurale, faiblesse de la participation effective du monde rural) et en problèmes institutionnels (étroitesse du marché des produits agricoles comme celui des intrants, faiblesse du réseau de communication, problème foncier, faiblesse de l'encadrement technique). Remarquons cependant que cette distinction est quelque peu pédagogique: ainsi, le problème foncier est autant un problème structurel qu'institutionnel et la faiblesse de l'épargne rurale, hormis le bas niveau de la productivité des systèmes actuels, peut aussi s'expliquer autant par la nature des structures socio-économiques que par celle des institutions techniques et administratives.

Structurels ou institutionnels, la résolution de cette série de problèmes est d'autant plus importante qu'ils ont des effets bloquant la réalisation des solutions techniques auxquelles a abouti l'étude. Les contradictions, dont la résolution est urgente, portent sur le foncier, la main-d'oeuvre, la faiblesse de l'épargne rurale et l'encadrement technique. Cette résolution devient difficilement réalité sans la mise en oeuvre d'une certaine politique économique.

#### 4.3.1 Problèmes fonciers

Il y a deux aspects contradictoires dans les pratiques foncières de la Région, à savoir l'appropriation de la terre et l'appropriation des pâturages ainsi que des plans d'eau.

L'appropriation de la terre, c'est-à-dire le droit des individus, des familles ou des groupes sur la terre, c'est-à-dire le droit de sa mise en valeur par les cultures, semble acquis et accepté par toutes les catégories sociales. Ceci a pour conséquence l'invasion des pâturages par les champs (la plupart des pâturages cultivés dans la zone deltaïque le sont par les "jowro" ou sous leur bénédiction) et le rejet d'un certain nombre de producteurs sur les terres les plus pauvres. Ainsi, seuls 27% dans le Delta Central, 14% dans la Zone Lacustre, 21% sur le Plateau, etc. des champs sont cultivés en faire-valoir direct ("franche tenure"), le reste l'étant sous forme de métayage, de fermage ou de prêt (rapport 1, chapitre 8). Donc, il y a, malgré toutes les apparences, une faim de terre même si elle est artificielle. Actuellement, cette faim de terre s'expliquerait aussi par la faiblesse des crues et de la pluviosité (il y a une régression très importante de la crue: rapport 1, chapitre 5), par une pression démographique et par un transfert entre les modes de subsistance (i.e. les groupes jadis pasteurs et pêcheurs deviennent de plus en plus cultivateurs). Mais elle est surtout due à une mainmise sur les terres fertiles par les notables locaux composés de fonctionnaires, de commerçants et de "chefs" traditionnels qui les rétrocèdent pour une exploitation en faire-valoir indirect.

L'appropriation des pâturages et des plans d'eau est, par contre, de plus en plus vidée de tout son contenu coutumier, même dans la zone deltaïque où leur contrôle et leur gestion sont souvent perturbés par des passe-droits "officiels" ou par la cupidité des "jowro". Une telle détérioration du droit à la terre, en ce qui concerne les pâturages, a eu pour principale conséquence l'avènement de ce qu'on a appelé les pâturages communs. Leur caractéristique essentielle réside dans l'exploitation collective des pâturages par des troupeaux appropriés individuellement; ceci explique en partie la prolifération des troupeaux, malgré l'encouragement au déstockage prôné par l'administration.

S'il est évident que la seule sécurité foncière n'entraîne pas forcément une intensification des activités, il n'est pas moins vrai que son insécurité en constitue non seulement un blocage certain mais aussi un terrain favorable aux luttes entre les différents groupes sociaux pour le contrôle de la rente foncière. Ainsi, la redistribution des terres entre les différentes spéculations, en fonction des objectifs monétaires et de production, suppose résolues les tensions sociales autour du foncier.

#### 4.3.2 *Main-d'oeuvre*

La main-d'oeuvre est essentiellement familiale dans la Région. La main-d'oeuvre salariée massive est saisonnière, quand elle existe, et n'est disponible pendant la saison des cultures que s'il y a une catastrophe climatique dans l'une ou l'autre des zones agro-écologiques ou dans les régions limitrophes. Deux aspects de cette main-d'oeuvre peuvent gêner la réalisation des objectifs techniques décrits.

Le premier aspect se situe au niveau de la forte migration due à des raisons économiques et à un certain rituel social de la part des jeunes gens. Il se situe aussi au niveau du moment du départ qui est généralement la 5<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> périodes où une forte main-d'oeuvre est requise entre autres pour les cultures de riz de contre-saison, le maraîchage et la pêche, trois secteurs très gros consommateurs de main-d'oeuvre. Cette migration porte non seulement sur la quantité de la force de travail sortant de la Région mais aussi sur sa qualité.

Le second aspect porte sur la faible interchangeabilité de la main-d'oeuvre d'un secteur agricole à un autre. Le surplus de la force de travail dans les activités pastorales, par exemple, ne comble pas automatiquement les faiblesses en force de travail dans la culture ou dans la pêche. La non maîtrise technique de telle ou telle activité, ajoutée à une certaine dimension ethnique et/ou de classe sociale, pourrait expliquer une telle attitude. Même si ce transfert est possible, c'est en dehors de l'espace socio-culturel, d'où l'exode.

#### 4.3.3 *Etroitesse du marché et faiblesse de l'épargne rurale*

L'étroitesse du marché concerne non seulement les extrants (produits agricoles) mais aussi les intrants. Elle est liée à la faiblesse du pouvoir d'achat des populations (producteurs comme consommateurs) mais aussi, aux faibles densifications ainsi qu'à la praticabilité du réseau routier (Cissé & Bâ, 1990), aux limites de la production de la Région et à celles des techniques traditionnelles de conservation ainsi que de stockage. Elle est aussi due au coût élevé des intrants agricoles par rapport à la faiblesse des bénéfices monétaires attendus de leur utilisation, toutes les conditions de production et d'échange n'étant pas maîtrisées -loin de là- par les couches rurales.

Quant à l'épargne locale, le surplus dégagé au niveau du producteur rural pourrait paraître insignifiant à l'observateur non averti et expliquer ainsi la faiblesse de l'épargne. Cependant, si faiblesse il y a, elle est due moins à l'insignifiance du surplus qu'à une ponction non négligeable d'un surplus institutionnalisé par les administrations financières et techniques (UICN, 1989). Elle est aussi due à un

détournement par des prêteurs usuriers et des intermédiaires sans vergogne (Cissé & Bâ, 1990). Enfin et surtout, elle est due à un investissement massif en cheptel des surplus agricoles ou autres, tant par les cultivateurs, les pêcheurs, les éleveurs que par les fonctionnaires et les commerçants.

Par ailleurs, l'inadaptation des instituts bancaires aux pratiques rurales, leur rigidité administrative et la non attractivité des intérêts proposés, intérêts qui ne couvrent même pas l'inflation, n'encouragent pas une certaine forme d'épargne. Par contre, on comprend plus facilement la multiplication du cheptel au lieu et place de son déstockage. La faiblesse des charges de l'élevage (gratuité des pâturages et coût acceptable des soins vétérinaires) explique aussi en partie cette multiplication dont l'impact sur l'écologie n'est pas à négliger.

#### *4.3.4 Faiblesse des structures d'encadrement et de vulgarisation*

Cette faiblesse se manifeste dans les incapacités techniques de ces structures à pouvoir répondre efficacement aux besoins des producteurs et à organiser le monde rural pour qu'il se prenne en charge (Cissé & Bâ, 1990). Ces incapacités trouvent leur explication dans le nombre et la qualité des agents mis à la disposition du monde rural mais aussi dans leur distribution. Seuls des agents d'exécution, en très faible quantité, sont en contact avec les populations au niveau des villages et cela pour des tâches aussi importantes que la vulgarisation et l'organisation du monde rural.

Les difficultés de l'encadrement à maîtriser et le stock des produits dont la population a besoin et les circuits qu'empruntent ces produits, sont non seulement liées à un certain environnement scientifique et technique mais aussi à certains problèmes internes telles que la faiblesse des moyens techniques, la lourdeur administrative et l'inadéquation du profil des techniciens par rapport à ce qui leur est demandé. Une telle attitude et un tel comportement expliquent par ailleurs les blocages des différentes organisations rurales mise en place.

En guise de conclusion, il est à noter que les différentes contraintes répertoriées ci-dessus se manifestent dans certaines formes de pratiques économiques et sociales. Leur résolution passe par la mise en oeuvre d'une politique économique adéquate prenant en compte l'état actuel des systèmes de productions et les exigences des systèmes potentiels. Une telle politique porterait, entre autres, sur le foncier, le marché des produits et l'encadrement administratif ainsi que technique.

La solution des problèmes fonciers passe par une politique qui privilégie la résolution de la contradiction existant entre les pratiques foncières actuelles du monde rural, essentiellement basées sur le droit coutumier, et d'une part, la législa-

tion moderne ainsi que d'autre part, la responsabilisation des couches rurales sur des terroirs agricoles délimités. La conception et la mise en oeuvre d'une telle politique relève des autorités politiques et administratives.

L'étroitesse du marché et la faiblesse du pouvoir d'achat des couches rurales trouveraient leur solution dans le relèvement du niveau de productivité des systèmes de productions et dans l'ouverture des produits aux marchés tant intérieurs qu'extérieurs. Cependant, ceci suppose l'intensification des activités de production dont l'une des conditions est une politique, favorable aux paysans, sur les prix des engrais, ainsi que sur les transports, ce qui permettrait une compétitivité des produits; il faut aussi une recherche de débouchés extérieurs. Mais ces conditions indispensables débordent largement la réalité paysanne et le pouvoir des administrations locales et régionales.

S'il y a un lieu privilégié où le politique a de l'importance c'est bien dans le réaménagement de l'encadrement administratif et technique. Celui-ci doit se traduire par le niveau élevé des agents en contact avec les paysans pour la recherche des solutions globales aux problèmes du monde rural. De plus, la distribution de ces agents devrait se faire en fonction du poids de telles ou telles pratiques de production dans les différentes zones agro-écologiques.

Un effort politique économique est donc exigible pour la mise en oeuvre des systèmes de productions viables. Cet effort doit accompagner mais aussi éclairer les pratiques sociales et économiques à comprendre non comme actes et actions figés mais comme processus inhérents à la nature des systèmes et aux objectifs de développement.



## 5. OBJECTIFS

Au total vingt variables ont été définies qui, en principe, peuvent être optimisées et auxquelles un minimum d'exigences peuvent être imposées. En pratique, le nombre de ces variables-objectifs susceptibles d'être effectivement optimisées (maximisées ou minimisées) est beaucoup moins élevé; dans la plupart des cas, ces variables servent à assurer que les niveaux maximaux ou minimaux pré-définis ne soient pas dépassés.

Les sections suivantes démontrent que, dans la série de variables-objectifs, plusieurs groupes peuvent être différenciés.

### 5.1 Objectifs de production physique au cours d'une année normale

En ce qui concerne la production des végétaux, ils comprennent:

- la production totale de mil, de sorgho et de fonio, en année normale;
- la production totale de riz, en année normale;
- la production totale *commercialisable* des cultures, en année normale; ceci représente la production totale des cultures de la Région moins l'auto-consommation des produits de cultures (sous-section 4.2.4).

Toutes ces variables-objectifs sont exprimés en tonne (= 1 000 kg) par an.

Pour ce qui est de l'élevage, on inclut quatre variables-objectifs:

- production totale de viande bovine, ovine et caprine [tonne de poids vif];
- production totale de viande bovine [tonne de poids vif];
- production totale de lait provenant des vaches, des brebis et des chèvres [tonne];
- taille totale du troupe [Unité Bétail Tropical = UBT].

Dans les deux scénarios de base (sections 6.1 à 6.3), les valeurs des diverses variables-objectifs sont calculées en supposant l'absence de mesures effectives de prévention des incendies pour les pâturages naturels et l'absence de fauchage pour les pâturages inondés. L'effet d'hypothèses alternatives devant résulter en une production fourragère plus élevée mais également en une main-d'oeuvre et en un intrant financier plus importants peuvent être cependant examinés.

En ce qui concerne par ailleurs les deux scénarios de base, nous supposons que les pâturages naturels sont dégradés jusqu'à un certain point (rapport 2, chapitre 11). Mais là aussi, l'effet d'hypothèses alternatives peut être assez facilement

examiné par le biais de petites adaptations des données du modèle-PL, par exemple en manipulant ce que nous avons appelé "l'indice d'utilité" (sous-section 4.1.1).

## 5.2 Objectifs financiers

Une variable-objectif essentielle des optimisations est le revenu financier total (ou brut) de la culture, de l'élevage et de la pêche, au cours d'une année normale, plus l'argent provenant des individus qui ont émigré de la Région. Il couvre tous les produits commercialisables de l'agriculture (y compris la pêche) ainsi que tous les intrants, à condition qu'ils aient été payés en argent.

Le revenu financier se définit comme la valeur du produit commercialisable d'une activité (c'est-à-dire après déduction de l'autoconsommation) moins les intrants financiers pour cette activité. On remarquera que les intrants en main-d'oeuvre ne sont pas chiffrés et n'apparaissent donc pas dans les comptes. Il en va de même pour les engrais organiques (fumier) et les terres (sauf dans les cas des coûts d'amortissement des casiers ou de travaux d'irrigation). De ce fait, nous utilisons également le terme de "revenu brut" comme synonyme de revenu financier.

On remarquera d'autre part que les sous-produits des cultures produites dans la Région ne sont pas non plus chiffrés. Ils sont traités comme l'engrais organique: on les inclut physiquement dans les intrants-extrants, en veillant à ce que la balance soit correcte, mais ils n'apparaissent pas dans la comptabilité financière.

Comme on l'a dit, on inclut dans le revenu financier total l'argent provenant des émigrants. Nous réservons le terme "d'émigration" aux individus qui quittent la Région (ou le secteur agricole) et ne reviennent pas travailler dans la Région pendant les périodes de pointe. La main-d'oeuvre émigrée n'a pas besoin d'aliments cultivés sur place. En autorisant l'émigration de la main-d'oeuvre, on peut donc diminuer la quantité de produits agricoles nécessaire à l'autoconsommation. On peut en outre s'attendre à ce que la main-d'oeuvre émigrée apporte une certaine quantité d'argent. Autrement dit, la Région peut exporter, en plus des produits agricoles, également de la main-d'oeuvre à un certain prix.

Les individus qui émigrent ne peuvent pas, par définition, être employés dans aucune des activités agricoles de la Région. Tout en maximisant le revenu brut total, ce modèle-PL met en balance d'une part les gains en termes de réduction de l'autoconsommation et d'augmentation du revenu provenant de l'extérieur et, d'autre part, les pertes en termes de diminution de la main-d'oeuvre disponible pour les activités agricoles de la Région.

Outre ce revenu brut total, ont été définis trois autres variables financières. Elles concernent les intrants financiers et sont surtout destinées à permettre de maintenir ces derniers au-dessous d'un certain niveau. Il s'agit de:

- intrants financiers totaux aux cultures (semences, engrais, autres dépenses courantes, amortissement du matériel);
- intrants financiers totaux à l'élevage (soins vétérinaires, concentrés);
- intrants financiers totaux aux cultures, à l'élevage et à la pêche (comprenant en plus des coûts précédemment mentionnés, l'amortissement et l'entretien des engins de pêche et le carburant pour les bateaux à moteur).

Toutes ces variables-objectifs sont exprimées en million de FCFA par an.

### 5.3 Risques au cours d'une année sèche

Les variables-objectifs de ce groupe sont, comme celles des intrants financiers, principalement utilisées pour s'assurer que certaines valeurs minimales ou maximales ne soient pas dépassées. Ces variables se rapportent à la production végétale physique et au nombre d'animaux menacés en cas d'année sèche et de crue basse:

- production totale de mil, de sorgho et de fonio au cours d'une année sèche;
- production totale de riz au cours d'une année sèche;
- production végétale totale au cours d'une année sèche (somme des deux productions ci-dessus plus celle d'arachide, de niébé et des cultures maraîchères).

Toutes ces variables-objectifs sont exprimées en tonne par an.

Un autre objectif lié à la suppression des risques est la réduction au minimum du déficit en céréales durant une année sèche, autrement dit la production totale de céréales et de légumineuses à grains (mil, sorgho, fonio, riz, arachide et niébé) moins l'autoconsommation de ces dernières. L'unité de mesure est l'équivalent-mil, les facteurs d'équivalence étant tirés de la valeur énergétique des différents produits végétaux par rapport au mil. Ainsi par exemple, 1 kilo de riz équivaut à 1.23 kg de mil (sous-section 4.2.4).

Les déficits en céréales dans une année sèche peuvent se définir de deux manières différentes: (i) la différence entre l'autoconsommation régionale et la production totale ou (ii) la somme des déficits en céréales par zone agro-écologique mais en faisant abstraction des éventuels surplus par zone agro-écologique. Dans le premier cas, le surplus d'une zone agro-écologique peut compenser le déficit d'une autre; dans le second, on s'efforce de maintenir le déficit dans les zones agro-écologiques aussi bas que possible. Si l'on met l'accent sur le second objectif, on

obtiendra une répartition plus uniforme de la production végétale entre les zones agro-écologiques en rapport avec l'étendue des population.

Enfin, pour ce qui est des risques, le nombre total de têtes de bétail menacées dans une année sèche est formulé en terme de variable-objectif. Cette variable se rapporte au nombre de têtes de bétail [UBT] pour lesquelles les pâturages, les cultures fourragères et les sous-produits de la récolte ne peuvent produire un fourrage suffisant (en quantité ou en qualité) au cours d'une année sèche. Cette variable ne peut être rapportée à la mortalité pendant une année sèche, sachant que la migration des animaux ou l'importation d'aliments supplémentaires peut apporter un soulagement. Elle indique le nombre de têtes de bétail qui ne peuvent pas être entretenues par le fourrage produit dans la Région au cours d'une année sèche. Elle est donc définie comme le nombre d'animaux qui peuvent être nourris au cours d'une année normale moins le nombre d'animaux qui peuvent être nourris au cours d'une année sèche.

#### 5.4 Emploi et émigration

Limiter le nombre de personnes quittant la Région peut constituer en soi un objectif. On peut le formuler de deux façons: indirectement, par maximisation de l'emploi dans l'agriculture (en veillant à ce qu'il s'agisse d'emplois rémunérateurs, par exemple en fixant une limite inférieure au Revenu Brut Total: section 5.2), ou directement en maintenant l'émigration dans certaines limites. Ce que l'on entend par "émigration" est expliqué à la section 5.2. Remarquons que ce terme peut qualifier un départ de la Région soit physique, soit économique, c'est-à-dire un départ du secteur agricole.

L'emploi total est exprimé en années de travail humain: on multiplie l'intrant en main-d'oeuvre dans l'une quelconque des activités par la durée de la période pendant laquelle cette main-d'oeuvre est nécessaire (sous-section 4.1.2). La somme sur toutes les périodes, toutes les activités et toutes les zones agro-écologiques correspond à l'intrant main-d'oeuvre total dans l'année ou l'emploi total, exprimé en années de travail humain [ath].

## 5.5 Réserves naturelles

Dans la sous-section 4.1.1, nous avons introduit la possibilité de réserver une certaine superficie des terres à la protection de la nature. Lorsque l'on fixe une limite positive inférieure à cette variable-objectif représentant cette superficie, on supprime une certaine partie de la terre utilisable pour les cultures ou le pacage. Par ailleurs, la limite supérieure des captures de poissons seront réduites (sous-section 4.1.5) reflétant ainsi l'impact d'une plus petite surface d'eau sur les activités de pêche.

Nous avons ainsi tenu compte de l'influence de l'objectif possible qu'est la création d'une réserve naturelle.



## 6. LES SCENARIOS DU DEVELOPPEMENT

### 6.1 Les deux scénarios de base

Dans les chapitres précédents nous avons examiné les objectifs de développement possibles de la Région (5e Région + Cercle de Niafunké), ainsi que les principales contraintes et relations introduites dans le modèle-PL. Sur la base de ces éléments, il est possible de créer des scénarios techniquement réalisables en ce qui concerne l'utilisation des terres pour l'agriculture, de même qu'il est possible de déterminer les niveaux de production et d'intrants en rapport avec ces scénarios.

Chaque scénario est caractérisé par l'objectif optimisé et par la série de restrictions imposées aux autres objectifs. Autrement dit, un scénario représente les résultats de l'optimisation d'une variable-objectif par rapport à une série de restrictions spécifiques appliquées aux autres variables-objectifs et par rapport, bien sûr, à toutes les restrictions introduites dans le modèle-PL. Si l'on change les restrictions du modèle-PL, par exemple les contraintes secondaires ou certains coefficients, le scénario de base s'en trouve de ce fait modifié.

Dans ce qui suit, nous analyserons plus particulièrement l'optimisation d'un objectif, la maximisation du revenu total brut, en le soumettant à deux séries de restrictions. Une série définit une attitude plus exposée, où davantage de risques sont acceptés, l'autre série adopte une attitude plus stricte en matière de risques, pour tenter d'éviter une catastrophe lorsque les conditions climatiques sont défavorables. Par ailleurs, cette dernière stratégie donne une grande importance à une émigration restreinte. La satisfaction de ces souhaits additionnels implique qu'il faut s'attendre à ce que, dans une année pluviométrique normale, la valeur du revenu financier soit plus petite. En termes techniques: la superficie réalisable sera soumise à des limitations plus restrictives et, de ce fait, la valeur optimale de l'objectif devant être maximisé sera moins élevée. Les sections suivantes illustrent les diverses limites d'une telle situation, c'est-à-dire quel est le prix à payer pour une diminution des risques.

Nous présenterons tout d'abord, d'une manière générale, les deux scénarios de base, ou les stratégies principales de développement, qui ont été définis pour le secteur agricole de la Région.

### 6.1.1 Scénario-R

Le scénario à Risques et à Revenus plus élevés (le scénario-R) est caractérisé par:

- un surplus de production élevé (en termes financiers) dans une année pluviométrique normale;
- une émigration autorisée de 250 000 personnes au maximum (près d'un cinquième de la population originaire de la Région);
- des exigences assez faibles en ce qui concerne les niveaux minimaux de production, que ce soit dans une année normale ou dans une année sèche;
- l'acceptation d'un déficit relativement important en grains, et d'un nombre relativement élevé d'animaux menacés au cours d'une année sèche.

### 6.1.2 Scénario-S

Le scénario auto-Suffisance alimentaire et Sécurité de production (le scénario-S) de développement est caractérisé par:

- une auto-suffisance alimentaire de base, également pendant les années sèches (dans toute la mesure du possible);
- des risques peu élevés;
- une répartition uniforme de la production parmi les zones agro-écologiques;
- un certain degré de diversification en ce qui concerne les cultures principales;
- aucune émigration de masse;
- un niveau d'emploi élevé;
- un revenu financier en année normale aussi élevé que possible, dans les conditions données ci-dessus.

## 6.2 Résultats des deux scénarios de base au niveau régional

### 6.2.1 Construction du scénario-S

Au départ, le scénario-R est le résultat d'une maximisation du revenu total brut en ce qui concerne les activités de culture, d'élevage et de pêche, les autres variables-objectifs étant soumises à des restrictions relativement flexibles. Le scénario-S a été construit en renforçant progressivement les restrictions appliquées à ces variables-objectifs. Ce renforcement a eu lieu en six étapes. A chaque étape, la valeur optimale, du revenu total brut pouvant être réalisé, diminue.

	Revenu total brut maximal pouvant être atteint [milliard de FCFA]
Scénario-R	66.7
1ère étape	
Emigration <50 000 personnes (dans le scénario-R ce nombre est de 250 000)	45.7
2ème étape	
Déficit total en grains dans une année sèche <110 000 t d'équivalents-mil (contre <150 000 dans le scénario-R) et somme des déficits en grains des zones agro-écologiques <130 000 t d'équivalents-mil (<150 000 dans le scénario-R)	43.1
3ème étape	
Nombre d'animaux menacés pendant une année sèche <100 000 UBT (contre <400 000 dans le scénario-R)	36.0
4ème étape	
Production rizicole en année normale >42 000 tonnes (contre >20 000 dans le scénario-R)	35.2
5ème étape	
Intrants financiers dans les activités de culture <15 milliards de FCFA (contre <20 dans le scénario-R)	33.7
6ème étape	
Emploi >336 000 ath (contre >300 000) = Scénario-S	32.5

Le tableau 6.1 illustre les valeurs prises par les variables-objectifs lors de chaque étape. La valeur de l'objectif optimisé est indiquée à la ligne 8 et imprimée en gras. La restriction modifiée lors de chaque étape est soulignée. Un astérisque (\*) indique une restriction effective: la restriction imposée à l'objectif constitue un obstacle à la réalisation d'un revenu total brut plus élevé. Ces restrictions effectives sont discutées dans la sous-section 6.2.3.

Tableau 6.1. Valeurs des variables-objectifs soumises à un renforcement progressif des restrictions appliquées par étape, du scénario R vers le scénario S.

VARIABLES-OBJECTIFS	RESTRICTION VALEURS DES VARIABLES-OBJECTIFS						
	(1) dans le Scénario-R	(2) Scénario-R	(3) Emigration personnes & < 110 000 tonne	(4) Animaux à risque < 100 000 UBT	(5) Riz année normale ≥ 42 000 tonne	(6) Intr.monétaire des cultures <15 000 10 <sup>9</sup> FCFA	(7) Emploi ath = Scénario-S
<b>PRODUCTION EN ANNEE NORMALE [1000 tonne]</b>							
1. Mil, sorgho & fonio	≥ 160	160*	214	290	285	282	282
2. Riz	≥ 20	29	29	29	42*	42*	42*
3. Produit des cultures commercialisée	-	45	55	129	139	92	101
4. Viande totale	-	125	124	122	95	90	87
5. Viande bovine	-	66	66	70	61	62	56
6. Lait	≥ 204	228	227	232	204*	204*	204*
7. Animaux [1 000 UBT]	-	1 762	1 776	1 807	1 519	1 530	1 491
<b>OBJECTIFS MONETAIRE EN ANNEE NORMALE [10<sup>9</sup> FCFA]</b>							
8. Revenu brut: cultures, élevage et pêche,	-	66.7	45.7	43.1	36.0	33.7	32.5
9. Intr. monétaire-culture	≤ 20	6.0	10.9	16.7	16.9	17.1	15.0*
10. Intr. monétaire-élevage	-	2.2	2.2	2.3	1.9	1.8	1.6
11. Intr. monétaire-culture, élevage et pêche	-	15.2	17.8	25.9	25.7	25.8	23.6
<b>PRODUCTION [1 000 tonne], DEFICIT ET RISQUE EN ANNEE SECHE</b>							
12. Mil, sorgho & fonio	-	82	116	155	156	151	152
13. Riz	≥ 10	10*	10*	10*	10*	12	12
14. Produit des cultures	-	189	226	266	266	227	235
15. Déficit régional grains [1 000 t équiv.-mil]	≤ 150	141	150	110*	110*	110*	110*
16. Somme déficits des ZAE <sup>a</sup> [1 000 t eq.-m.]	≤ 150	150*	150*	130*	130*	130*	130*
17. Nombre d'animaux à risque [1 000 UBT]	≤ 400	400*	400*	400*	100*	100*	100*
<b>DIVERS</b>							
18. Emploi [1 000 ath]	≥ 300	336	343	345	300*	302	336*
19. Emigration [1 000 pers.]	≤ 250	250*	50*	50*	50*	50*	50*

\* restriction effective.

<sup>a</sup>) Zone agro-écologique.

### 6.2.2 Revenu total brut

Le revenu financier total du secteur agricole dans la Région s'élève à 66.7 milliards de FCFA (soit 222 millions de US\$, le taux de change appliqué étant de 300 FCFA pour 1 US\$) dans le scénario-R et à 32.5 milliards de FCFA (108 millions de US\$) dans le scénario-S. Cela implique un revenu financier par tête et par an de 64 000 FCFA (212 US\$) dans le scénario-R qui autorise une émigration de 250 000 personnes, contre un revenu financier par tête et par an de 26 000 FCFA (87 US\$) dans le scénario-S qui n'autorise que 50 000 émigrants. Il ne faut cependant pas oublier qu'outre le revenu financier proprement dit, il existe également un revenu en nature (sous-section 6.2.3).

La différence en matière de revenu financier total entre les deux scénarios peut en grande partie s'expliquer par les restrictions imposées, dans le scénario-S, à l'émigration et au nombre d'animaux menacés, tous deux limités en année sèche. Un renforcement de la restriction "émigration", de 250 000 à 50 000 personnes, réduit le revenu total brut de 21 milliards de FCFA (comparer les colonnes (1) et (2) du tableau 6.1, ligne 8). Si l'on ajoute à cette restriction, celle réduisant le nombre d'animaux menacés en année sèche de 400 000 UBT à 100 000 UBT seulement, le revenu total brut subit une réduction supplémentaire de 7.1 milliards de FCFA (colonnes (3) et (4)).

Il ne faut pas oublier que les résultats, tant en ce qui concerne l'utilisation des terres que les niveaux de revenus, dépendent fortement des prix des intrants et des extrants. Les résultats obtenus dans des conditions différentes de prix sont présentés dans les sous-sections 6.4.2 et 6.4.3. Les prix utilisés dans les deux séquences de base sont écrit en dessous.

#### A. Prix des extrants

Le prix des extrants sont ceux obtenus par les producteurs. Pour les produits d'origine végétale le prix [FCFA kg<sup>-1</sup>], exprimé pour la matière sèche, sauf les cultures maraîchères où il s'agit de la matière verte, sont de 55 pour le mil, de 56 pour le sorgho, de 70 pour le fonio et le riz, de 75 pour l'arachide et le niébé de 59 pour les échalotes, et de 96 pour les "autres cultures maraîchères".

Pour les produits d'origine animale les prix [FCFA kg<sup>-1</sup> de poids vif] sont de 320 pour la viande des bovins, de 340 pour celle des ovins et caprins et de 180 pour le lait vendu à Mopti-ville. Pour le poisson (frais) le prix est de 275 FCFA kg<sup>-1</sup>.

Les rentrées financières provenant des émigrants sont de 75 000 FCFA personne<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>.

## B. Prix des intrants

Les prix des intrants [FCFA kg<sup>-1</sup>] pour les éléments minéraux (sous forme élémentaire) sont de 450 pour l'azote, de 1 250 pour le phosphore et de 450 pour le potassium.

Le prix des concentrés pour les techniques de production d'élevage semi-intensives est de 44 FCFA kg<sup>-1</sup> de matière sèche.

Les revenus quelque peu modiques obtenus dans les deux scénarios sont en grande partie dus à la faible rentabilité des cultures, comme indiqué dans le tableau 6.2.

Tableau 6.2. Composition du Revenu Brut Total [milliards FCFA].

SOURCE	VALEUR EXTRANTS COMMERCIALISES	INTRANTS MONETAIRES	REVENU BRUT
<b>Scénario-R</b>			
Elevage	37	2	35
Pêche	22	7	15
Culture	3	6	-3
Emigration			19
<i>Total</i>			
<b>Scénario-S</b>			
Elevage	24	2	22
Pêche	21	7	14
Culture	7	15	-8
Emigration			4
<i>Total</i>			32

Cette faible rentabilité des cultures est, indépendamment des rapports de prix, due au fait qu'elles sont surtout destinées à l'autoconsommation, notamment en ce qui concerne le grain; elle est également le fait des exigences en matière d'exploitation durable, en termes d'éléments nutritifs. Les besoins en matière d'autoconsommation impliquent qu'une petite partie seulement des produits des cultures est commercialisée et constitue un revenu. Les exigences de durabilité impliquent qu'un épuisement du sol n'est pas permis; il est souvent nécessaire d'épandre des engrais pour pouvoir atteindre les objectifs de rendement, parce que

la jachère et les fumures organiques ne sont pas en mesure de satisfaire toutes les exigences en matière d'éléments nutritifs imposées par les pertes inévitables dues à l'exportation des végétaux hors des champs. Les engrais doivent être payés en argent, ce qui réduit, en conséquence, le revenu financier (tableau 6.3).

Tableau 6.3. Composition du Revenu brut des cultures [milliards FCFA].

	SCENARIO-R	SCENARIO-S
REVENU <sup>a</sup>		
Mil	-3.0	2.1
Sorgho	0.0	0.0
Fonio	0.0	-
Arachide	0.8	-0.5
Niébé	-0.2	0.5
Echalote	4.3	0.9
Autres cultures maraichères	0.2	2.4
Riz	1.2	1.5
<i>Total</i>	3.3	6.9
DEPENSES		
Engrais	3.4	11.0
Autres coûts des opérations	1.3	1.9
Amortissements	1.2	2.1
<i>Total</i>	6.0	15.0
Revenu brut	-2.7	-8.1
Valeur de l'autoconsommation	15.0	17.9

<sup>a</sup>) valeur de la production totale moins l'autoconsommation.  
0: moins de la moitié de l'unité.  
-: valeur nulle.

### 6.2.3 Prix simulés

Comme indiqué dans le tableau 6.1, un certain nombre de restrictions d'objectif sont effectives, et sont indiquées par un astérisque (\*). Il est logique que cette situation intervienne plus fréquemment dans le scénario-S que dans le scénario-R, le premier étant caractérisé par des contraintes plus sévères imposées aux variables-objectifs. Une restriction effective signifie qu'une meilleure valeur de la variable-objectif aurait pu être obtenue si la restriction en question n'avait pas été imposée. Jusqu'à quel point la restriction limite l'objectif optimisé est exprimé numériquement par son prix simulé, défini comme étant le changement de valeur

d'une unité de la variable-objectif lors de la relaxation de la restriction. La dimension d'un prix simulé est par conséquent: [l'unité de variable-objectif, dans ce cas million de FCFA] / [l'unité de restriction].

Un exemple: dans le scénario-R, le prix simulé de la restriction de "> 10 000 tonnes en année sèche" imposée à la production rizicole totale, est de 0.458 million de FCFA par tonne. Cela signifie que, si la contrainte imposée à la production rizicole était relaxée pour n'être plus que de > 9 999 tonnes, le revenu total brut de la Région augmenterait de 0.458 million de FCFA. Par conséquent, le "prix" à payer pour sauvegarder la production d'une tonne de riz dans une année sèche est de 458 000 FCFA. Etant donné par ailleurs qu'il ne s'agit que d'une situation hypothétique ne représentant par le prix "réel", nous parlons de "prix simulé" d'une restriction.

Toutes les restrictions du modèle-PL peuvent, en principe, indiquer des prix simulés non réduits à zéro. Dans cette sous-section, nous ne discuterons que ceux en rapport avec des restrictions d'objectifs.

La restriction "nombre d'animaux menacés dans une année sèche" donne des prix simulés élevés. Dans le scénario-R, le prix simulé est de 18 000 FCFA par UBT, contre 54 000 FCFA par UBT dans le scénario-S. Le brusque déclin du revenu réalisable lorsque cette restriction d'objectif est renforcée, est une autre expression de son importance.

La limite supérieure de l'émigration joue un rôle similaire à celle du nombre d'animaux menacés. Son prix simulé est de 96 000 FCFA par personne dans le scénario-R; ce prix augmente pour atteindre 236 000 FCFA par personne dans le scénario-S. L'effet direct d'une émigration restreinte sur le revenu brut est la plus petite somme d'argent apportée par les émigrants, s'élevant à 75 000 FCFA par personne et par an. Le prix simulé plus élevé indique qu'un effet additionnel persiste, représenté par une autoconsommation plus élevée qui n'est pas suffisamment compensée par une plus grande disponibilité en main-d'oeuvre dans la Région.

Les autres restrictions d'objectif effectives contenues dans le scénario-R concernent la production rizicole dans une année sèche (discutée ci-dessus) ainsi que la limite supérieure de la somme des déficits dans les différentes zones agro-écologiques en grains dans une année sèche. Le prix simulé pour la dernière restriction est bas cependant: 2 FCFA par kg d'équivalents-mil.

Ce n'est pas le cas du scénario-S, où les restrictions quant aux déficits en grains dans les années sèches sont plus sévères. C'est essentiellement l'exigence posée, que le déficit régional total en grains ne doit pas excéder 110 000 tonnes d'équivalents-mil, qui constitue l'obstacle majeur à l'obtention d'une valeur de

revenu brut plus élevée. Le prix simulé de cette restriction est de 502 FCFA par kg d'équivalents-mil, dépassant de loin le prix réel rencontré sur le marché et qui est de 55 FCFA par kg d'équivalents-mil.

Une autre restriction effective appliquée dans le scénario-S est la limite supérieure de l'intrant financier total dans les activités de culture; cette restriction a été fixée à 15 milliards de FCFA afin de réduire la dépendance à l'égard de ces intrants. Le prix simulé de cette restriction est de 3.0 FCFA FCFA<sup>-1</sup>, ce qui implique que ces intrants sont extrêmement rentables. Ceci n'est cependant valable que pour les revenus financiers supplémentaires approchant la limite de 15 milliards de FCFA; le prix simulé baisse rapidement si la restriction est de nouveau relâchée. Une telle situation se traduit par une augmentation du revenu brut de 1.5 milliards de FCFA seulement, lorsque la restriction est réduite à 17.1 milliards de FCFA (tableau 6.1, colonnes (6) et (5)). Le prix simulé moyen sur cette trajectoire est de 0.7 contre un prix simulé marginal de 0.3 lorsque la restriction est de < 15 milliards de FCFA.

Les deux dernières restrictions effectives du scénario-S sont la production laitière totale dans une année normale et l'emploi total de main-d'oeuvre. Les prix simulés sont, dans ce cas, relativement modestes: 25 FCFA par kg de lait et 110 000 FCFA par année de travail humain [ath].

#### 6.2.4 Autosuffisance alimentaire de base

La Région peut-elle satisfaire les besoins alimentaires de base minimaux de sa population rurale, s'élevant actuellement à environ 1.3 millions d'habitants? En ce qui concerne les protéines animales, la réponse est oui; en ce qui concerne les grains, c'est beaucoup plus improbable.

Les besoins vitaux en protéines animales, fixés à 175 g de viande (poids en carcasse) ou 600 g de poisson (poids en matière fraîche) par personne par semaine, peuvent être facilement satisfaits, même dans des conditions climatiques défavorables. En outre, une moyenne de 3 litres de lait par personne et par semaine a été introduite dans les deux scénarios de base.

En ce qui concerne les grains, les possibilités sont moins rassurantes.

Dans le scénario-R, même dans une année bénéficiant d'une pluviométrie et d'une inondation normale, un déficit en grains global de 23 000 tonnes d'équivalents-mil existe, comparé à une production régionale totale en grains de 215 000 tonnes d'équivalents-mil. Dans ce scénario, l'exigence combinée en matière de durabilité et de revenu total maximal, entraîne (i) une superficie cultivée relativement petite, (ii) un niveau d'intensification assez faible et (iii) une tendance

à pratiquer les cultures plus rentables au détriment des cultures nutritionnellement plus riches.

Dans le scénario-S, une limite supérieure de 110 000 tonnes d'équivalents-mil a été fixée au déficit en grains de la Région, pendant une année sèche. En se basant sur les prix actuels, un tel déficit correspondrait à des importations de grains d'une valeur d'au moins 6 milliards de FCFA (soit 20 millions de US\$). Dans une année normale, un surplus de 65 000 tonnes d'équivalents-mil est produit, pour une production de grains totale de 349 000 tonnes d'équivalents-mil. Mais, même dans ce scénario, la Région n'est pas un important exportateur de grains.

Les niveaux totaux de production des diverses denrées alimentaires dans des années normales, en fonction de la pluviométrie et des inondations, sont présentés sur la figure 6.1. La partie revenant à l'autoconsommation n'a pas été soustraite de ces niveaux de production.

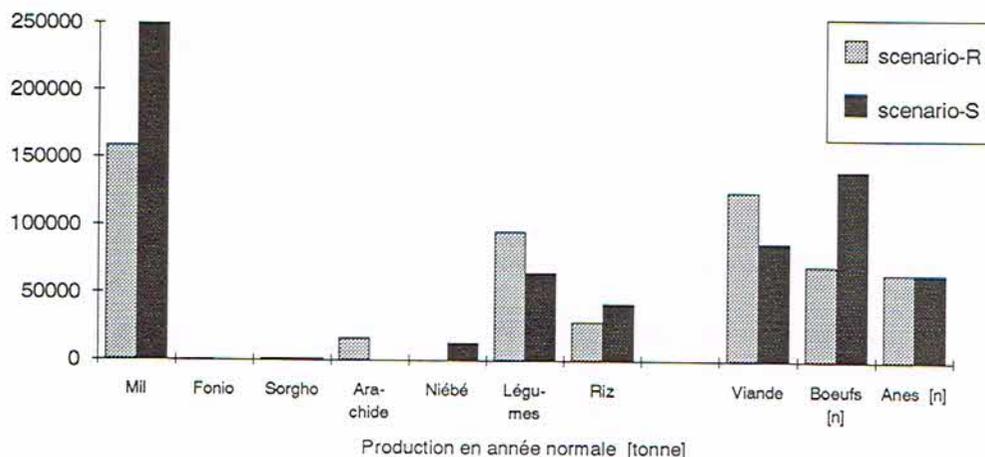


Figure 6.1. Production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale dans la Région pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

### 6.2.5 Production végétales

A l'heure actuelle, quelque 4 000 km<sup>2</sup> sont cultivés dans la Région, représentant 5% environ de la superficie totale. Dans le scénario-S, la superficie cultivée a été portée à 4 600 km<sup>2</sup> tandis que dans le scénario-R, elle a été légèrement réduite. Les superficies sous jachère s'élèvent à 9 000 km<sup>2</sup> dans le scénario-R et à 11 000

km<sup>2</sup> dans le scénario-S.

En termes d'utilisation des terres, le mil est, de loin, la culture principale dans les deux scénarios (figure 6.2). Dans le scénario-R, 91% des 3 840 km<sup>2</sup> de terres cultivées portent du mil, contre 85% des 4 581 km<sup>2</sup> cultivés, dans le scénario-S. La part du mil dans la production physique est un peu plus faible à cause des rendements élevés des cultures maraîchères par unité de surface (tableau 6.4 et figure 6.1, mais il faut noter que les rendements des cultures maraîchères sont exprimés en poids de matière verte et les rendements des grains en poids de matière sèche).

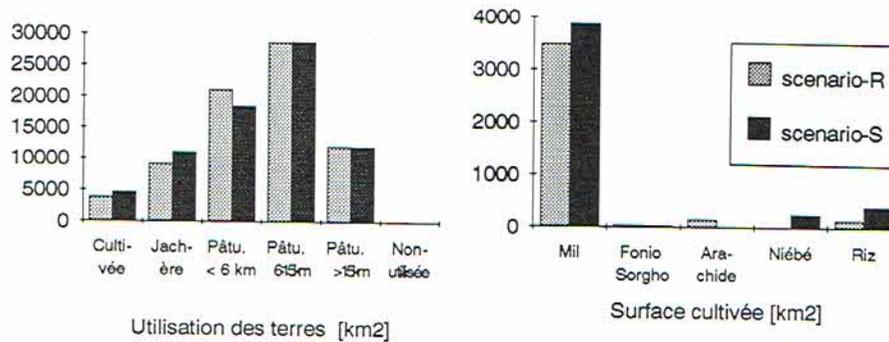


Figure 6.2. Utilisation des terres totales et des terres cultivées au cours d'une année normale dans la Région pour les deux scénarios de base.

La contribution de l'arachide à la production végétale totale est de 5% dans le scénario-R, et n'a pas été incluse dans le scénario-S. Dans ce dernier, la contribution du niébé à la production totale représente 3%. La culture du niébé est sélectionnée dans l'optimisation quand l'émigration est limitée (étape 2); la culture de l'arachide n'est plus du tout sélectionnée quand l'intrant financier total dans les activités de culture est limité (étape 5). La préférence en faveur du niébé dans le scénario-S peut s'expliquer, en partie, par le déclin prononcé des rendements de l'arachide pendant les années sèches, qui entre en conflit avec la limite plus stricte sur les déficits en grains dans les années sèches appliquée dans ce même scénario.

Quand le revenu financier est maximisé, le sorgho et le fonio sont des cultures de moindre importance, chacune d'elle contribuant pour moins de 0.5% à la production totale. Aucune culture fourragère, qu'il s'agisse de niébé fourrager ou de bourgou, n'est sélectionnée, vu les prix des engrais et de la viande dans ces séquences de base. Du point de vue du revenu brut engendré, le riz n'est pas davantage une culture intéressante. La production de riz dans les deux scénarios

résulte de restrictions formelles d'objectif minimal: dans le scénario-R, sur la production pendant une année sèche, et dans le scénario-S, sur la production pendant une année normale (tableau 6.1, lignes 2 et 13).

Tableau 6.4. Répartition [% des poids] de la production végétale totale au cours d'une année normale, dans les deux scénarios de base.

CULTURE	REPARTITION DES PRODUCTIONS	
	SCENARIO-R	SCENARIO-S
Mil	53	70
Sorgho	0	-
Fonio	0	0
Arachide	5	-
Niébé	-	3
Echalote <sup>a</sup>	26	5
Autres cultures maraîchères <sup>a</sup>	6	11
Riz	9	10
<i>Total</i>	100	100
<i>Total absolu</i> [1 000 tonne]	300	402

<sup>a</sup>) matière verte

0: moins de la moitié de l'unité.

-: valeur nulle.

Sans ces restrictions, la production rizicole serait nulle (et le revenu brut de la Région augmenterait de 2.6 milliards de FCFA). Par ailleurs, les échalotes et les autres cultures maraîchères sont des cultures rentables: la superficie cultivable disponible est entièrement utilisée dans les deux scénarios.

Une intensification des cultures n'est pas rentable dans la plupart des cas. Lorsqu'aucune restriction d'objectif n'est appliquée sur les autres variables-objectifs (scénario-R), une culture intensive n'est pratiquée que sur 6% seulement de la superficie totale (tableau 6.5); cela est particulièrement vrai pour l'arachide. En ce qui concerne la technique de production semi-intensive, impliquant l'application de doses modérées d'éléments nutritifs externes et l'utilisation de techniques de production traditionnelles, celle-ci n'est pratiquée que sur 42% des terres cultivées. Les 52% restants sont soumis à l'extensification, c'est-à-dire qu'aucun engrais minéral n'est appliqué et les techniques de production sont traditionnelles.

Dans le scénario-S par contre, qui présente beaucoup plus de bouches à nourrir, et où les déficits en grains dans une année sèche sont soumis à une restriction plus sévère, l'intensification est beaucoup plus couramment appliquée. Cette situation se

reflète dans les augmentations d'intrants financiers dans les activités de culture placées sous des restrictions renforcées, en ce qui concerne l'émigration autorisée et les déficits en grains (tableau 6.1 ligne 9). Afin d'assurer la production de grains minimale requise, également en année sèche, 21% de la superficie cultivée doit l'être intensivement et en mil. Il semble en effet que le niébé ou l'arachide cultivés intensivement n'offrent pas un grand intérêt, étant donné les nombreuses exigences. Lorsqu'une limite supérieure est fixée à l'intrant financier total, en ce qui concerne les activités de culture (étape 6), ces productions sont les premières à être abandonnées.

Tableau 6.5. Répartition [% de la surface cultivée] des cultures selon les trois niveaux de production et pour les deux scénarios de base.

CULTURE	REPARTITION DES TERRES	
	SCENARIO-R	SCENARIO-S
<b>Extensive</b>		
Mil	50.8	38.8
Sorgho	0.6	0.5
Fonio	0.1	0.0
Riz	0.6	6.0
<i>Total partiel</i>	52.1	45.3
<b>Semi-extensive</b>		
Mil	38.9	24.9
Niébé	0.0	6.0
Riz	3.0	2.0
<i>Total partiel</i>	41.9	32.9
<b>Intensive</b>		
Mil	1.0	21.0
Arachide	4.0	0.0
Autres cultures maraichères	0.9	0.7
Riz	0.1	0.1
<i>Total partiel</i>	6.0	21.8
<i>Total</i>	100.0	100.0
Total absolu [km <sup>2</sup> ]	3 840	4 581

En résumé, une intensification des cultures, en tant que telle, n'est rentable que pour l'arachide et sur une superficie limitée; elle peut cependant être nécessaire pour assurer la production minimale de grains qui serait requise pour satisfaire les besoins en matière d'autoconsommation. Une intensification de la culture du mil est alors l'option qui l'emporte sur toutes les autres. En outre, les risques moins élevés envisagés dans le scénario-S en ce qui concerne la disponibilité en grains produits dans la Région, sont "compensés" par les risques plus élevés qu'entraîne la fluctuation des prix extérieurs, du fait d'une plus grande dépendance à l'égard des engrais.

Dans le tableau 6.6 la différence en matière d'intensification entre les scénarios-R et -S est présentée d'une autre manière. Ce tableau indique les épandages d'engrais minéraux et de fumures organiques se rapportant à chaque culture, en tant que moyenne pondérée de la technique de production choisie.

Tableau 6.6. Application d'azote, de phosphore et de fumier selon les activités culturelles dans les deux scénarios de base.

CULTURE	APPLICATION	
	SCENARIO-R	SCENARIO-S
<b>Azote<sup>a</sup> [kg ha<sup>-1</sup>]</b>		
Mil, sorgho & fonio	6	27
Arachide	30	-
Niébé	-	0
Cultures maraichères	0	0
Riz	191	67
<b>Phosphore<sup>a</sup> [kg ha<sup>-1</sup>]</b>		
Mil, sorgho & fonio	1	3
Arachide	9	-
Niébé	-	3
Cultures maraichères	0	0
Riz	8	3
<b>Fumier [MS kg ha<sup>-1</sup>]</b>		
Mil, sorgho & fonio	1 000	1 100
Arachide	0	-
Niébé	-	0
Cultures maraichères	8 800	7 000
Riz	3 500	1 200

<sup>a</sup>) sous forme élémentaire.

0: moins de la moitié de l'unité.

-: valeur nulle.

### 6.2.6 Elevage

Selon l'IUCN (1989), le cheptel élevé dans la Région, pendant la période de 1977 à 1987, a augmenté de 450 000 à 1 700 000 UBT. En juin 1987, "Resource Inventory and Management Ltd" (RIM, 1987) a compté au total 1 123 000 UBT dont en 846 000 bovins, 228 000 en ovins et caprins ainsi que 49 000 en chameaux et ânes (une Unité Bétail Tropical [UBT] représente un animal "standard" d'un poids de 250 kg, sous-section 3.3.1).

Le nombre d'animaux introduit dans les deux scénarios de base est de 1 762 000 UBT pour le scénario-R et 1 491 000 UBT pour le scénario-S (tableau 6.7). A remarquer que ces chiffres sont valables pour la composition par espèces indiquée au tableau 6.7. L'absorption de matière sèche par UBT varie suivant les espèces; une composition différente entraînerait des besoins totaux en fourrage différents, même si le nombre d'UBT total de cette nouvelle composition reste identique.

La plupart des animaux peuvent être nourris par le menu III, représentant un fourrage d'assez bonne qualité, avec une teneur moyenne en azote annuelle de 11 g kg<sup>-1</sup> (section 3.3). Dans le scénario-S, cependant, 40% des animaux reçoivent le menu minimal I, présentant une teneur en azote moyenne de tout juste 9 g kg<sup>-1</sup>. Dans ce scénario, le nombre d'animaux sédentaires est relativement élevé.

L'élevage semi-intensif est limité à 7 000 têtes de bovins destinés à la production laitière dans les environs de Mopti-ville, dans les deux scénarios (ce qui correspond à la limite supérieure attribuée à cette activité), et à 70 000 (scénario-S) ou 90 000 (scénario-R) têtes de moutons sédentaires destinés à l'engraissement.

Comparé aux estimations en ce qui concerne le nombre actuel réel d'animaux, les deux scénarios de base indiquent une augmentation des bovins de 20%, une stabilisation du nombre d'animaux de trait et de transport, ainsi qu'une expansion considérable de la population des petits ruminants, notamment des moutons. Cette expansion de l'élevage des moutons est essentiellement due au prix légèrement plus élevé de la viande de mouton et de chèvre par rapport à celles des bovins, de même qu'au ratio relativement élevé "production de viande/absorption de matière sèche" obtenu avec ces animaux (0.022 kg kg<sup>-1</sup> pour le menu I et 0.029 pour le menu III, section 3.3). Seul le bétail migrant soumis au menu III offre un meilleur ratio (0.038 kg kg<sup>-1</sup>); ce dernier occupe donc, de ce fait, une place de choix dans les deux scénarios.

Tableau 6.7. Nombre [1 000 UBT] et pourcentage du nombre total d'animaux en fonction des espèces et du menu sélectionné dans le deux scénarios de base.

ESPECE	NOMBRE			
	SCENARIO-R		SCENARIO-S	
	Nombre	[%]	Nombre	[%]
<b>Bovins</b>				
sédentaires	228	12.9	296	19.9
semi-mobiles	40	2.3	88	5.9
migrants	781	44.4	632	42.3
<i>Total partiel</i>	1 049	59.6	1 016	68.1
<b>Ovins</b>				
sédentaires	9	0.5	7	0.5
semi-mobiles	398	22.6	201	13.5
migrants	175	9.9	26	1.7
<b>Caprins</b>				
semi-mobiles	78	4.4	163	10.9
migrants	5	0.3	31	2.1
<i>Total partiel</i>	665	37.7	428	28.7
<b>Anes</b>	32	1.8	32	2.1
<b>Chameaux</b>	16	0.9	16	1.1
<i>Total</i>	1 762	100.0	1 491	100.0
<b>MENU</b>				
I	349	19.8	594	39.8
II	169	9.6	71	4.8
III	1 230	69.8	815	54.6
IV	14	0.8	12	0.8
<i>Total</i>	1 762	100.0	1 491	100.0

Les besoins en fourrage en rapport avec la taille du troupeau et avec sa composition, dans la Région en année normale, sont indiqués sur le tableau 6.8a. Ils varient de 2.6 millions de tonne (scénario-S) à 3.3 millions (scénario-R) pendant la saison sèche et de 0.9 million de tonne (scénario-S) à 1.1 million (scénario-R) pendant la saison des pluies. Pendant la saison des pluies, 43% (scénario-S) ou sa moitié (scénario-R) devraient être fournis par les pâturages de saison des pluies. La disponibilité en fourrage varie suivant les scénarios, dû au fait que l'utilisation des

terres, et par conséquent des pâturages, n'est pas identique dans les deux scénarios.

En tenant compte des restrictions imposées au modèle-PL, le fourrage disponible pendant les années normales est toujours suffisant pour satisfaire les besoins. Dans les années sèches par contre, la disponibilité en fourrage peut être inférieure aux besoins (tableau 6.8b). Jusqu'à quel point un tel déficit est permis dépend du nombre d'animaux que l'on peut laisser perdre pendant les années sèches. Dans le scénario-R, cette perte a été fixée à 400 000 UBT et dans le scénario-S, elle est de 100 000 UBT seulement. Le tableau 6.8b indique que l'approvisionnement en fourrage pendant les années sèches est insuffisant dans pratiquement toutes les catégories. Seule la disponibilité en biomasse ligneuse ne forme pas d'obstacle pour la Région dans son ensemble. Cela n'exclut cependant pas des restrictions au niveau des zones agro-écologiques.

### 6.2.7 Pêches

Dans les deux scénarios de base, le quota maximal de pêche autorisé (93 000 tonnes en année normale et 53 000 tonnes en année sèche) est effectivement capturé. Autrement dit, comparée aux activités agricoles, la pêche est rentable.

En ce qui concerne la productivité de la main-d'oeuvre, dans le scénario-R, celle d'un pêcheur moyen est plus élevée que celle indiquée dans le scénario-S; elle représente respectivement, 2.5 et 1.9 tonnes de poisson frais par ménage et par an, ce qui correspond à une production par année de travail humain de 960 kg et de 770 kg de poisson frais par an. La productivité plus élevée obtenue dans le scénario-R est due à une proportion plus élevée de pêcheurs migrants, dont la pêche est l'occupation principale (et qui détiennent les équipements les plus élevés, section 3.4), parmi le nombre total de ménages impliqués dans les activités de pêche (tableau 6.9).

Les intrants financiers totaux dans les pêches sont approximativement les mêmes dans les deux scénarios: 7 milliards de FCFA par an, dont un peu plus de 50% représentent l'amortissement. Avec un produit commercialisé dont la valeur atteint 22 et 21 milliards de FCFA dans une année normale, la rémunération de la main-d'oeuvre est de 155 000 FCFA ath<sup>-1</sup> dans le scénario-R et 115 000 FCFA ath<sup>-1</sup> dans le scénario-S.

Tableau 6.8a. Fourrage disponible et nécessaire dans les deux scénarios de base, dans une année normale [1 000 tonne].

SCENARIO-R		SCENARIO-S					
DISPONIBLE		BESOINS		DISPONIBLE		BESOINS	
Résidus & concentrés	Pâturage	Total	Résidus concentrés	Pâturage	Total	Résidus concentrés	Total
<b>Saison sèche</b>							
Pâturage < 15 km <sup>a</sup>							
Qualité							
1. Basse	430	349	779	640	341	576	917
2. Moyenne	11	1 014	1 025	1 771	937	37	974
3. Bonne	0	2 105	2 105	894	1 950	8	1 958
4. Excellente	7	10	17	6	11	6	17
Total partiel	448	3 478	3 926	3 311	3 239	627	3 866
Ligneux <sup>b</sup>	-	115	115	67	114	-	114
<b>Saison des pluies</b>							
Pâturage < 15 km <sup>a</sup>							
Qualité							
1. Basse	-	0	0	0	0	-	0
2. Moyenne	-	0	0	0	0	-	0
3. Bonne	-	339	339	227	358	-	358
4. Excellente	-	432	432	331	422	-	421
Total partiel	-	771	771	558	779	-	779
Pâturage > 15 km <sup>a</sup>	-	650	650	569	650	-	650
							387

a) Distance au point d'eau permanent.

b) fourrage provenant des essences ligneuses.

0: moins de la moitié de l'unité.

-: valeur nulle.

Tableau 6.8b. Fourrage disponible et nécessaire dans les deux scénarios de base, dans une année sèche [1 000 tonne].

SCENARIO-R				SCENARIO-S			
DISPONIBLE		BESOINS		DISPONIBLE		BESOINS	
Résidus & concentrés	Pâturage	Total		Résidus concentrés	Pâturage	Total	
<b>Saison sèche</b>							
Pâturage < 15 km <sup>a</sup>							
Qualité							
1. Basse	262	115	377	640	341	917	655
2. Moyenne	5	807	812	1 771	937	974	1 440
3. Bonne	0	1 330	1 330	894	1 950	1 958	513
4. Excellente	3	10	13	6	11	17	5
Total partiel	270	2 262	2 532	3 311	2 114	2 497	2 613
Ligneux <sup>b</sup>	-	115	115	67	114	114	103
<b>Saison des pluies</b>							
Pâturage < 15 km <sup>a</sup>							
Qualité							
1. Basse	-	0	0	0	0	0	0
2. Moyenne	-	0	0	0	0	0	0
3. Bonne	-	79	79	227	89	89	232
4. Excellente	-	415	415	331	410	410	286
Total partiel	-	494	494	558	499	499	518
Pâturage > 15 km <sup>a</sup>	-	367	367	569	367	367	387

a) Distance au point d'eau permanent.

b) fourrage provenant des essences ligneuses.

0: moins de la moitié de l'unité.

-: valeur nulle.

Tableau 6.9. Répartition des ménages impliqués dans les activités de pêche et dans les deux scénarios de base, en fonction de la mobilité et de l'occupation principale [% du nombre total de ménages impliqués dans la pêche].

ACTIVITE	REPARTITION	
	SCENARIO-R	SCENARIO-S
Pêche activité principale, migrants	44	4
Pêche activité principale, sédentaires	0	34
Pêche activité secondaire, sédentaires	56	62
<i>Total</i>	100	100
<i>Nombre total des ménages</i>	37 500	48 400

0: moins de la moitié de l'unité.

### 6.3 Résultats des deux scénarios de base au niveau de la zone agro-écologique

#### 6.3.1 Observations générales

L'utilisation des terres, la production et les intrants, tels que présentés dans la section précédente, sont calculés par le modèle-PL également au niveau des zones agro-écologiques. Dans cette section, nous présentons un résumé des résultats obtenus. Des informations plus détaillées quant à ces résultats peuvent être retrouvées à l'annexe A en ce qui concerne le scénario-R et à l'annexe B en ce qui concerne le scénario-S.

Comme expliqué dans la section 4.1, un grand nombre de restrictions sont incluses dans le modèle-PL d'optimisation. Beaucoup se rapportent aux zones agro-écologiques. Trois groupes de restrictions sont présentées dans le tableau 6.10; elles concernent:

- la condition préalable que la demande en main-d'oeuvre dans une zone agro-écologique ne doive pas excéder l'offre de main-d'oeuvre, dans aucune des six périodes de l'année considérées (sous-section 4.1.2);
- la condition préalable que suffisamment de boeufs doivent être disponibles dans chacune des zones agro-écologiques distinctes (i.e. qu'il y ait suffisamment de fourrage pour les nourrir);
- la condition préalable que le fumier nécessaire pour la culture et comme combustible soit effectivement produit dans une zone agro-écologique considérée (i.e. que le nombre d'animaux dans la zone agro-écologique en question soit suffisant).

Tableau 6.10. Expression des restrictions effectives en matière de main-d'oeuvre, de boeufs et de fumier, au niveau de la zone agro-écologique, dans les deux scénarios de base (\* = effective).

RESTRICTION	Sourou	Séno	Plateau	Delta	Ména	Séno	Bodara	Zone	Hodh	Ména
	Bankass	Bankass	Central	Dioura	Mango	Lacustre				Sourango
<b>Scénario-R</b>										
Main-d'oeuvre pendant	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*
1.Prép. du sol & semis <sup>a</sup>	.	.	*	*	*	.	*	*	*	*
2.Premier sarclage <sup>a</sup>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*
3.Reste saison croiss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4.Récolte mil	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
5.Récolte riz	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
6.Reste de l'année	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
Disponibilité en boeufs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.
Disponibilité en fumier	*	*	*	.	.	*	.	.	.	.
<b>Scénario-S</b>										
Main-d'oeuvre pendant	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*
1.Prép. de sol & semis <sup>a</sup>	*	.	.	.	*	*	*	*	*	*
2.Premier sarclage <sup>a</sup>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*
3.Reste saison croiss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4.Récolte mil	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
5.Récolte riz	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
6.Reste de l'année	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
Disponibilité en boeuf	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.
Disponibilité en fumier	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.

a) se réfère aux cultures pluviales.

Ces restrictions doivent être toujours satisfaites. Elles ne sont cependant pas toujours effectives. Comme indiqué précédemment, 'effective' signifie que les restrictions constituent réellement (activement) un obstacle à la réalisation d'une meilleure valeur en ce qui concerne la variable-objectif optimisé (dans ce cas le revenu brut total). Lorsqu'elles sont effectives, elles sont marquées d'un astérisque (\*).

Dans le scénario-R, la restriction "main-d'oeuvre" est effective dans toutes les zones agro-écologiques pendant la période du premier sarclage du mil, sauf au sud, dans les zones agro-écologiques du Sourou et du Séno Bankass. Dans le scénario-S, les exceptions sont les zones agro-écologiques du Séno Bankass, du Plateau et du Delta Central. Le temps de récolte du riz est une période de pointe exigeante en main-d'oeuvre dans le Delta Central; mais également pendant la saison sèche ("le reste de l'année"), la main-d'oeuvre est rare dans cette zone agro-écologique contrairement aux autres; ce manque de main-d'oeuvre est dû aux activités de pêche, à la garde du bétail et aux cultures maraîchères.

Le temps réservé au labour et au semis du mil, juste après les premières pluies, le reste du temps de la saison de croissance, après le premier sarclage, et le temps de récolte du mil sont des périodes pendant lesquelles la main-d'oeuvre n'est pas un facteur limitant. Une seule exception cependant: au Méma Sourango pendant les deux premières périodes, étant donné les besoins en main-d'oeuvre pour la surveillance des troupeaux. Il n'y a pas de cultures dans cette zone agro-écologique; c'est pourquoi, contrairement aux autres zones agro-écologiques, la disponibilité en boeufs n'y est pas restrictive.

Le scénario-S indique des prix simulés généralement plus élevés pour la restriction "boeufs" que le scénario-R. Dans le scénario-S, ces prix varient de 6 900 FCFA par boeuf dans la zone agro-écologique du Méma Dioura à 125 000 FCFA par boeuf dans le Delta Central (les prix simulés indiquent le revenu brut supplémentaire qui pourrait être obtenu si la restriction était relaxée d'une unité, dans ce cas un boeuf - voir aussi sous-section 6.2.3). Dans le scénario-R, les prix simulés pour les boeufs varient de 10 000 FCFA par boeuf dans les zones agro-écologiques du Méma Dioura et du Séno Mango à 20 000 FCFA par boeuf dans la Zone Lacustre.

Dans le scénario-R, la restriction "fumier" est effective pour les deux zones agro-écologiques situées le plus au sud, c'est-à-dire le Sourou et le Séno Bankass; ainsi que pour le Plateau et le Gourma. Dans le scénario-S, cette restriction est également imposée pour le Delta Central, le Méma Dioura et la Zone Lacustre. De plus, les prix simulés sont de beaucoup plus élevés dans le scénario-S que dans le

scénario-R. Dans le scénario-S, ils varient de 6 700 FCFA par tonne de matière sèche au Méma Dioura à 216 000 FCFA sur le Plateau; dans le scénario-R, ces prix varient de 14 000 FCFA par tonne au Gourma à 17 000 FCFA au Sourou.

Dans le Delta Central, la Zone Lacustre, le Bodara et le Hodh, le fumier est utilisé comme substitut du bois de feu. La consommation est de 0.5 kg par personne<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Cette condition ne devient restrictive que dans le Delta Central et dans la Zone Lacustre, dans le scénario-S, où davantage de restrictions additionnelles sont imposées que dans le scénario-R.

Une autre importante série de restrictions appliquées au modèle-PL, concernant notamment la condition suivant laquelle la demande en fourrage pendant une année normale ne devrait pas excéder les ressources fourragères, est analysée au tableau 6.11.

Sur le Plateau par exemple (troisième colonne du tableau 6.11), la disponibilité en fourrage d'excellente qualité de classe 4 est restrictive dans le scénario-R pendant la saison des pluies (les classes de qualité des fourrages sont définies dans la sous-section 4.2.1 et dans la section 3.3). Dans le scénario-S, une disponibilité en fourrage de classe 3, et au-dessus, est effective pendant la saison des pluies. Pendant la saison sèche, la disponibilité en fourrage de classe 2, ou au-dessus, est restrictive dans cette zone agro-écologique pour les deux scénarios. En outre, si davantage de fourrage provenant des ligneux était disponible, il serait possible d'obtenir un revenu brut plus élevé.

Contrairement aux restrictions concernant la disponibilité en fumier, les restrictions en matière de fourrage sont plus fréquemment effectives dans le scénario-R que dans le scénario-S, tout au moins en saison sèche. Par exemple, pendant cette saison, la quantité totale de fourrage disponible n'est pas effective dans le scénario-S dans aucune des zones agro-écologiques, tandis qu'elle l'est dans le scénario-R pour les zones agro-écologiques du Méma Dioura, du Séno Mango, du Bodara, de la Zone Lacustre et du Hodh. Apparemment, certaines autres restrictions, par exemple le nombre permis d'animaux menacés en année sèche, jouerait dans le scénario-S le même rôle que certaines restrictions en matière de fourrage jouent dans le scénario-R.

Les prix simulés calculés sur la base de ces restrictions de fourrage varient de très bas à considérable. Pendant la saison sèche, des valeurs maximales pour le fourrage de 26 FCFA kg<sup>-1</sup> (scénario-R, Zone Lacustre, classe de qualité 4) et de 75 FCFA kg<sup>-1</sup> (scénario-S, Séno Bankass, classe de qualité 2 et au-dessus) sont obtenues. Pendant la saison des pluies, un fourrage insuffisant revient même cher

Tableau 6.11. Expression des restrictions "fourrage"<sup>a</sup> effectives dans les deux scénarios de base, dans une année normale (\* = effective).

RESTRICTION	Sourou	Séno	Plateau	Delta	Méma	Séno	Bodara	Zone	Hodh	Ména
	Bankass	Mango	Central	Dioura	Mango	Lacustre				Sourango
<b>Scénario-R</b>										
Saison des pluies										
Total, toutes qualités	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Qualité 2 et supérieure	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Qualité 3 et supérieure	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Qualité 4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Saison sèche										
Total, toutes qualités	.	.	.	.	*	.	*	*	*	.
Qualité 2 et supérieure	*	*	*	.	.	*	.	*	.	.
Qualité 3 et supérieure	.	*	.	.	*	.	*	.	*	*
Qualité 4	.	.	.	.	.	.	*	*	*	.
Fourrage ligneux	*	*	*	.	.	*	.	.	.	.
<b>Scénario-S</b>										
Saison des pluies										
Total toutes qualités	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Qualité 2 et supérieure	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Qualité 3 et supérieure	.	.	*	.	.	*	.	.	.	.
Qualité 4	*	.	.	*	*	*	.	.	.	.
Saison sèche										
Total toutes qualités	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Qualité 2 et supérieure	*	*	*	.	.	*	.	.	.	.
Qualité 3 et supérieure	.	.	.	.	*	.	*	.	.	*
Qualité 4	.	.	.	.	.	.	*	*	.	.
Fourrage ligneux	*	*	*	.	.	*	.	.	.	.

a) se réfère aux ressources fourragères dans un cercle de rayon de 15 km autour d'un point d'eau permanent.

dans certain cas. Des valeurs maximales de 57 FCFA kg<sup>-1</sup> (scénario-R, Delta Central, Qualité 4) et même de 308 FCFA kg<sup>-1</sup> (scénario-S, Delta Central, qualité 4) ne sont pas rares. Un fourrage provenant des ligneux plus abondante permettrait d'atteindre plus facilement les objectifs, notamment au Séno Bankass: les prix simulés du fourrage sont de 5 FCFA kg<sup>-1</sup> dans le scénario-R et de 118 FCFA kg<sup>-1</sup> dans le scénario-S.

En considérant un prix réel des concentrés de 44 FCFA kg<sup>-1</sup> de matière sèche, l'importation de ces produits semble rentable dans les situations indiquées dans le tableau 6.12.

Si le prix des concentrés importés correspondait à la moitié des prix actuels, d'autres situations, où l'importation de ces produits serait intéressante, pourraient surgir. Elles sont présentées dans le tableau 6.13.

Tableau 6.12. Situations où les prix simulés des restrictions en fourrage dépassent 44 FCFA kg<sup>-1</sup> dans les deux scénarios de base, et la valeur des prix simulés.

ZONE AGRO-ECOLOGIQUE	PRIX SIMULES	SAISON	SCENARIO
Séno Bankass	118	sèche	S
Séno Bankass	178	des pluies	S
Séno Bankass	53	des pluies	R
Delta Central	308	des pluies	S
Delta Central	57	des pluies	R

Tableau 6.13. Situations où les prix simulés des restrictions en fourrage varient entre 22 et 44 FCFA kg<sup>-1</sup> dans les deux scénarios de base, et les valeurs des prix simulés.

ZONE AGRO-ECOLOGIQUE	PRIX SIMULES	SAISON	SCENARIO
Plateau	42	sèche	S
Plateau	30	des pluies	S
Gourma	25	sèche	S
Zone Lacustre	23	sèche	S
Zone Lacustre	26	sèche	R

### 6.3.2 Sourou

Dans le scénario-S, la zone agro-écologique du Sourou est celle qui produit le plus de grains bien qu'elle soit à la troisième place en ce qui concerne la superficie, en cinquième position en ce qui concerne la population totale, et qu'aucune riziculture importante n'y soit possible (voir tableau 2.10 pour les superficies et les populations des zones agro-écologiques). Dans une année normale, dans ce scénario, 87 000 tonnes de mil sont produites ce qui représente 31% de la production régionale totale. Ceci est dû à un haut niveau d'intensification: une technique de production intensive est appliquée sur 60% environ des 641 km<sup>2</sup> cultivés en mil et une technique de production semi-intensive est appliquée sur 18% supplémentaires. La quantité moyenne d'engrais épandu est de 65 kg N, de 9 kg P et de 38 kg K par hectare. Par ailleurs, une moyenne de 1 700 kg de fumier (matière sèche) par hectare est également appliquée dans ce scénario.

Les intrants financiers, y compris le coût des engrais, s'élèvent à 68 000 FCFA ha<sup>-1</sup> pour un rendement moyen net en grain de 1 360 kg ha<sup>-1</sup> (matière sèche) dans une année normale et de 700 kg ha<sup>-1</sup> dans une année sèche. Cependant, si l'on considère que le prix aux producteurs est de 55 FCFA par kg, il devient difficile d'admettre que la culture du mil soit une activité rentable. La raison principale de l'intensification appliquée dans le scénario-S est la sauvegarde d'une production minimale en grains.

Dans le scénario-R, où la limite supérieure appliquée aux déficits en grains dans les années sèches est moins stricte et où les besoins en matière d'autoconsommation sont moins élevés, le niveau d'intensification est bien plus bas. Dans ce scénario, le Sourou reste bien un producteur important de grains, mais il n'est plus le plus important. C'est le Séno Bankass qui le devient. Au Sourou, dans une année normale, 39 000 tonnes sont produites, ce qui représente un quart de la production totale de mil de la Région. Seulement 7% des 553 km<sup>2</sup> cultivés en mil le sont en utilisant la technique intensive, et 54% en utilisant la technique semi-intensive. Les rendements moyens nets par hectare sont en conséquence considérablement moins élevés: 710 kg de grains dans une année normale et 370 kg dans une année sèche. Il en est de même pour les intrants: l'application d'engrais représente une moyenne de 15 kg N, de 1 kg P et de 4 kg K par hectare. Quant au fumier, la quantité appliquée est de 1 600 kg ha<sup>-1</sup>, et les intrants financiers totaux sont de 13 000 FCFA ha<sup>-1</sup>.

Tout le fumier disponible, soit 89 000 tonnes dans le scénario-R et 110 000 tonnes dans le scénario-S est utilisé pour les cultures. La taille du troupeau pendant la saison sèche est de 163 000 UBT dans le scénario-R et de 180 000 UBT dans le scénario-S. Classés par ordre d'importance, ces deux troupeaux sont à la troisième

et à la deuxième place de tous les troupeaux de toutes les onze zones agro-écologiques. Dans les deux scénarios, le Sourou détient le plus grand nombre de boeufs de toutes les zones agro-écologiques, soit 17 000 dans le scénario-R et 37 000 dans le scénario-S. Ces chiffres représentent une densité en boeufs de 28 (scénario-R) et de 52 (scénario-S) par 100 ha de terres cultivées.

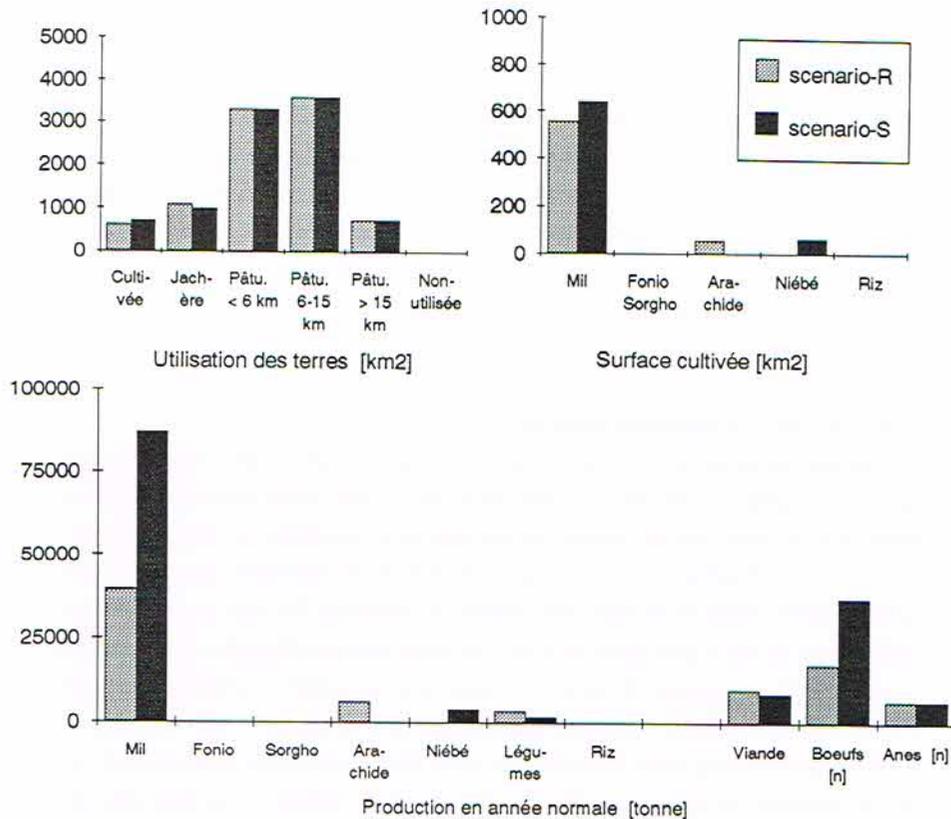


Figure 6.3. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Sourou et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

### 6.3.3 *Séno Bankass*

Cette zone agro-écologique est la troisième en ce qui concerne la population, qui s'élève à 209 000 habitants. En ce qui concerne la superficie, elle est classée septième. La main-d'oeuvre est par conséquent relativement importante et n'est pas limitative dans aucune des périodes considérées (tableau 6.10), pas même dans le scénario-R qui prévoit une émigration de 40 000 personnes.

La disponibilité en terres cultivables semble être le principal goulot d'étranglement de la production. Cette situation se reflète dans la fraction extrêmement petite qui est utilisée comme pâturage naturel, moins de 3% de la superficie totale dans un cercle de rayon de 6 km autour d'un point d'eau permanent. La taille du troupeau (comme toujours, définie pour la saison sèche) est de ce fait petite, soit environ 50 000 UBT dans les deux scénarios, et il en est de même de la production animale. La production laitière par exemple, n'est que de 1 150 tonnes par an, c'est-à-dire 0.1 litre par habitant par semaine, comparé à la moyenne de 3 litres consommée dans l'ensemble de la Région. L'objectif principal en ce qui concerne la production animale, est le boeuf de trait; un élevage secondaire de petits ruminants est également pratiqué.

Du fait de la petite taille du troupeau, la quantité de fumier disponible est également limitée: 25 000 tonnes (scénario-R) ou 28 000 tonnes (scénario-S). Etant donné que la technique de production prédominante appliquée au Séno Bankass, dans les deux scénarios, est la technique intensive, il est nécessaire que de grandes surfaces soient mises en jachère pour assurer la durabilité. Le ratio jachères/terres cultivées est en fait le plus élevé de toutes les zones agro-écologiques: 4.1 ha ha<sup>-1</sup>.

La grande proportion de terres utilisées pour la culture, combinée avec un grand nombre de points d'eau permanents, fait que cette zone agro-écologique arrive au premier rang dans le scénario-R, et au second rang dans le scénario-S, en ce qui concerne les surfaces cultivées: dans les deux scénarios, un peu plus de 1 000 km<sup>2</sup>. Il ne faut pas oublier que le Séno Bankass n'est que la septième zone agro-écologique de la Région et que sa superficie ne représente que 43% de celle du Delta Central qui est la zone agro-écologique la plus grande.

Dix pour cent de la surface cultivée le sont en niébé ou en arachide; il s'agit de la proportion maximale autorisée, du fait des contraintes de rotation imposées. Dans le scénario-R, l'arachide seule a été sélectionnée comme étant la culture la plus rentable pendant une année normale. Dans le scénario-S par contre, c'est le niébé seul qui a été sélectionné.

Les raisons de cette mutation ont déjà été discutées dans la sous-section 6.2.5; elles sont fondées sur les restrictions plus sévères appliquées aux déficits maximaux en grains autorisés pendant les années sèches et au nombre maximal d'émigrants.

Alors que les rendements moyens de l'arachide déclinent de 1 100 kg ha<sup>-1</sup>, dans une année normale, à 200 kg ha<sup>-1</sup>, dans une année sèche, la situation en ce qui concerne le niébé est beaucoup moins dramatique; les rendements moyens de ce dernier baissent de 600 à 320 kg ha<sup>-1</sup>.

Finalement, le Séno Bankass est unique parce que c'est la seule zone agro-écologique où, tout au moins dans le scénario-R, la culture du fonio a été sélectionnée. La surface totale de culture a cependant été limitée à 500 ha.

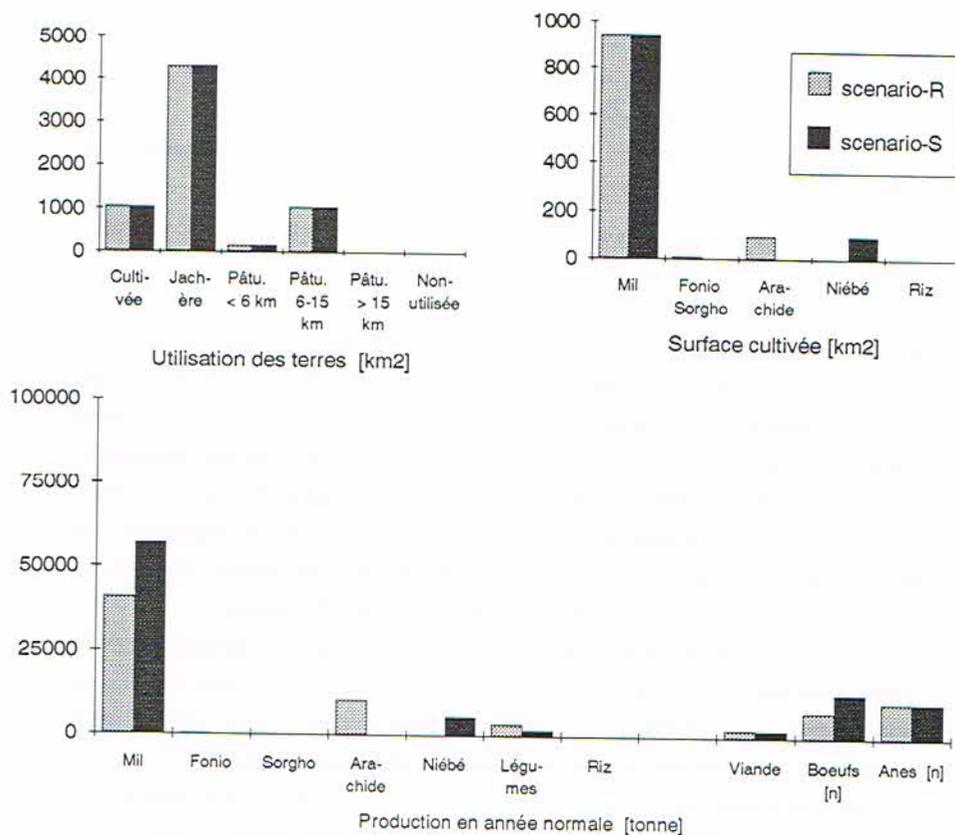


Figure 6.4. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Séno Bankass et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

#### 6.3.4 *Le Plateau*

Le Plateau ressemble, à certains égards, au Séno Bankass: il est le plus peuplé (296 000 habitants) de toutes les zones agro-écologiques et sa superficie est moyenne (cf. tableau 2.10). En outre, 80% de cette superficie bénéficient d'un point d'eau permanent dans un cercle de rayon de 6 km; cette proportion est plus élevée au Séno Bankass, avec 84%.

Ceci a pour conséquence que le Plateau, malgré son étendue moyenne, peut se prévaloir d'une grande superficie de terres cultivées. Dans le scénario-R, cette superficie est de 910 km<sup>2</sup>, ce qui place le Plateau au second rang de toutes les zones agro-écologiques; dans le scénario-S, cette superficie est de 1 093 km<sup>2</sup>, ce qui en fait la zone agro-écologique la plus cultivée.

Le Plateau diffère aussi du Séno Bankass en ce sens qu'il est de nature plutôt rocheuse, le résultat étant une superficie relativement large de 1 300 ha, convenant aux cultures maraîchères irriguées. Cette surface est entièrement utilisée dans les deux scénarios. Le Plateau est la zone agro-écologique maraîchère principale, avec une production annuelle de 45 000 tonnes (poids de matière verte) dans le scénario-R, représentant près de la moitié de la production totale de la Région, et de 21 000 tonnes dans le scénario-S, représentant environ un tiers de la production totale. Dans le scénario-R, la culture des échalotes est essentiellement sélectionnée comme étant la culture la plus rentable par rapport aux autres cultures maraîchères (tabac, patate douce, manioc, tomate, etc.). Dans le scénario-S, d'autres cultures maraîchères sont principalement cultivées, à cause de la limite supérieure des intrants financiers appliquée aux activités de culture, ces intrants étant moins élevés si des semences sont achetées à la place de bulbes d'échalotes.

Dans le scénario-R, la population étendue du Plateau et le manque relatif de terres, conduisent à une émigration en masse. Dans le scénario-S, cette solution est bloquée, avec pour conséquence un surplus de main-d'oeuvre, qui se reflète dans le tableau 6.10, par l'absence de restrictions de main-d'oeuvre effective.

Une plus grande part de population devant être de ce fait nourrie dans le scénario-S, ceci entraîne une augmentation du niveau d'intensification. Dans ce scénario, 42% de la superficie cultivée en mil le sont en utilisant la technique de production intensive. Il n'y a pas de culture intensive dans le scénario-R et 26% seulement de la superficie cultivée en mil le sont par la technique semi-intensive. Cette situation a évidemment des conséquences directes sur les rendements qui, dans le scénario-R, s'élèvent à 370 kg ha<sup>-1</sup> en année normale contre 180 kg ha<sup>-1</sup> en année sèche, et dans le scénario-S, à 830 kg ha<sup>-1</sup> en année normale contre 440 kg ha<sup>-1</sup> en année sèche.

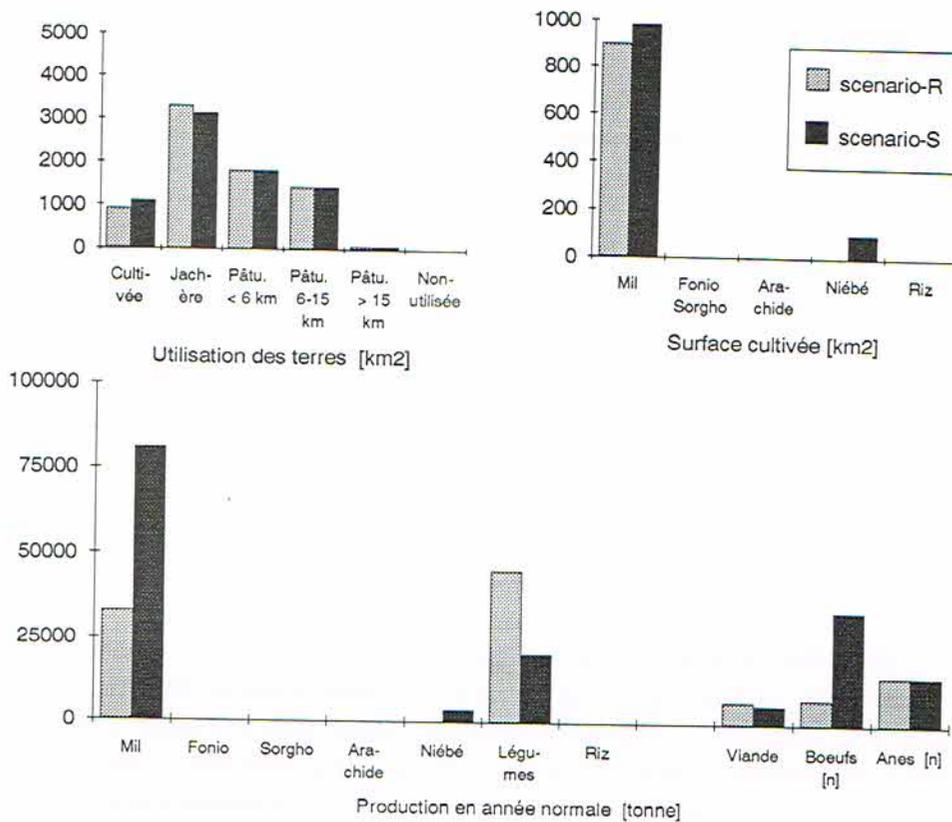


Figure 6.5. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Plateau et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

La production totale de grains sur le Plateau est de 85 000 tonnes en année normale dans le scénario-S, contre 33 000 tonnes dans le scénario-R. Dans une année sèche cependant, les besoins de l'autoconsommation ne sont pas couverts en ce qui concerne le grain. Dans le scénario-S, le déficit d'une année sèche est de 65 000 (autoconsommation) - 45 000 (production de grains) = 20 000 tonnes de grains; dans le scénario-R, la situation est à peu près identique: 36 000 - 17 000 = 19 000 tonnes de grains.

La production animale sur le Plateau est comparable à celle du Séno Bankass, bien qu'un nombre un plus élevé de petit ruminants soit prévu, particulièrement des moutons dans le scénario-R et des chèvres au menu I dans le scénario-S. Un total de 103 000 UBT (scénario-R) et de 146 000 UBT (scénario-S) résident sur le

Plateau pendant la saison sèche. En ce qui concerne le bétail, l'objectif majeur de production est le boeuf de trait. La production laitière est faible, 0.7 litre par tête par semaine dans le scénario-R et 0.3 dans le scénario-S, en tenant compte de l'émigration. Du fait de la population étendue, le nombre d'ânes et relativement élevé.

### 6.3.5 *Delta Central*

En ce qui concerne la production animale, cette zone agro-écologique est d'une importance capitale pour la Région dans son ensemble. En termes de population animale totale, exprimée en UBT, 54% (scénario-R) et 47% (scénario-S) résident dans le Delta Central. Par ailleurs, les deux tiers du poisson sont capturés dans cette zone agro-écologique. Etant donné que la production de viande et de poisson commercialisée contribue pour la plus grande partie au revenu financier total de la Région (tableau 6.2), cette zone agro-écologique joue un rôle central d'importance dans toute stratégie de développement.

Plus de 90% du cheptel résidant dans le Delta Central est migrant, c'est-à-dire que, pendant la saison des pluies, il se déplace à une distance de plus de 15 km d'un point d'eau permanent. La plupart quitte le Delta Central pendant la saison des pluies. Par conséquent, c'est le fourrage disponible pendant la saison sèche en-deçà de 15 km d'un point d'eau permanent, qui détermine le nombre d'animaux pouvant être maintenus dans le Delta Central et par conséquent, dans une large mesure, dans la Région.

La production fourragère potentielle de la strate herbacée sur les types de sol prévalant dans le Delta Central est élevée. Si nous nous limitons aux sols qui, dans les années de crue normales sont inondés une bonne partie de l'année, c'est-à-dire 77% de la superficie totale, les productions fourragères pouvant être atteintes, pour la consommation animale, sont présentées au tableau 6.14. Ces évaluations ont été obtenues en supposant que le feu est utilisé pour stimuler la repousse des graminées vivaces pendant la saison sèche. Si les pâturages sont fauchés pour être conservés, les productions fourragères disponibles sont plus élevées. Dans les deux scénarios de base cependant, cette option n'a pas été envisagée, mais peut être examinée par la suite (sous-section 6.4.6). En outre, il a été supposé, dans les deux scénarios de base, que les sols E1b sont légèrement dégradés en termes de production de biomasse, tandis que le niveau de production des autres sols inondés ne représente que le tiers de leur potentiel de production, ceci étant dû à une surexploitation et des inondations plusieurs fois insuffisantes.

Tableau 6.14. Disponibilité en fourrage des pâturages naturels intacts [tonne ha<sup>-1</sup>] en fonction des différents types de sol, quand le feu est utilisé pour stimuler la repousse, et évaluation du degré de dégradation (0 = intact) dans le Delta Central dans une année normale.

TYPE DE SOL	SURFACE <sup>a</sup>	FOURAGE	QUALITE	DEGRADATION
E1b	6 100	3.0	12	15
E2b	3 850	1.1	7	67
F3b	700	1.7	11	67
G	1 110	1.3	7	67

a) disponible comme pâturages et pour les cultures [km<sup>2</sup>].

Source: rapport 2, chapitre 11

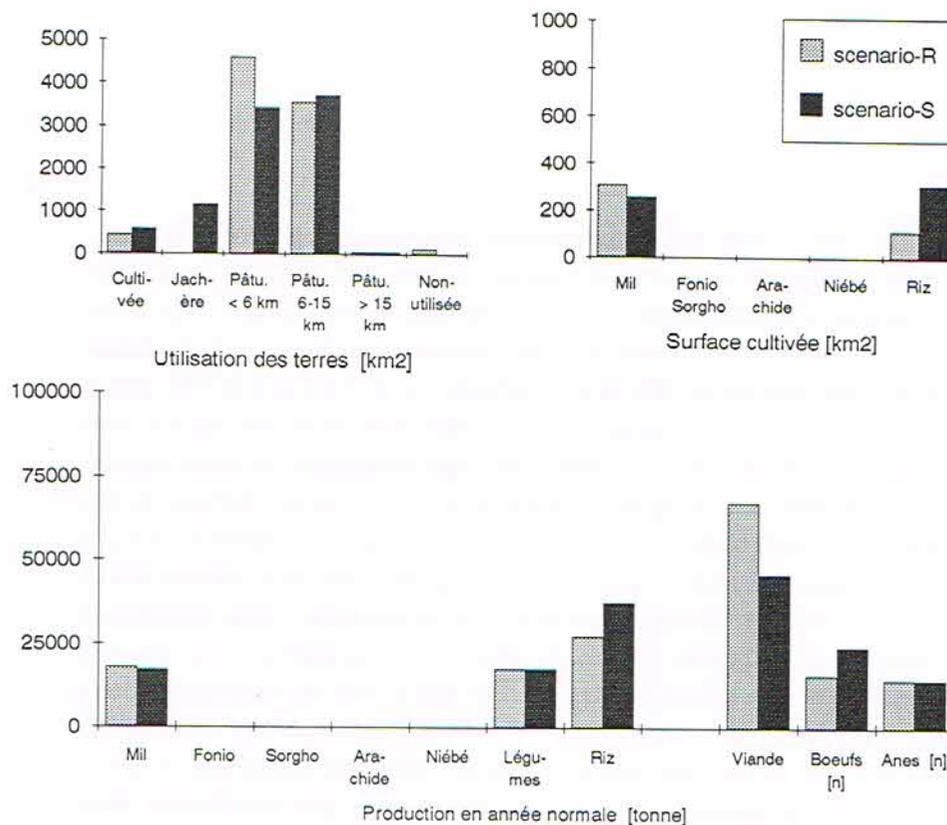


Figure 6.6. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Delta Central et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

Les données présentées dans le tableau 6.14 impliquent que, si tous les sols inondés du Delta Central étaient utilisés comme pâturages, la production fourragère totale d'une année normale s'élèverait à 1.78 millions de tonnes. Dans les deux scénarios de base, la production fourragère des pâturages, y compris ceux non inondés, s'élève à 1.76 millions de tonnes dans le scénario-R et à 1.64 millions de tonnes dans le scénario-S. Les résidus de récolte fournissent quelque 0.09 (scénario-R) et 0.12 (scénario-S) million de tonnes supplémentaires de fourrage pendant la saison sèche. Une telle production peut permettre de maintenir 956 000 UBT dont 82% sont constitués par du bétail migrant (scénario-R) ou 698 000 UBT dont 91% sont migrants (scénario-S).

Dans les deux scénarios, la production laitière semi-intensive qui est destinée à approvisionner la population urbaine de Mopti-ville, est sélectionnée jusqu'à atteindre son niveau maximal de 5 000 UBT représentant une production annuelle de 2.6 millions de litres de lait. Le régime alimentaire de grande qualité qu'il est nécessaire de prévoir pendant la saison sèche comprend, pour les deux-tiers, des concentrés importés, le tiers restant provenant des résidus de récolte des cultures maraîchères.

Le Delta Central est la plus importante zone agro-écologique en ce qui concerne la production rizicole. Dans le scénario-R, 96% de la production totale de riz, et 84% de la superficie cultivée en riz le sont dans le Delta Central. Dans le scénario-S, la production rizicole est un peu différemment répartie; le Delta Central détient alors une part de 89% dans la production totale et une part de 77% dans la superficie. Ces données impliquent que les rendements de riz sont, dans le Delta Central, supérieurs à ceux des autres zones agro-écologiques. En année normale, des rendements de 2 410 kg ha<sup>-1</sup> (scénario-R) et de 1 220 kg ha<sup>-1</sup> (scénario-S) sont atteints; en année sèche, ces valeurs s'élèvent à 860 kg ha<sup>-1</sup> (scénario-R) et à 370 kg ha<sup>-1</sup> (scénario-S). Les rendements systématiquement plus élevés obtenus dans le scénario-R sont dus à l'utilisation de techniques de production rizicole intensives et semi-intensives. Dans ce scénario, la culture du riz est exclusivement effectuée dans les casiers, tandis que dans le scénario-S, plus de 60% de la superficie rizicole est l'objet d'une culture hors-casiers. Dans les deux scénarios, un tiers de la superficie de 33 000 ha que constituent les casiers de l'ORM, sont utilisés pour la culture du riz et les techniques de production les plus intensives sont sélectionnées. Dans les deux scénarios, les 390 ha des petits périmètres irrigués villageois (PPIV) sont entièrement utilisés et sont récoltés deux fois par an.

Le mil et les autres cultures maraîchères sont des cultures qui occupent le second et le troisième rang dans le Delta Central. Le niébé et l'arachide ne sont

cultivés dans aucun des deux scénarios, pas plus que les cultures fourragères à but unique; cela signifie que ces activités ne sont pas rentables si l'on tient compte des prix des engrais et de la viande. Il ne faut cependant pas oublier que la production rizicole est plutôt basse si on la compare aux niveaux actuels (27 000 tonnes dans le scénario-R et 38 000 tonnes dans le scénario-S pour une année normale), de sorte que la compétition pour les terres inondées situées entre les zones de pâturages et de riziculture est moins acharnée qu'elle ne l'est dans la situation actuelle.

Comme indiqué précédemment (tableau 6.10), le Delta Central est la seule zone agro-écologique où la disponibilité en main-d'oeuvre (ou offre) constitue une limitation durant la saison sèche (saison de récolte du riz et "reste de l'année"). Cela est dû non seulement à la culture hors-saison du riz et des cultures maraîchères et au nombre considérable d'animaux présents pendant cette période, mais aussi, et dans une large mesure, aux activités de pêche. Pendant la période de novembre à juin (à l'exception de la période de récolte du riz), dans le scénario-R par exemple, la distribution de la main-d'oeuvre disponible de 134 000 personnes [équivalent-adulte en année de travail humain] est de 9% pour les cultures, 34% pour l'élevage et le restant de 57% pour les pêches. Dans le scénario-S, cette répartition est encore plus inéquilibrée: 10% pour les cultures, 18% pour le bétail et 72% pour les pêches. Les ménages pour qui la pêche constitue une seconde occupation, c'est-à-dire qui pêchent pendant la période de novembre à juin seulement, se retrouvent plus fréquemment dans le scénario-S que dans le scénario-R (sous-section 6.2.7). Malgré les différences en ce qui concerne l'intrant "main-d'oeuvre" pour la pêche entre les deux scénarios, la capture totale reste la même: 62 000 tonnes de poisson frais pendant une année normale et 36 000 tonnes pendant une année sèche.

### 6.3.6 Méma Dioura

Etant donné ses caractéristiques, la zone agro-écologique du Méma Dioura peut être classée parmi les zones agro-écologiques quelque peu inférieure à la moyenne. Elle occupe le huitième rang en ce qui concerne la superficie, le septième en ce qui concerne la population et la production de grain, le sixième ou le huitième en ce qui concerne la taille des troupeaux pendant la saison sèche.

Le mil est la culture principale et la technique de production utilisée est la technique semi-intensive, ce qui résulte en des rendements nets moyens de 490 kg ha<sup>-1</sup> dans les années normales et de 230 kg ha<sup>-1</sup> dans les années sèches. Une petite

surface de 1 600 ha est cultivée en riz. La technique de production extensive utilisée, et qui est dépendante de l'inondation naturelle, donne des rendements bas et sensibles à la sécheresse, soit  $480 \text{ kg ha}^{-1}$  dans une année normale et  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  seulement dans une année sèche. Aucune autre culture n'est pratiquée dans cette zone agro-écologique.

La production totale de grains dans une année normale est de 6 600 tonnes dans le scénario-R et de 8 200 tonnes dans le scénario-S. Au cours des années sèches, la production de grains tombe à 2 900 tonnes (scénario-R) et à 3 600 tonnes (scénario-S). L'autosuffisance énergétique apportée par les grains aux 30 000 habitants de cette zone agro-écologique exigerait une production de 6 800 tonnes d'équivalents-mil, un niveau qui n'est atteint dans les deux scénarios que pendant les années normales.

La différence la plus marquante entre les deux scénarios concerne le nombre d'animaux résidant au Méma Dioura pendant la saison sèche. Dans le scénario-R, ce nombre atteint 78 000 UBT contre 51 000 UBT dans le scénario-S. Ces animaux sont, en outre, légèrement plus productifs en termes de production de viande dans

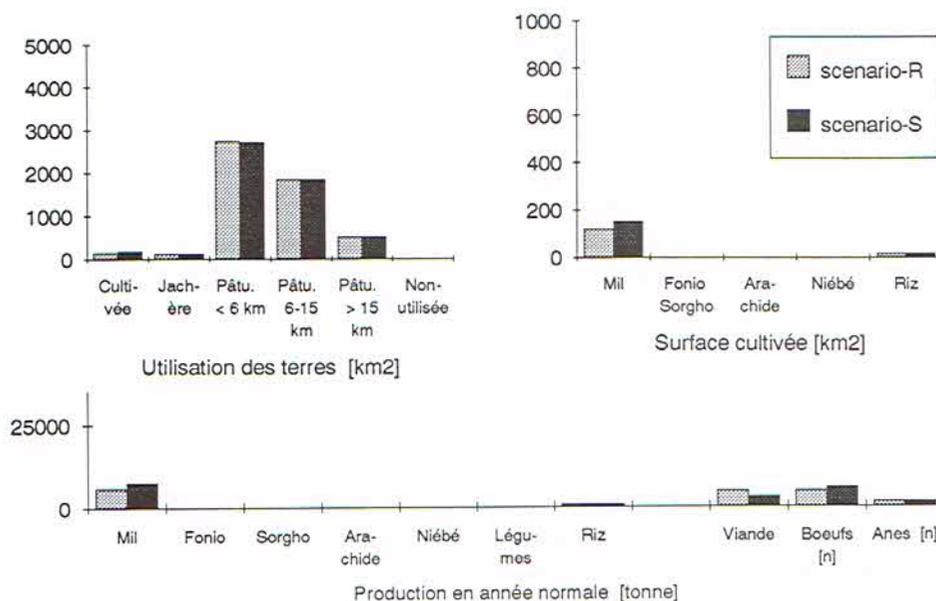


Figure 6.7. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Méma Dioura et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

le scénario-R. De ce fait, la production totale de viande dans le scénario-R est de 61% plus élevée que dans le scénario-S (4 700 contre 2 900 tonnes) et est produite par un pourcentage d'animaux plus élevé de 53%. Ceci représente, dans le scénario-R, un revenu additionnel de près de 600 millions de FCFA, ou 20 000 FCFA par tête. Le prix à payer en compensation est un déficit en grains plus important en année sèche (voir ci-dessus). Par ailleurs, la production laitière est plus élevée dans le scénario-S: 51 000 contre 3 300 tonnes.

### 6.3.7 *Séno Mango*

A partir de Séno Mango, les points d'eau permanents deviennent rares dans les zones agro-écologiques examinées. Au Séno Mango, 28% seulement des terres sont situées dans un cercle de rayon de 6 km autour d'un tel point, 44% dépassent même les 15 km. En ce qui concerne la superficie située dans un cercle de rayon de 6 km, 45 km<sup>2</sup> seulement (scénario-R) ou 120 km<sup>2</sup> seulement (scénario-S) des 2 500 km<sup>2</sup> disponibles, sont utilisés par les 21 000 habitants pour la culture.

C'est exclusivement le mil qui est cultivé en utilisant les techniques de production semi-intensives; il bénéficie aussi du fumier disponible en abondance. 8 000 tonnes seulement des 47 000 tonnes disponibles dans le scénario-R sont requises pour les champs. En ce qui concerne le scénario-S, ces chiffres sont 24 000 tonnes disponibles contre 21 000 tonnes requises.

La période de pointe en ce qui concerne la demande en main-d'oeuvre est la même que pour toutes les autres zones agro-écologiques, celles du sud étant cependant les plus concernées, et c'est celle du premier sarclage du mil (tableau 6.10). Pendant cette période, les besoins totaux en main-d'oeuvre sont pour le scénario-R, de 4 100 personnes (équivalent-adulte en année de travail humain) contre 11 100 personnes pour le scénario-S. Le reste des ressources en main-d'oeuvre, soit 9 500 personnes (scénario-R) et 2 500 personnes (scénario-S) est absorbé par le secteur élevage.

Ces chiffres indiquent déjà que le Séno Mango est une zone agro-écologique essentiellement pastorale dans les deux scénarios. En effet, il occupe la cinquième place en ce qui concerne la taille des troupeaux pendant la saison sèche. Le cheptel compte 84 000 UBT dans le scénario-R et 76 000 UBT dans le scénario-S. La distribution par espèces diffère dans les deux scénarios du fait des intrants en main-d'oeuvre différents pour les diverses activités de culture. Dans le scénario-R, une plus grande main-d'oeuvre est requise pour l'élevage, ce qui fait que les activités d'élevage des petits ruminants qui sont, non seulement plus profitables, mais absorbent également une plus grande main-d'oeuvre, sont sélectionnées. Dans ce

scénario la distribution bovins-moutons-chèvres est de 27-73-0% contre 98-2-0% dans le scénario-S. La productivité moyenne en termes de production de viande est en conséquence plus élevée dans le scénario-R: 66 kg UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> contre 42 kg UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. La productivité en termes de production laitière au contraire est moins élevée dans le scénario-R: 25 kg UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> contre 34 kg UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> dans le scénario-S.

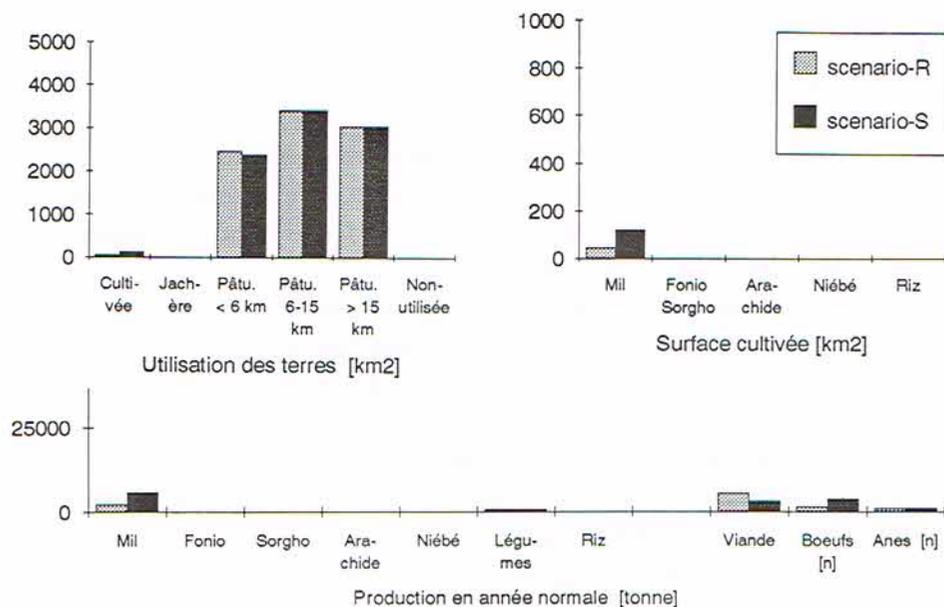


Figure 6.8. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Séno Mango et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

### 6.3.8 Gourma

Le Gourma, qui a une superficie identique à celle du Séno Mango, a une plus grande population: 95 000 habitants contre 21 000 au Séno Mango. La fraction de territoire potentiellement disponible pour les cultures est cependant bien plus petite qu'au Séno Mango. Un petit peu moins d'un quart de cette surface est situé dans un cercle de rayon de 6 km autour d'un point d'eau permanent.

Ces caractéristiques ont deux conséquences pour cette zone agro-écologique. D'une part, la fraction de terres potentiellement cultivables et qui est effectivement utilisée pour des activités de culture est plus grande. Dans le scénario-R, elle est de

16% (y compris la jachère), contre 19% dans le scénario-S. D'autre part, la terre est plus rare (et les rendements par hectare sont bas du fait des conditions climatiques) de sorte qu'il y a tendance à sélectionner l'émigration. Dans le scénario-R, 53 000 personnes (56% de la population originaire de la zone agro-écologique) quittent effectivement la Région; dans le scénario-S, qui pose des restrictions plus sévères en matière d'émigration, le nombre d'émigrants est encore de 43 000 personnes.

Cela laisse encore 42 000 et 52 000 personnes à nourrir respectivement dans le scénario-R et le scénario-S. La nécessité de satisfaire, tout au moins en partie, les besoins en grains pour l'autoconsommation de cette population, exclut toute possibilité pour le Gourma de suivre sa vocation essentiellement pastorale, bien que cette dernière puisse présenter un intérêt certain du point de vue du revenu financier. Les restrictions d'objectif quant au déficit régional total en grains et à la somme des déficits en grains des zones agro-écologiques dans une année sèche, exigent cependant qu'un effort considérable soit fait en faveur des activités de culture. En fait, dans les deux scénarios, le Gourma est, par ordre d'importance, le cinquième producteur de grains de toutes les zones agro-écologiques, avec une production en année normale de 9 600 tonnes, soit 4.7% de la production totale de grains de la Région dans le scénario-R, et 14 500 tonnes, soit 4.3% de cette même production totale dans le scénario-S.

Un peu de sorgho y est cultivé, de même que quelques cultures maraîchères, mais la production principale est constituée par la culture du mil. La technique de production principalement appliquée est la technique semi-intensive, sur 95% de la superficie dans le scénario-R et sur 80% dans le scénario-S, et tout le fumier disponible est utilisé. La production de fumier disponible est de 32 000 tonnes de matière sèche dans le scénario-R et de 44 000 tonnes dans le scénario-S.

Le même mécanisme joue en ce qui concerne l'intensification, comme noté dans certaines autres zones agro-écologiques (par exemple le Sourou, sous-section 6.3.2), c'est-à-dire qu'un niveau plus élevé d'intensification des cultures est appliqué dans le scénario-S. Dans ce dernier scénario, 1 900 ha, soit 7% de la superficie totale en mil, sont cultivés en utilisant les techniques de production intensives (le scénario-R ne comprend pas de culture intensive du mil). Ces 7% représentent 60% de la production de mil de la zone agro-écologique. Dans le scénario-S, une moyenne de 13 kg N, de 0.7 kg P, et de 3 kg K ainsi que de 1 550 kg de fumier par hectare sont applicables à la culture du mil. Les intrants financiers, coûts des engrais compris, représentent une moyenne de 11 500 FCFA ha<sup>-1</sup>. Le rendement moyen dans une année normale est de 520 kg ha<sup>-1</sup>, représentant une valeur de 28 600 FCFA; dans une année sèche, ce rendement s'élève à 240 kg ha<sup>-1</sup> représentant une valeur d'au moins 13 200 FCFA.

Etant donné la superficie assez importante soumise à une technique de production semi-intensive, il est nécessaire de garder un nombre considérable de boeufs. Dans le scénario-R, le nombre disponible doit être de 6 100 contre 9 200 dans le scénario-S. L'objectif de production en ce qui concerne l'élevage du bétail est essentiellement, pour ne pas dire presque exclusivement, le boeuf de trait. Les petits ruminants sont présents avec un menu minimal dans le scénario-S et avec un meilleur menu dans le scénario-R. Par conséquent, une production plus élevée de viande et de lait est atteinte dans le scénario-R malgré la petite taille du troupeau: 57 000 UBT contre 68 000 UBT. Les niveaux de production annuels sont de 4 300 tonnes de viande dans le scénario-R contre 3 700 tonnes dans le scénario-S, et en ce qui concerne le lait, de 3 400 tonnes dans le scénario-R contre 1 300 tonnes dans le scénario-S.

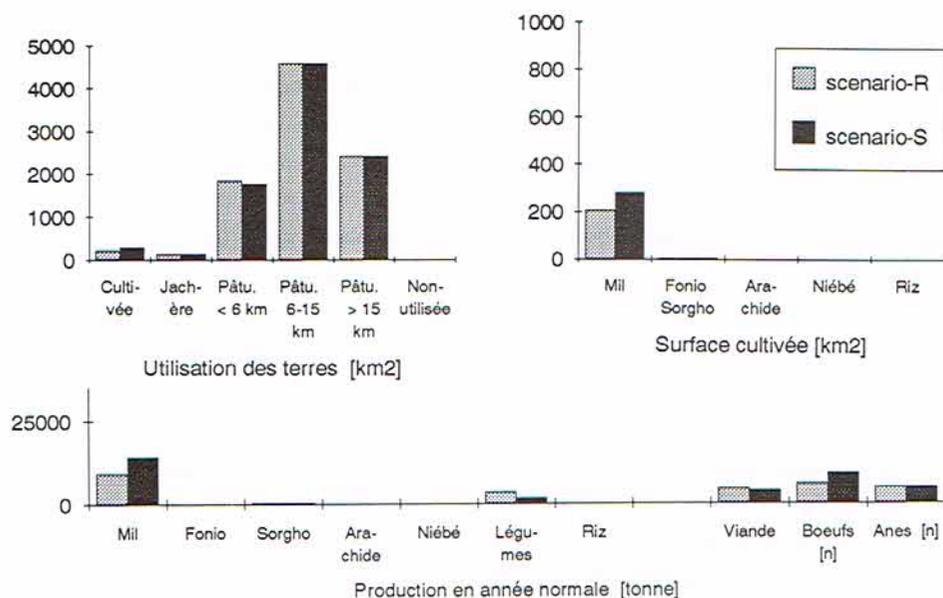


Figure 6.9. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Gourma et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

### 6.3.9 Bodara

La zone agro-écologique du Bodara est située dans la plus sèche des quatre zones pluviométriques de la Région. Cette position se reflète à la fois dans les rendements des cultures et dans la production des pâturages.

Pendant la saison sèche en année normale, 90 000 tonnes de fourrage seulement sont disponibles en provenance des pâturages naturels, plus environ 3 500 tonnes provenant des résidus de récolte; la plupart du temps, la qualité est pauvre ou modérée. Pendant les années sèches, la qualité moyenne du fourrage disponible est plus élevée, mais la disponibilité totale n'est que de 53 000 tonnes. Le nombre d'animaux pouvant être maintenus est fonction de la restriction d'objectif concernant le nombre d'animaux menacés autorisé dans une année sèche. Dans le scénario-S, représentant une attitude tendant à éviter les risques, aucun animal menacé n'est accepté dans cette zone agro-écologique. Le résultat en est un troupeau de 22 000 UBT exclusivement composé de petits ruminants et de quelques ânes. Dans le scénario-R, le taille du troupeau représente 40 000 UBT, mais pour 16 000 UBT l'approvisionnement local en fourrage est insuffisant pendant les années sèches. Autrement dit, le prix à payer dans le scénario-R pour 1 100 tonnes de poids vif de viande supplémentaires par an représente approximativement 375 millions de FCFA en année normale, c'est-à-dire que 40% du cheptel est menacé dans une année sèche.

Dans le scénario-R au contraire, le bétail est élevé mais la taille du troupeau est cependant maintenue dans certaines limites. L'objectif de production primaire est le boeuf de trait. Au total 1 600 boeufs sont gardés pour permettre la pratique d'une technique de production intensive pour la culture du mil. Dans le scénario-S, cette possibilité est exclue et la technique de production appliquée au mil est uniquement une technique extensive. Pour compenser les rendements de ce fait moins élevés ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  dans une année normale contre  $270 \text{ kg ha}^{-1}$  dans le scénario-R), une plus grande superficie est cultivée (6 600 contre 4 800 ha). La production annuelle totale de mil obtenue dans le scénario-S, et qui s'élève à 1 000 tonnes au cours d'une année normale, est cependant substantiellement moins élevée que celle de 1 300 tonnes obtenue dans le scénario-R. Mais dans les deux cas, elle est néanmoins insuffisante pour couvrir les besoins d'autoconsommation de la population, qui sont de 5 000 tonnes d'équivalents-mil. Dans les années sèches les déficits en grains seront encore plus considérables étant donné qu'il faut s'attendre à des échecs complets des tentatives de culture effectuées sur les types de sols de cette zone agro-écologique du nord.

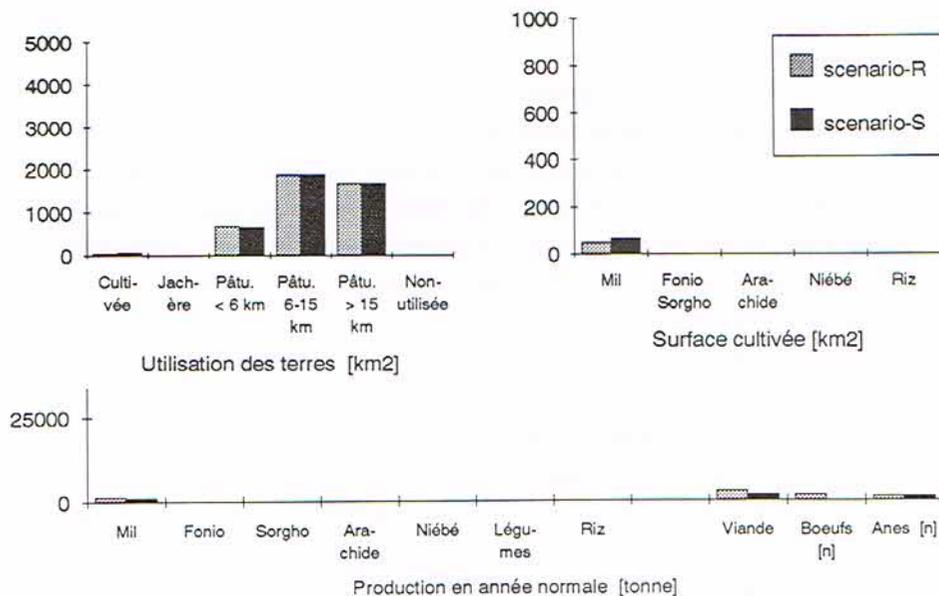


Figure 6.10. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Bodara et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

### 6.3.10 Zone Lacustre

La Zone Lacustre, située dans la partie la plus au nord de la zone deltaïque, en est la seconde zone agro-écologique en ce qui concerne la superficie: 9 920 km<sup>2</sup>. Elle en est également la plus peuplée: 185 000 habitants. Lors d'une crue normale, 24% de sa surface sont inondées pendant une partie de l'année.

A cet égard, la Zone Lacustre présente des points communs avec le Delta Central, bien que cette dernière, tant du point de vue de la superficie totale (15 190 km<sup>2</sup>) que de celui de la superficie inondée (77%), soit considérablement plus grande. La disponibilité en fourrage en provenance des pâturages naturels pendant la saison sèche est en conséquence considérablement moins élevée. Avec ses 425 000 tonnes (scénario-R) et ses 335 000 tonnes (scénario-S), elle représente approximativement le quart ou le cinquième de celle du Delta Central. Le nombre de bêtes pouvant être maintenues pendant la saison sèche est proportionnellement

moins élevé: dans le scénario-R, il est de 188 000 UBT et dans le scénario-S, il atteint 144 000 UBT. Il n'en demeure pas moins que, dans le scénario-R, la Zone Lacustre occupe le deuxième rang par rapport à toutes les autres zones agro-écologiques, en ce qui concerne la taille du troupeau pendant la saison sèche; dans le scénario-S, elle occupe le quatrième rang.

Comme la faible production des pâturages le prouve déjà, davantage de terres sont utilisées dans le scénario-S pour la culture, spécialement pour la jachère. Dans ce scénario, la restriction d'objectif pour la production rizicole de la Région dans son ensemble est fixée à 42 000 tonnes, résultant en une superficie de 7 600 ha cultivée en riz dans la Zone Lacustre. Dans le scénario-R, la superficie cultivée en riz dans cette zone agro-écologique est limitée à 600 ha.

En outre, pour satisfaire les restrictions d'objectif et les déficits en grains d'une année sèche, davantage de terres sont utilisées dans le scénario-S pour la culture du mil. Etant donné que le fumier est rare dans ce scénario (tableau 6.10), la durabilité doit être généralement assurée par la jachère. Dans le scénario-R où la disponibilité en fumier est plus élevée, la jachère est moins nécessaire. Le résultat en est que la superficie totale devant être mise en jachère dans le scénario-S est de 1 214 contre 148 km<sup>2</sup> dans le scénario-R. Le ratio jachères/terres cultivées est de 2.4 ha ha<sup>-1</sup> dans le scénario-S et de 0.4 ha ha<sup>-1</sup> dans le scénario-R. Ceci contribue également à la production fourragère plus élevée apparaissant dans le scénario-R, étant donné que les terres en jachère ont une productivité de 50% inférieure à celle des pâturages naturelles en termes de fourrage consommable.

Dans les deux scénarios, 1 700 ha sont utilisés pour la culture du sorgho de décrue en utilisant des techniques de production extensives. Avec le Gourma (400 ha), la Zone Lacustre est la seule zone agro-écologique où une culture de décrue d'importance est pratiquée.

Finalement, dans les deux scénarios, la production maraîchère, avec ses 600 ha, n'est pas négligeable.

Le mil, le riz et le sorgho fournissent 9 500 tonnes (scénario-R) ou 14 300 tonnes (scénario-S) de grains dans une année normale et 3 400 tonnes (scénario-R) ou 4 400 tonnes (scénario-S) dans une année sèche. Ces niveaux de production sont bien inférieurs aux besoins de l'autoconsommation qui sont estimés à 42 000 tonnes d'équivalents-mil par an. En conséquence, la Zone Lacustre est, par ordre d'importance, la seconde pour l'importation de grains, après le Delta Central.

En ce qui concerne la production animale, la situation est de beaucoup plus favorable. Elle produit 17 000 tonnes de viande, soit 14% de la production totale dans le scénario-R, et 10 000 tonnes, soit 12% dans le scénario-S. En termes de revenu financier, ces productions représentent 4.6 milliards de FCFA (scénario-R)

ou 2.3 milliards de FCFA (scénario-S) de produits commercialisés. La production laitière est de 0.9 litre (scénario-R) et de 1 litre (scénario-S) par personne et par semaine.

La production halieutique, enfin, représente 31 000 tonnes de poisson frais pendant une année normale et 18 000 tonnes pendant une année sèche. Après déduction de l'autoconsommation, ceci représente un produit commercialisé en année normale d'une valeur de 7.1 milliards de FCFA. Dans cette zone agro-écologique, les intrants financiers dans les pêches représentent 2.3 milliards de FCFA environ, de sorte que le revenu brut atteint est d'environ 4.8 milliards de FCFA. La pêche est, dans les deux scénarios, l'occupation principale des habitants de cette zone agro-écologique. Dans le scénario-R, 45% du temps de travail est consacré à la pêche, 40% à l'élevage et 15% à la culture; dans le scénario-S ces pourcentages sont respectivement de 57, de 26 et de 17%.

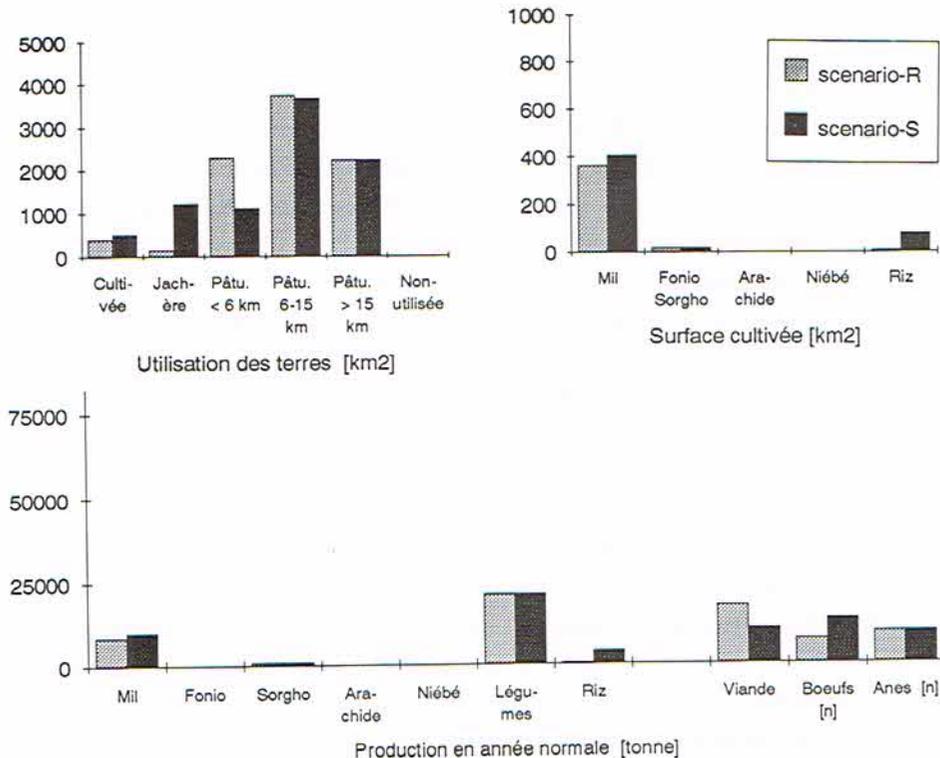


Figure 6.11. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans la Zone Lacustre et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

## 6.3.11 Hodh

Moins de 1% de la population totale de la Région réside dans la zone agro-écologique du Hodh. Le mode d'utilisation des terres dans ce territoire est assez similaire à celui du Bodara: culture du mil, 1 500 ha en culture semi-intensive dans le scénario-R et 3 300 ha en culture extensive dans le scénario-S, vu l'absence de boeufs dans ce scénario. Dans ce dernier scénario également, la durabilité peut y être réalisée en appliquant du fumier, ce qui n'est pas le cas pour le Bodara. Les 12 000 UBT produisent 8 000 tonnes de fumier, dont 3 000 tonnes sont utilisés pour la culture et 2 200 servent de combustible.

Avec ses 26 000 UBT, le nombre d'animaux est plus élevé dans le scénario-R, mais pour la moitié de cette population animale, il n'y a pas suffisamment de fourrage dans une année sèche.

Dans le Hodh, comme dans le Bodara, il n'y a pas de production de grains pendant une année sèche.

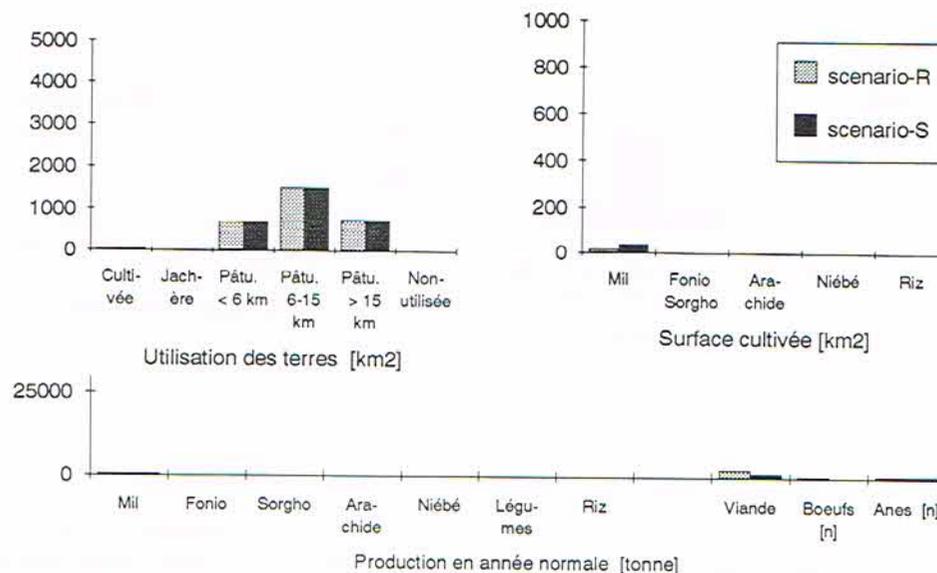


Figure 6.12. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Hodh et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

## 6.3.12 Méma Sourango

Le Méma Sourango est la moins peuplée de toutes les zones agro-écologiques. Le principal goulot d'étranglement en ce qui concerne l'exploitation des terres est la rareté de l'eau. 16% seulement des 3 100 km<sup>2</sup> disponibles sont situés à une distance de 6 km d'un point d'eau permanent; c'est le pourcentage le plus bas de toutes les zones agro-écologiques.

Dans les deux scénarios, l'utilisation des terres du Méma Dioura est purement pastorale. Le nombre d'animaux pouvant être maintenus dans ces conditions de spécialisation extrême est de 23 000 UBT. Il y a suffisamment de fourrage en provenance des pâturages pour nourrir ces animaux aussi bien en année normale qu'en année sèche. Le facteur limitant l'expansion des activités d'élevage est la disponibilité en main-d'oeuvre (tableau 6.10). Ce manque est dû à la population peu étendue du fait de la rareté de l'eau dans cette zone agro-écologique.

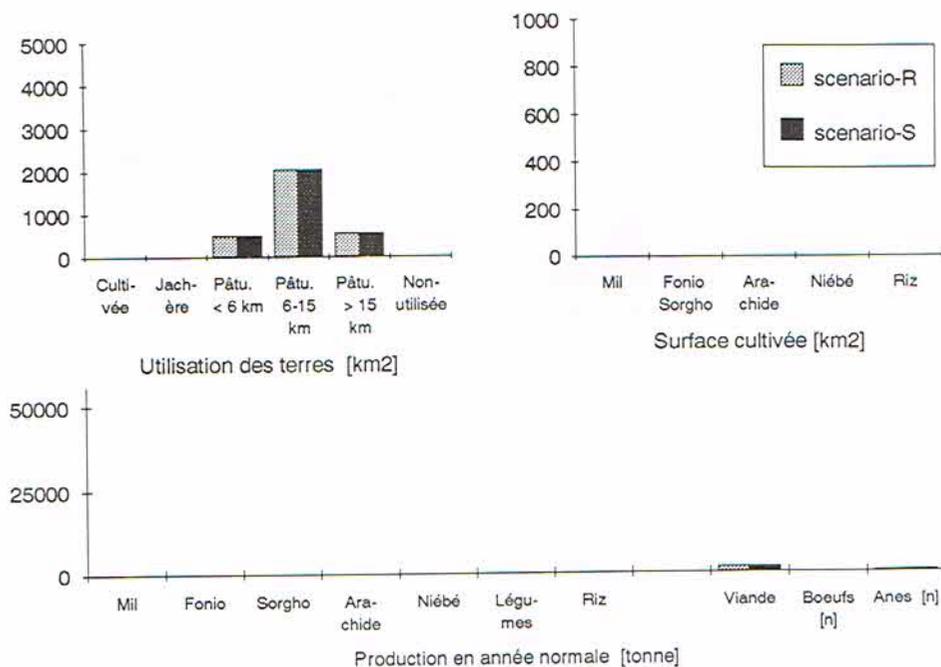


Figure 6.13. Utilisation des terres totales et des terres cultivées ainsi que la production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale, dans le Méma Sourango et pour les deux scénarios de base [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

## 6.4 Variantes

Lors de la formulation des deux scénarios de base présentés dans les sous-sections précédentes, il a fallu effectuer un choix quant aux valeurs numériques des coefficients et des paramètres. Ces choix ont été basés, dans toute la mesure du possible, sur des observations, des résultats de simulations et des considérations théoriques; pour des raisons diverses cependant, ces choix sont arbitraires, et le seront toujours. L'un peut être influencé par l'incertitude inhérente aux coefficients de production, tels ceux des activités d'élevage (sous-section 6.4.4), un autre par une interprétation plus ou moins exacte des concepts clés de cette étude, par exemple la situation des pâturages pendant les périodes que l'on a appelé "les années sèches" et "les années normales" (sous-section 6.4.5).

Par ailleurs, ceux des coefficients qui sont influencés par des mesures politiques, telles que les impôts, les subventions et les prix, resteront toujours contestables. La supposition qu'ils restent invariables, comme c'est souvent le cas dans les scénarios de base, ne donne pas toujours satisfaction dans une étude dont les résultats pourraient servir de base à la définition de ces politiques. On peut également s'intéresser aux effets potentiels des moyens d'intervention de ces politiques, en ce qui concerne par exemple les prix des extrants, ou ceux des intrants importants tels que les engrais. Certains de ces effets sont examinés dans les sous-sections 6.4.2 et 6.4.3.

Enfin, on peut contester certains choix normatifs, tel par exemple celui de l'opportunité de réserver une partie de la zone deltaïque à la protection de la vie sauvage (sous-section 6.4.1). Il n'est de toute évidence pas possible d'utiliser le modèle-PL et son analyse, pour se prononcer sur une telle opportunité; les relations entre objectifs peuvent cependant être de ce fait mieux comprises.

Dans cette étude, les modifications apportées aux scénarios de base ont été appelées "variantes". Ces dernières ont été numérotées et le numéro est associé au scénario considéré: par exemple, scénario Rx = variante x du scénario de base R ainsi que par analogie, scénario Sx = variante x du scénario de base S. Il est possible de construire un grand nombre de variantes, mais par manque de temps, et/ou de données, cette étude n'en présentera que cinq plus ou moins détaillée. Dans la sous-section 6.4.6., quelques autres variantes possibles seront rapidement discutées.

#### 6.4.1. Variante 1: création de réserves naturelles dans la zone deltaïque

Dans ses "Etudes du Sahel", l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses ressources a formulé une recommandation d'action prioritaire en faveur de régions protégées, nous citons:

"Etablir un réseau de régions protégées dans les plaines inondées du Niger, autour du lac Debo, du Lac Horo et du Lac Séri. Cette plaine inondée est la plus étendue de l'Afrique de l'Ouest et elle est un habitat important pour les lamantins, les phacochères et de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs" (IUCN, 1989: p. 102).

Les Lacs Debo et Séri sont situés dans la 5e Région du Mali, plus exactement dans la zone agro-écologique du Delta Central. Les zones impliquées comprennent le "site de Walado", d'une superficie de 2 031 km<sup>2</sup> au nord de la zone agro-écologique et incluant le lac Debo, et le "site de Séri" dans le centre-ouest du Delta Central et d'une superficie de 400 km<sup>2</sup>.

Cette sous-section examinera l'impact sur la production et sur le produit financier de la Région engendré par une décision de réserver ces superficies à la protection de la nature. Dans ce but il faut connaître les types de sol impliqués. Sur la base de cartes fournies par l'IUCN (IUCN, 1989a, 1989b) et de l'atlas PIRT (PIRT 1983), nous avons évalué les types de sol et les superficies suivantes:

- type de sol	E1b	superficie [km <sup>2</sup> ):	601
	E2b		300
	F1		86
	G		229
- eaux permanentes de surface			215
Total			1 431

Lors de l'analyse, il a été supposé qu'une protection de la vie sauvage implique essentiellement une exclusion de toutes activités agricoles (y compris la pêche) dans les zones protégées.

Il est maintenant relativement facile d'examiner l'impact de la création de ces deux réserves sur la réalisation des objectifs dans le modèle d'optimisation. Les résultats sont présentés au tableau 6.15, les désignations scénario-R1 et scénario-S1 se référant à la variante 1 des deux scénarios de base étudiés dans cette sous-section. La ligne en gras se réfère à la variable-objectif optimisée. Le signe "-" signifie "néant"; le signe "0" désigne une valeur inférieure à la moitié de l'unité choisie (valeur négligable, trace).

Tableau 6.15. Effets de la création d'une réserve naturelle dans la zone deltaïque sur les valeurs des variables-objectifs et les différences avec les scénarios de base (R1-R et S1-S).

	R1-scénario		S1-scénario	
	Valeur objectif	Différence avec le scénario de base	Valeur objectif	Différence avec le scénario de base
PRODUCTION EN ANNEE NORMALE [1 000 tonne]				
1. Mil, sorgho & fonio	160	-	280	-2.1
2. Riz	29	-	42	-
3. Produits des cultures commercialisée	45	-0.0	85	-15.3
4. Viande totale	123	-1.5	75	-11.6
5. Viande bovine	60	-5.8	34	-22.0
6. Lait	213	-15.1	204	-
7. Animaux [1 000 UBT]	1 717	-45	1 320	-171
OBJECTIF MONETAIRE EN ANNEE NORMALE [10 <sup>9</sup> FCFA]				
8. Revenu brut des cultures, l'élevage & pêche	64.6	-2.1	26.9	-5.5
9. Intr. monétaire-culture	6.0	0.0	15.0	-
10. Intr. monétaire-élevage	2.2	-0.1	1.3	-0.3
11. Intr. monétaire-culture, élevage & pêche	14.5	-0.7	22.6	-1.0
PRODUCTION [1 000 tonne], DEFICIT ET RISQUE EN ANNEE SECHE				
12. Mil, sorgho & fonio	82	0.3	151	-0.3
13. Riz	10	-	12	0.2
14. Produit des cultures	190	0.3	222	-13.4
15. Déficit régional grains <sup>a</sup>	140	-0.3	110	-
16. Somme déficits grains <sup>a</sup> des ZAE <sup>b</sup>	150	-	130	-
17. Nombre d'animaux à risque [1 000 UBT]	400	-	100	-
DIVERS				
18. Emploi [1 000 ath]	334	-2.2	336	-
19. Emigration [1 000 personnes]	250	-	50	-

<sup>a</sup>) [1 000 tonne équivalents-mil].

<sup>b</sup>) ZAE: zone agro-écologique.

-: sans différence.

0: moins de la moitié de l'unité.

Les effets sur les valeurs des variables-objectifs sont de toute évidence différents pour les deux scénarios, c'est-à-dire que l'impact dans le scénario-S est plus grand que celui observé dans le scénario-R, les exigences du premier étant beaucoup plus nombreuses que celles du second. Dans le scénario-S, la création d'une réserve naturelle engendre une diminution du revenu brut (ou monétaire) annuel de 5.5 milliards de FCFA (équivalant à 18 millions de US\$, le taux de change étant de 300 FCFA pour 1 US\$), tandis que dans le scénario-R ce produit ne représente que 2.1 milliards de FCFA (= 7 millions de US\$).

Pour pouvoir effectuer une évaluation correcte de ces résultats, il faut définir les limites de cette analyse. Tout d'abord, cette étude n'a considéré que l'impact, par définition négatif, sur l'agriculture. La création de réserves naturelles aura des effets positifs dans d'autres secteurs, tant en termes de produit financier (tourisme), qu'en ce qui concerne l'emploi (gestion). Ensuite, comme indiqué au tableau 6.16, l'impact final est sensible aux suppositions formulées quant aux activités de pêche; il a été supposé, en effet, dans cette analyse que les captures subissent une diminution qui est proportionnelle à la réduction de la superficie inondée du fait de la création de ces réserves (9%). Peut-être est-ce une surestimation, vu l'effet de réserve de pêche et vu la mobilité des poissons, mais jusqu'à quel point?

Pour chaque scénario, le tableau 6.16 indique la répartition de cette baisse du produit monétaire de la Région.

Les captures de poisson, en année normale, ont été évaluées comme étant inférieures de 8 300 à 8 500 tonnes, ce qui représente 2.3 milliards de FCFA environ. Cependant, les intrants monétaires de la pêche ont également été réduits de 670 millions de FCFA environ, de sorte que la perte en produit financier provenant de la pêche oscille entre 1.6 et 1.7 milliards de FCFA, représentant, dans le scénario-R1, la plus grande part de la diminution totale du produit financier. Dans le scénario-S1 par contre, ce sont les activités d'élevage qui constituent les pertes en produit financier les plus importantes. La réduction de la superficie des pâturages de saison sèche dans le Delta Central entraîne une diminution de la population animale de 698 000 à 539 000 UBT.

Dans le scénario-R1, la Zone Lacustre sert de lieu alternatif de rassemblement au bétail migrant pendant la saison sèche. Dans le scénario-S1 cette alternative est impossible du fait de restrictions additionnelles. Dans ce scénario, la production totale annuelle de viande est considérablement plus basse que dans le scénario-S, à savoir 12 000 tonnes de poids vif, soit une diminution de valeur de la viande commercialisée de 3.4 milliards de FCFA. En ce qui concerne les troupeaux du scé-

Tableau 6.16. Effet de la création d'une réserve de naturelle dans la zone deltaïque sur le revenu monétaire en année normale et les différences avec le scénario-R de base (R1-R) et celles avec le scénario-S de base (S1-S).

SOURCE	(1) Perte de la production, produit commercialisée		(2) Réduction en intrants monétaires	(1)-(2) Perte en revenu monétaire
	[tonne]	[10 <sup>9</sup> FCFA]	[10 <sup>9</sup> FCFA]	[10 <sup>9</sup> FCFA]
<b>R1-R</b>				
CULTURES				
mil	314	17		
sorgho	-	-		
fonio	3	0		
arachide	-97	-7		
niébé	-	-		
cultures maraichères	-	-		
riz	-257	-18		
<i>Total partiel</i>	-8	-18	10	
ELEVAGE				
viande totale	1 847	511	51	460
lait <sup>a</sup>	15 083	-		
PECHE	8 310	2 285	669	1 616
<i>Total</i>		2 788	702	2 086
<b>S1-S</b>				
CULTURES				
mil	1 846	102		
fonio	-	-		
sorgho	-	-		
arachide	-	-		
niébé	-78	-6		
cultures maraichères	13 380	648		
riz	184	13		
<i>Total partiel</i>	757	-	757	
ELEVAGE				
viande totale	11 668	3 430	317	3 113
lait <sup>a</sup>	-	-		
PECHE	8 490	2 435	663	1 672
<i>Total</i>		6 522	980	5 542

<sup>a</sup>) pas commercialisable.

- : sans différence.

0 : moins de la moitié de l'unité.

nario-S1, l'effet de la diminution de l'extrait total de viande bovine est légèrement atténué par l'apport important des petits ruminants dont la viande se vend à un meilleur prix que celle du boeuf (tableau 6.15 ligne 4 et 5).

La production des cultures est à peine affectée par la création, d'une réserve dans le Delta Central, mis à part un transfert de cultures maraîchères dans la Zone Lacustre, c'est-à-dire de la culture des échalotes vers celle des autres cultures maraîchères. Lors de l'évaluation des exigences conflictuelles, il a été observé que la qualité élevée des résidus de récolte pouvant être ainsi utilisés comme fourrage compense les rendements élevés des échalotes.

#### *6.4.2 Variante 2: réduction du prix des engrais de 50%*

Dans la sous-section 6.2.5, est étudiée l'intensité des applications d'engrais dans les deux scénarios de base. Il a été démontré que le niveau d'intensification dans le scénario-S est beaucoup plus élevé que dans le scénario-R. Ces résultats sont basés sur les prix des engrais commercialisés dans la région (450 FCFA kg<sup>-1</sup> pour N et K ainsi que 1 250 FCFA kg<sup>-1</sup> pour P, tous trois sous leur forme élémentaire).

Une subvention des engrais chimiques dans le but d'accroître la production des cultures, est souvent considérée comme un instrument politique approprié. Pour examiner les conséquences possibles d'une telle politique, une variante a été créée représentant une utilisation optimale des terres en termes de maximalisation du revenu brut, dans le cas où le prix des engrais payé par le paysan serait réduit de moitié.

De même que les deux scénarios de base ont des niveaux d'intensification différents, de même l'effet des prix d'engrais moins élevés est différent selon le scénario considéré. Dans le scénario-R2 (= scénario-R où le prix de l'engrais est inférieur de 50%), le résultat est une augmentation de la quantité totale des engrais utilisés de trois à six fois plus élevée, tandis que dans le scénario-S2 l'augmentation varie de 25 à 50%, en fonction de l'élément nutritif impliqué (voir tableau 6.17). Mais même là, l'utilisation de N dans le scénario-R2 est tout de même moins élevée que dans le scénario-S. Il n'en est pas de même pour les deux autres éléments nutritifs, à savoir P et K. C'est tout particulièrement l'utilisation accrue de P et de K dans le scénario-R2 - due surtout à l'introduction des cultures fourragères - qui est remarquable.

Tableau 6.17. Utilisation des engrais minéraux dans les deux scénarios de base et celle après une réduction de 50% du prix (R2 et S2).

	UTILISATION DES ENGRAIS			
	R	R2	S	S2
QUANTITE [tonne]				
N	5 181	13 084	13 161	16 212
P	305	1 807	1 457	2 192
K	1 586	7 835	7 275	10 111
VALEUR [10 <sup>9</sup> FCFA]				
N		5.9		7.3
P		2.3		2.7
K		3.5		4.6
Total		11.7		14.5
Subvention hypothétique [10 <sup>9</sup> FCFA]		5.8		7.3
Augmentation du revenu brut (R2-R et S2-S) [10 <sup>9</sup> FCFA]		2.7		9.0
S2-(S+sans limite sur les intrants-culture)				6.6

Les valeurs des variables-objectifs de cette variante ont été reproduites sous forme standard dans le tableau 6.18. Ce tableau illustre clairement que les deux scénarios sont affectés, mais d'une manière très divergente. Le scénario-R2 indique une augmentation importante de la production de grains, tandis que dans le scénario-S2, le total de la production des cultures dénote une augmentation beaucoup plus modérée. Dans ce dernier scénario, il est même question d'une baisse de la production de mil, cette baisse étant cependant largement compensée par l'introduction du sorgho et de l'arachide et par un transfert de culture des autres cultures maraîchères à celle des échalotes. Dans les deux scénarios de cette variante, plus particulièrement cependant dans le scénario-S2, les cultures sont plus diversifiées: fonio dans scénario-R2, sorgho dans le scénario-S2, arachide, niébé et cultures fourragères dans les deux scénarios, le petit pourcentage obtenu pour chacun contribuant cependant dans l'ensemble à la production totale des cultures (tableau 6.19; figure 6.14).

La production de grain plus élevée dans le scénario-R2 se reflète dans le déficit considérablement moins élevé de la production de grain pendant les années sèches (tableau 6.18, ligne 15). En fait, à l'exception de la production laitière, toutes les variables-objectifs atteignent de meilleures valeurs dans ce scénario.

Tableau 6.18. Effet de la réduction de 50% du prix des engrais sur les valeurs des variables-objectifs et les différences avec les scénarios de base (R2-R et S2-S).

	R2-scénario		S2-scénario	
	Valeur objectif	Différence avec le scénario	Valeur objectif	Différence avec le scénario
<b>PRODUCTION EN ANNEE NORMALE [1 000 tonne]</b>				
1. Mil, sorgho & fonio	239	78.6	278	-4.7
2. Riz	29	-	42	-
3. Produit des cultures commercialisée	129	83.7	141	40.1
4. Viande totale	130	5.3	99	12.4
5. Viande bovine	63	-3.5	57	1.0
6. Lait	217	-11.2	204	-
7. Animaux [1 000 UBT]	1 789	27	1 502	11
<b>OBJECTIF MONETAIRE EN ANNEE NORMALE [10<sup>9</sup> FCFA]</b>				
8. Revenu brut of cultures, élevage & pêche	69.4	2.7	41.5	9.0
9. Intr. monétaire-culture	9.9	3.9	11.9	-3.1
10. Intr. monétaire-élevage	2.3	0.0	2.0	0.3
11. Intr. monétaire-culture, élevage & pêche	19.2	4.0	20.8	-2.8
<b>PRODUCTION [1 000 tonne], DEFICIT ET RISQUE EN ANNEE SECHE</b>				
12. Mil, sorgho & fonio	124	42.3	148	-3.4
13. Riz	10	-	13	0.4
14. Produit des cultures	236	45.8	265	30.2
15. Déficit régional grains <sup>a</sup>	95	-46.2	109	-0.7
16. Somme déficits grains <sup>a</sup> des ZAE <sup>b</sup>	150	-	130	-
17. Nombre d'animaux à risque [1 000 UBT]	400	-	100	-
<b>DIVERS</b>				
18. Emploi [1 000 ath]	353	17.0	336	-
19. Emigration [1 000 personnes]	250	-	50	-

<sup>a</sup>) [1 000 tonne équivalents-mil].

<sup>b</sup>) ZAE: zone agro-écologique.

-: sans différence.

0: moins de la moitié de l'unité.

Tableau 6.19. Répartition des cultures [% des poids] en année normale dans les deux scénarios de bases et celle avec une réduction de 50% du prix des engrais (R2 et S2).

CULTURE	REPARTITION DES PRODUCTIONS			
	R	R2	S	S2
Mil	53	55	70	58
Sorgho	0	-	-	3
Fonio	0	1	0	0
Arachide	5	3	-	3
Niébé	-	2	3	3
Echalote <sup>a</sup>	26	18	5	17
Autres cultures maraichères <sup>a</sup>	6	4	11	4
Riz	9	7	10	9
Cultures fourragères	-	10	-	4
<i>Total</i>	100	100	100	100
<i>Total absolu [1 000 tonne]</i>	300	427	402	478

<sup>a</sup>) matière verte.

0: moins de la moitié de l'unité.

-: valeur nulle.

Les coûts impliqués sont présentés au tableau 6.17. Dans ce scénario, la valeur sur le marché du montant total des engrais minéraux est de 11.7 milliards de FCFA.

Lorsqu'un fermier est confronté à des prix inférieurs de moitié aux prix effectifs du marché, les subventions représentent 5.8 milliards de FCFA par an. L'augmentation du produit régional brut est de 2.7 milliards de FCFA par an, d'où un déficit de 3.1 milliards de FCFA qui peut être considéré comme représentant le coût, pour la Région, de l'obtention de meilleures valeurs de variables-objectifs (voir les deux premières colonnes du tableau 6.18).

Un calcul identique peut être effectué pour le scénario-S2. A première vue, une réduction des prix des engrais de 50% semble engendrer un profit net. Ce résultat ne reflète cependant pas la réalité, parce que le scénario de base S contient une restriction effective appliquée aux intrants monétaires totaux des cultures (tableau 6.1. ligne 9). Autrement dit, les bénéfices monétaires résultant d'une intensification supplémentaire (si elle est permise) compensent le coût des engrais, même s'ils sont achetés au prix du marché.

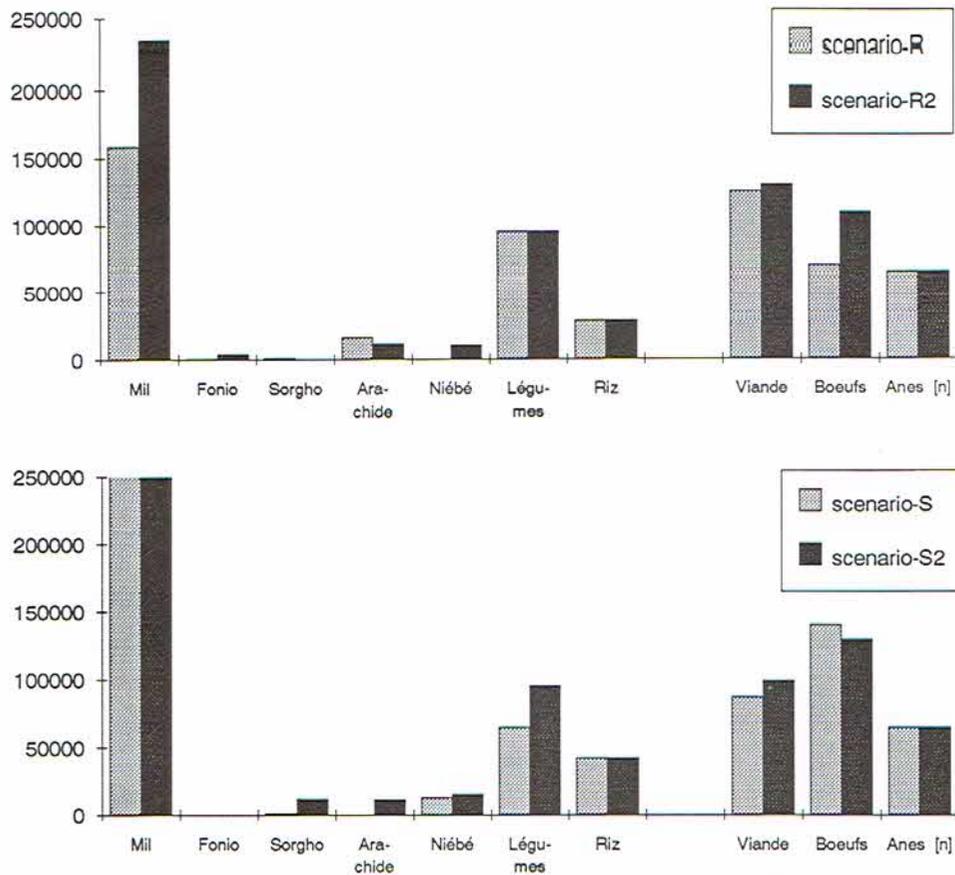


Figure 6.14. Production totale des diverses denrées alimentaires au cours d'une année normale dans la Région pour les quatre scénarios R, R2, S et S2 [tonne de matière sèche; légumes: poids de matière verte; boeufs et ânes: nombre].

Pour pouvoir évaluer exactement le coût net des subventions accordées aux engrais, il faut comparer les dépenses (7.3 milliards de FCFA, tableau 6.17) avec l'augmentation du produit monétaire dans le scénario-S2 par rapport au scénario-S, sans appliquer de restriction aux intrants monétaires des cultures. Dans ce cas (tableau 6.17, dernière ligne), les coûts semblent alors s'élever à  $7.3 - 6.6 = 0.7$  milliards de FCFA. Cette somme est nettement inférieure à celle calculée dans le scénario-R2; mais les avantages obtenus quant aux autres objectifs ne sont pas tellement impressionnants non plus (voir les deux dernières colonnes du tableau 6.18).

Finalement, le tableau 6.20 présente une distribution de la superficie cultivée,

selon les cultures et les niveaux d'intensification. Comme mentionné précédemment, une subvention des engrais favorise l'intensification (dans le scénario-R particulièrement) et la diversification des cultures (scénario-S).

En outre, à ce niveau de prix des engrais, les cultures fourragères deviennent rentables, notamment celle du niébé fourrager; la culture du bourgou, par contre, n'est pas rentable, même dans ces conditions.

Tableau 6.20. Répartition [% de la surface cultivée] des cultures selon les trois niveaux de production et pour les deux scénarios de base et après la réduction de 50% du prix des engrais minéraux (R2 et S2).

CULTURE	REPARTITION DES TERRES			
	R	R2	S	S2
<b>Extensive</b>				
Mil	50.8	47.3	38.8	51.8
Sorgho	0.6	0.0	0.5	0.0
Fonio	0.1	4.0	0.0	0.1
Riz	0.6	0.6	6.0	5.0
<i>Total partiel</i>	52.1	51.9	45.3	56.9
<b>Semi-extensive</b>				
Mil	38.9	12.0	24.9	6.0
Sorgho	0.0	0.0	0.0	3.0
Niébé	0.0	1.0	6.0	0.0
Riz	3.0	3.0	2.0	3.0
<i>Total partiel</i>	41.9	16.0	32.9	12.0
<b>Intensive</b>				
Mil	1.0	22.1	21.0	24.3
Arachide	4.0	3.0	0.0	2.0
Niébé	0.0	2.0	0.0	3.0
Autres cultures maraichères	0.9	0.9	0.7	0.7
Riz	0.1	0.1	0.1	0.1
Cultures fourragères	0.0	4.0	0.0	1.0
<i>Total partiel</i>	6.0	32.1	21.8	31.1
<i>Total</i>	100.0	100.0	100.0	100.0
<i>Total absolu [km<sup>2</sup>]</i>	3 840	3 801	4 581	4 496

### 6.4.3 Variante 3: augmentation de 50% du prix à la production des produits agricoles

Une autre possibilité de stimuler la production des cultures réside dans la détermination des prix des produits sur le marché. Par exemple en introduisant ce qu'on appelle un "prix plancher", c'est-à-dire un niveau de prix minimal imposé sur certains produits, par l'état ou une autre agence gouvernementale officielle. En fait, un tel prix plancher existe déjà dans la Région pour le mil; il est de 55 FCFA kg<sup>-1</sup>.

Dans les deux scénarios de base, ce prix a servi de point de départ à la détermination de celui des autres céréales.

Il nous a cependant semblé intéressant, dans une troisième variante, d'examiner ce qui peut se produire, en termes d'utilisation optimale des terres, si les prix d'intervention, dans la production des cultures, sont fixés à un niveau plus élevé d'environ 50%. Rappelons que, dans les scénarios de base R et S, les prix [FCFA kg<sup>-1</sup> de MS] suivants ont été supposés:

55 pour le mil (grains nus), 56 pour le sorgho (grains nus), 70 pour le riz (paddy) et le fonio (grains vêtus), 75 pour l'arachide (en cosse) et le niébé (écosé). Pour les échalotes, le prix de la combinaison des bulbes et des feuilles est de 59 FCFA kg<sup>-1</sup> de matière verte et pour les autres culture maraîchères, il est de 96 FCFA kg<sup>-1</sup> de matière verte.

Dans cette variante (scénarios-R3 et scénario-S3) tous ces prix ont été augmentés de 50%. Toutes les autres contraintes et tous les autres coefficients n'ont pas été modifiés.

Ce qui frappe surtout lors de l'analyse des résultats obtenus dans cette variante, c'est l'impact limité de cette série de prix alternatifs sur les valeurs des variables-objectifs (voir colonnes 2 et 3, tableau 6.21). Certes, le Produit Régional Brut augmente de 1.8 milliards de FCFA dans le scénario-R3 et de 3.5 milliards de FCFA dans le scénario-S3, mais c'est parce que les valeurs des extrants sont plus élevées et que les prix des intrants ne changent pas. Les profits plus élevés obtenus dans le scénario-S sont dus à une production des cultures supérieure. Dans ce scénario cependant, la répartition des cultures, de l'élevage et de la pêche, ainsi que la composition de la production des cultures, ne démontrent aucun changement notable. La conséquence en est que, dans le scénario-S3, l'utilisation des terres est presque identique à celle présentée dans le scénario-S. La seule petite différence consiste en une légère expansion de la culture des échalotes aux dépens des autres cultures maraîchères.

Dans le scénario-R3, les effets ne sont pas négligeables, mais ils sont cependant loin d'être spectaculaires. La superficie cultivée en mil s'est élargie de 38 à 91

km<sup>2</sup>, aux dépens, il est vrai, de sa culture semi-intensive. La production totale de mil dans une année normale est à peine 2.7% plus élevée dans le scénario-R3 que dans le scénario-R. Par ailleurs, 85 km<sup>2</sup> de niébé en culture intensive ont été introduits dans le scénario-R3; cette possibilité n'a pas été sélectionnée dans le scénario-

Tableau 6.21. Effets de l'augmentation de 50% des prix des cultures sur les valeurs des variables-objectifs, et les différences avec les scénarios de base (R3-R et S3-S).

	R3-scénario		S3-scénario	
	Valeur objectif	Différence avec le scénario	Valeur objectif	Différence avec le scénario
<b>PRODUCTION EN ANNEE NORMALE [1 000 tonne]</b>				
1. Mil, sorgho & fonio	164	4.3	282	0.1
2. Riz	29	-	42	-
3. Production cultures commercialisée	58	12.8	103	2.3
4. Viande totale	125	0.3	87	-0.3
5. Viande bovine	66	0.0	56	0.1
6. Lait	227	-1.2	204	-
7. Animaux [1 000 UBT]	1 768	6	1 491	-
<b>OBJECTIF MONETAIRE EN ANNEE NORMALE [10<sup>9</sup> FCFA]</b>				
8. Revenu brut of cultures, élevage & pêche	68.5	1.8	36.0	3.5
9. Intr. monétaire-culture	7.3	1.3	15.0	-
10. Intr. monétaire-élevage	2.2	0.0	1.6	-0.0
11. Intr. monétaire-culture, élevage & pêche	16.5	1.3	23.6	-0.0
<b>PRODUCTION [1 000 tonne], DEFICIT ET RISQUE EN ANNEE SECHE</b>				
12. Mil, sorgho & fonio	84	2.1	152	0.0
13. Riz	10	-	12	-0.0
14. Produit des cultures	195	5.7	237	2.2
15. Déficit régional grains <sup>a</sup>	134	-6.3	110	-
16. Somme déficit grains <sup>a</sup> des ZAE <sup>b</sup>	150	-	130	-
17. Nombre d'animaux à risque [1 000 UBT]	400	-	100	-
<b>DIVERS</b>				
18. Emploi [1 000 ath]	339	2.8	336	-
19. Emigration [1 000 personnes]	250	-	50	-

<sup>a</sup>) [1 000 tonne équivalents-mil].

<sup>b</sup>) ZAE: zone agro-écologique.

-: sans différence.

0: moins de la moitié de l'unité.

R de base. Les cultures du riz, des cultures maraîchères, de l'arachide, du fonio et du sorgho sont identiques, de sorte que, tout bien considéré, la production des cultures dans le scénario-R3 a augmenté d'environ 13 000 tonnes, soit 4.4%. En résumé, le fait d'augmenter les prix à la production des produits des cultures de 50%, n'a presque pas (scénario-S) ou très peu (scénario-R) d'influence sur une utilisation optimale des terres dans la Région et sur la production.

#### 6.4.4 Variante 4: coefficients alternatifs pour les activités d'élevage

Les calculs effectués dans les deux scénarios de base sont fondés sur les coefficients d'intrants-extrants des activités d'élevage présentés dans le rapport 2, annexe 7 et jusqu'à un certain point dans la section 3.3 de ce rapport. Pour les bovins, ce sont les travaux de Ketelaars (Breman & de Ridder, 1991) qui ont servi de point de départ. Sur la base des données recueillies, l'absorption de fourrage par les petits ruminants, les ânes et les chameaux a été calculée, en supposant une proportionnalité avec leur poids métabolique. Leur production a été estimée en tenant compte de l'absorption et de la qualité du régime alimentaire. La production de lait destinée à la consommation humaine et la production de viande des chameaux ont été négligées.

Dans le rapport 2, une approche quelque peu différente a été envisagée pour les petits ruminants, les ânes et les chameaux (chapitres 14 et 15). Pour les petits ruminants, une série alternative de coefficients d'intrants-extrants a été dérivée d'une étude bibliographique et d'un simple modèle démographique. Malheureusement, cette nouvelle série - dénommée coefficients d'élevage alternatifs - a été déterminée trop tard pour pouvoir être incluse dans les deux scénarios de base. Afin d'en tenir compte, néanmoins, les deux scénarios de base ont été recalculés en utilisant cette série de coefficients alternatifs, sous le nom de variante 4.

Les similarités et les principales différences des deux séries sont données ci-dessous:

Dans les deux séries, pour les bovins, ce sont les données de Ketelaars (Breman & de Ridder, 1991) qui ont servi de point de départ. Pour calculer les coefficients d'élevage alternatifs pour les petits ruminants, les ânes et les chameaux, ce sont les besoins énergétiques de maintien spécifiques à l'espèce considérée qui ont été appliqués; ils ont été fixés respectivement à 17, à 28 et à 35 g de matière sèche digestible (MSD) par kg de poids vif par jour respectivement pour les petits ruminants, les ânes et les chameaux. Pour les bovins, une valeur de 36 g de MSD par kg de poids vif par jour est appliquée.

En outre, il a été tenu compte dans le calcul des coefficients alternatifs, des

besoins énergétiques supplémentaires pour le travail des ânes ainsi que pour le travail et la production de lait des chameaux. La conséquence est que l'absorption énergétique par unité de poids vif de ces espèces excède celle des bovins.

Ces besoins en énergie compensatrice résulte en des absorptions de matière sèche variées (AMS) par unité de bétail tropical [UBT] qui sont considérablement plus faibles pour les petits ruminants, mais plus élevées pour les ânes et les chameaux (comparer les tableaux 3.10 et 6.22).

Les niveaux de production des petits ruminants, calculés sur la base du modèle démographique, sont en général un peu plus élevés que ceux évalués dans la section 3.3.

En outre, l'activité des boeufs et celle d'engraissement des moutons (activités B1 et B17) mentionnées dans le rapport 2, ont été définies comme des activités où les jeunes animaux sont achetés puis dressés à la traction ou engraisés, selon l'espèce considérée. L'embouche des moutons est supposé durer 8 mois; la longévité des boeufs est fixée à 10 ans. Cette définition alternative de ces deux activités a des conséquences en ce qui concerne les coefficients d'intrants-extrants. Pour les boeufs, le prix d'achat des jeunes taurillons doit être ajoutés aux intrants monétaires; pour les moutons d'embouche, les intrants en main-d'oeuvre et en fourrages sont calculés sur la base de 8 mois par an.

Finalement, dans l'analyse du rapport 2, le coût des pierres à lécher a été inclus comme intrant dans toutes les activités d'élevage. Etant donné que ces pierres sont assez onéreuses (900 FCFA kg<sup>-1</sup>), les intrants monétaires totaux des systèmes d'élevage s'en trouvent de ce fait considérablement augmentés.

En résumé, la série de coefficients d'élevage "alternatifs" diffère de celle utilisée dans les deux scénarios de base sur les points suivants:

- pour toutes les espèces: intrants monétaires plus élevés du fait de l'inclusion du coût des pierres à lécher;
- pour les petits ruminants: absorption de matière sèche (AMS) moins élevée par [UBT]; moins de fumier par UBT disponible; production de viande plus élevée par UBT; pas de lait disponible pour la consommation humaine avec le régime alimentaire I;
- pour les ânes: AMS moins élevée par UBT; plus grande disponibilité en fumier par UBT; également intrants en main-d'oeuvre pendant la saison sèche;
- pour les chameaux: régime alimentaire II au lieu de I; AMS plus élevé par UBT; fumier disponible comme combustible; un peu de lait pour la consommation humaine de même qu'une petite production de viande; intrants en main-d'oeuvre requis;

- pour les boeufs: régime alimentaire II au lieu de I; intrants monétaires plus élevés du fait de l'achat de jeunes taurillons; intrants en main-d'oeuvre plus élevés du fait du dressage des animaux à la traction.

Tableau 6.22. Coefficients alternatifs des intrants des activités d'élevage [ $UBT^{-1} a^{-1}$ ]; absorption fourragère (menu d'une certaine qualité qui comprend fourrage, fourrage ligneux et concentrés [kg MS]; main-d'oeuvre totale dans la saison des pluies et la saison sèche [dth] et intrants monétaires [1 000 FCFA].

PRODUIT	MOBILITE		ABSORPTION			MAIN-D'OEUVRE		INTR. MONE-TAIRE	
			MENU	FOURAGE	BROWSE <sup>b</sup> CONC.	PLUIES	SECHE		
<b>Bovins</b>									
B1.	Boeufs	sédentaire	II	2 010	-	-	2	15	12.9
B2.	Viande	semi-mobile	I	2 000	-	-	3	8	5.4
B3.	Viande	semi-mobile	II	2 000	-	-	3	10	5.4
B4.	Viande	migrant	I	2 010	-	-	3	8	5.4
B5.	Viande	migrant	III	2 100	-	-	3	10	5.4
B7.	Lait	sédentaire	II	2 090	-	-	4	12	5.4
B8.	Lait	sédentaire	III	2 200	-	-	4	12	5.4
B9.	Lait	migrant	II	2 090	-	-	4	12	5.4
B10.	Lait	migrant	III	2 200	-	-	4	12	5.4
B11.	Lait	sédentaire	IV	1 850	-	330	4	13	9.2
B12.	Lait	sédentaire	IV	2 180	-	-	4	13	9.2
<b>Ovins</b>									
B13.	Viande	séd. & s-m.	I	2 340	-	-	13	40	6.6
B14.	Viande	séd. & s-m.	III	2 350	-	-	14	43	6.6
B15.	Viande	migrant	I	2 340	-	-	13	40	6.6
B16.	Viande	migrant	III	2 350	-	-	14	43	6.6
B17 <sup>a</sup>	Viande	sédentaire	IV	-	-	1 510	5	16	4.2
<b>Caprins</b>									
B18.	Viande	séd. & s-m.	I	2 000	350	-	13	39	6.6
B19.	Viande	séd. & s-m.	III	1 740	800	-	14	42	6.6
B20.	Viande	migrant	I	2 000	350	-	13	39	6.6
B21.	Viande	migrant	III	1 740	800	-	14	42	6.6
<b>Anes</b>									
B22.	Transport	sédentaire	II	2 000	-	-	7	6	5.3
<b>Chameaux</b>									
B23.	Transport	migrant	II	2 440	440	-	2	14	36.3

<sup>a</sup>) sur une base de 8 mois par année, voir texte.

<sup>b</sup>) fourrage provenant des essences ligneuses.

Source: rapport 2, chapitres 12 à 15.

-: valeur nulle.

Les coefficients d'intrants-extrants alternatifs de ces activités sont indiqués dans les tableaux 6.22 (intrants) et 6.23 (extrants). Les coefficients d'intrants-extrants correspondants aux deux scénarios de base sont indiqués aux tableaux 3.8 et 3.10 de la section 3.3.

Tableau 6.23. Coefficients alternatifs des extrants des activités d'élevage [kg poids vif, kg lait disponible pour la consommation ou nombre d'animaux en UBT, par année].

CODE	PRODUIT PRINCIPAL	MOBILITE	MENU <sup>a</sup>	VIANDE	LAIT	ANIMAUX	FUMIER <sup>b</sup>
<b>Bovins</b>							
B1.	Boeuf	sédentaires	I	0	-	0.77	580
B2.	Viande	semi-mobile	I	37	0	-	300
B3.	Viande	semi-mobile	II	57	93	-	290
B4.	Viande	migrant	I	37	0	-	230
B5.	Viande	migrant	III	71	219	-	220
B7.	Lait	sédentaire	II	54	165	-	460
B8.	Lait	sédentaire	III	62	377	-	450
B9.	Lait	migrant	II	54	165	-	240
B10.	Lait	migrant	III	62	377	-	230
B11.	Lait	sédentaire	IV+c	61	518	-	720
B12.	Lait	sédentaire	IV	61	518	-	720
<b>Ovins</b>							
B13.	Viande	séd. & s-m	I	97	0	-	520
B14.	Viande	séd. & s-m	III	121	62	-	480
B15.	Viande	migrant	I	97	0	-	370
B16.	Viande	migrant	III	121	62	-	340
B17. <sup>c</sup>	Viande	sédentaire	IV+c	89	19	-	500
<b>Caprins</b>							
B18.	Viande	séd. & s-m	I+b	68	0	-	520
B19.	Viande	séd. & s-m	III+b	96	180	-	510
B20.	Viande	migrant	I+b	68	0	-	370
B21.	Viande	migrant	III+b	96	180	-	370
<b>Divers</b>							
B18.	Anes	sédentaire	II	-	-	2.00	610
B19.	Chameaux	migrant	II+b	75	240	0.83	320

a) voir tableau 3.9; +b: fourrage ligneux inclus; +c: concentrés inclus.

b) kg MS UBT<sup>-1</sup> disponible pour les cultures ou combustion.

c) sur une base de 8 mois par année, voir texte.

Source: rapport 2, chapitres 12 à 15.

Les valeurs des variables-objectifs obtenues avec cette série de coefficients techniques alternatifs sont indiquées dans le tableau 6.24. La plupart des différences avec les deux scénarios de base sont évidentes.

Tableau 6.24. *Effets des coefficients alternatifs des activités d'élevage sur les valeurs des variables-objectifs, différences avec les scénarios de base (R4-R et S4-S).*

	R4-scénario		S4-scénario	
	Valeur objectif	Différence avec le scénario	Valeur objectif	Différence avec le scénario
<b>PRODUCTION EN ANNEE NORMALE [1 000 tonne]</b>				
1. Mil, sorgho & fonio	160	-	281	-0.5
2. Riz	28	-0.5	42	-
3. Production cultures commercialisée	30	-15.0	86	-14.3
4. Viande totale	164	39.7	109	22.0
5. Viande bovine	49	-16.8	43	-13.1
6. Lait	201	-27.5	170	-34.0
7. Animaux [1 000 UBT]	1862	100	1529	38
<b>OBJECTIF MONETAIRE EN ANNEE NORMALE [10<sup>9</sup> FCFA]</b>				
8. Revenu brut of cultures, élevage & pêche	69.4	2.7	30.9	-1.6
9. Intr. monétaire-culture	5.8	-0.1	15.0	-
10. Intr. monétaire-élevage	12.3	10.1	10.9	9.2
11. Intr. monétaire-culture, élevage & pêche	25.1	10.0	32.8	9.2
<b>PRODUCTION [1 000 tonne], DEFICIT ET RISQUE EN ANNEE SECHE</b>				
12. Mil, sorgho & fonio	81	-0.8	153	1.2
13. Riz	10	-	11	-0.6
14. Produit des cultures	186	-3.4	222	-13.2
15. Déficit régional grains <sup>a</sup>	145	4.1	110	-
16. Somme déficit grains <sup>a</sup> des ZAE <sup>b</sup>	150	-	130	-
17. Nombre d'animaux à risque [1 000 UBT]	400	-	100	-
<b>DIVERS</b>				
18. Emploi [1 000 ath]	366	30.5	342	5.5
19. Emigration [1 000 personnes]	250	-	50	-

<sup>a</sup>) [1 000 tonne équivalents-mil].

<sup>b</sup>) ZAE: zone agro-écologique.

-: sans différence.

0: moins de la moitié de l'unité.

L'intrant monétaire total des activités d'élevage augmente substantiellement, entre autre du fait de l'inclusion du coût des pierres à lécher. Les niveaux de production plus élevés des petits ruminants par unité d'absorption fourragère dans le scénario-S4 ne compensent pas ces frais supplémentaires, de sorte que le produit monétaire total est légèrement moins élevé que celui calculé dans le scénario-S de base. Le scénario-R4 offre apparemment davantage de possibilités d'obtenir une production plus élevée des petits ruminants. La taille totale du troupeau s'est élargie jusqu'à atteindre 100 000 UBT et bien que les coûts des activités d'élevage se soient accrus de 10 milliards de FCFA, le produit total brut n'est plus élevé que de 2.7 milliards de FCFA.

Dans les deux scénarios-S4 et -R4, on retrouve une modification frappante de la composition des troupeaux, à savoir un transfert en faveur des moutons (tableau 6.25), avec des différences entre les zones agro-écologiques; ces différences sont soulignées dans le tableau 6.26. Les coefficients alternatifs pour la production ovine sont donc bien plus favorables que ceux calculés pour la viande bovine et caprine, tandis que les coefficients pour la production de lait de brebis sont également plus favorables que ceux obtenus dans les scénarios de base. Les chèvres n'ont été introduites dans les scénarios-R et -R4 que dans le cadre d'une utilisation d'une partie du fourrage provenant des ligneux. Davantage de chèvres ont été introduites dans les scénarios-S et -S4 où la production laitière connaît une limite effective. Dans les deux cas cependant, un transfert en faveur des brebis engendre un niveau de production de lait moins élevé (tableau 6.24, ligne 6).

Avec une série alternative de coefficients techniques, il est possible d'observer un transfert dans la localisation des animaux pendant la saison sèche, à savoir du Delta Central vers la Zone Lacustre. En conséquence, il semble plus profitable de sacrifier quelque peu la culture du mil dans la Zone Lacustre en faveur du maintien de pâturages, et de faire l'inverse dans le Delta Central. La production totale de mil, de sorgho, de fonio et de riz dans la Région n'en est cependant pas pour autant affectée (tableau 6.24, lignes 1, 2, 12 et 13).

Les baisses importantes enregistrées pour l'ensemble de la production des cultures s'expliquent différemment selon qu'il s'agisse du scénario-R4 ou du scénario-S4.

Dans le scénario-R4, ces baisses sont presque entièrement dues à l'absence de production d'arachide qui s'élevait à 16 500 tonnes dans le scénario-R et qui n'est pas compensée par la production de 1 000 tonnes de niébé (qui n'a pas été sélectionné dans le scénario-R). Dans cette variante, les besoins fourragers moins élevés, par UBT, des petits ruminants permettent d'abandonner la culture intensive de l'arachide, qui était en partie cultivée pour le fourrage de haute qualité qu'elle fournit, et de la remplacer par la culture semi-intensive du niébé exigeant des intrants en fertilisants bien moins élevés.

Tableau 6.25. Répartition des animaux selon les activités d'élevage [1 000 UBT] dans les deux scénarios de base et celle avec des coefficients alternatifs pour les activités d'élevage (R4 et S4).

ESPECE - PRODUIT, MOBILITE	REPARTITION DES ANIMAUX			
	R	R4	S	S4
<b>Bovins</b>				
- boeuf, sédentaire	126	67	254	182
- viande, semi-mobile	40	18	88	89
- viande, migrant	781	676	537	498
- lait, sédentaire	102	5	42	9
- lait, migrant	0	0	96	64
total partiel	1 049	766	1 017	842
<b>Ovins</b>				
- sédentaire	9	17	7	24
- semi-mobile	398	722	201	344
- migrant	175	238	26	116
total partiel	582	977	234	484
<b>Caprins</b>				
- semi-mobile	78	71	163	147
- migrant	5	0	31	8
total partiel	83	71	194	155
<b>Anes</b>	32	32	32	32
<b>Chameaux</b>	16	16	16	16
<b>Total</b>	<b>1 762</b>	<b>1 862</b>	<b>1 491</b>	<b>1 529</b>

Dans le scénario-S4, la baisse de la production totale des cultures est presque entièrement due à un transfert de culture des échalotes vers les autres cultures maraîchères, dont le rendement par unité de surface est bien moins élevé (16 contre 35 tonnes ha<sup>-1</sup>), alors que la superficie totale cultivée en cultures maraîchères reste la même. Si l'on exprime la production maraîchère en matière verte, les grains étant exprimés en matière sèche, on remarque que les effets de ce transfert sur la production totale des cultures sont en fait plus importants que l'impact perçu actuellement.

Tableau 6.26. Répartition des animaux [1 000 UBT] pendant la saison sèche selon les zones agro-écologiques dans les deux scénarios de base et celle avec des coefficients alternatifs pour les activités d'élevage (R4 et S4).

ZONE AGRO-ÉCOLOGIQUE	REPARTITION DES ANIMAUX			
	R	R4	S	S4
Sourou	163	180	180	187
Séno Bankass	45	52	55	61
Plateau	103	132	146	149
Delta Central	956	851	698	657
Méma Dioura	78	95	51	60
Séno Mango	84	96	91	86
Gourma	57	75	68	81
Bodara	40	53	22	31
Zone Lacustre	188	265	144	169
Hodh	26	36	12	19
Méma Sourango	23	27	23	28
<i>Total</i>	1 762	1 862	1 491	1 529

#### 6.4.5 Variante 5: production réduite des pâturages inondés à la suite d'une série d'années sèches

En ce qui concerne les productions fourragères des pâturages naturels inondés, les données des scénarios de base sont présentées au chapitre 11 du rapport 2. Les données de base utilisées dans le modèle-PL sont partiellement reproduites dans le tableau 6.14. Ce dernier présente, pour le Delta Central et pour une année normale, les superficies sous pâturages inondés, les disponibilités en fourrage consommable

par les animaux et les estimateurs des états actuels des pâturages par rapport à une situation optimale. Ces estimateurs, dénommés taux (actuels) de dégradation, peuvent être appliqués aux disponibilités en fourrage, ce qui implique que toutes les surfaces sont effectivement sous pâturage mais que leur capacité productrice de fourrage est plus faible. Ils peuvent être également appliqués aux superficies, ce qui implique que ces dernières sont réduites mais que leur capacité productrice reste intacte; les superficies "perdus" ont donc une productivité fourragère nulle. En fait, les taux de dégradation appliqués incorporent les pertes tant en matière de productivité que de superficies.

Les scénarios de base ont été établis sur la supposition que les années de crue basse sont aléatoirement réparties dans le temps. Donc, en cas d'année de crue basse, les superficies inondables sous pâturage ne sont pas affectées, de même que les taux de dégradation. Mais les disponibilités fourragères consommables diminuent, étant donné que la productivité des pâturages inondés dépend de la hauteur de la crue.

Les données concernant les superficies et les disponibilités fourragères utilisées dans les scénarios de base sont résumés au tableau 6.27.

Tableau 6.27. Surface [km<sup>2</sup>], degré de dégradation [%] et disponibilité en fourrage [t ha<sup>-1</sup>] des pâturages naturels intacts des sols inondés dans la zone deltaïque au cours d'une année avec une crue normale ou une crue basse dans les deux scénarios de base R et S.

TYPE DE SOL	SURFACE	DEGRADATION (0 = intact)	FOURRAGE	
			Crue normale	Crue basse
E1b	7 480	15	3.0	2.0
E2b	4 474	67	1.1	0.7
F3b	752	67	1.7	1.0
G	2 073	67	1.3	0.6
<i>Total</i>	14 779	29	2.1	1.4

En ce qui concerne les crues basses, nous pouvons également émettre la supposition qu'elles ne sont pas dispersées aléatoirement dans le temps, mais qu'elles se produisent en séquences. En effet, cinq des six années ayant servi à définir la valeur limnimétrique d'une crue basse (510 cm) sont situées entre 1982 et 1988 et la moyenne des crues ayant eu lieu pendant ces sept ans est de 519 cm (section 2.3). En conséquence, comme pour les activités de pêche (rapport 2, chapitre 16),

nous pouvons supposer que la valeur limnimétrique d'une crue normale (660 cm) est représentative d'une séquence de crues normales et que la valeur limnimétrique d'une crue basse (510 cm) est représentative d'une séquence de crues basses.

La conséquence d'une telle supposition est que, lors de crues basses, les surfaces inondables sont réduites par rapport à la normale (tableau 2.8, section 2.3), ce qui ne manque pas d'avoir également un effet sur la végétation qui les recouvrent (rapport 1, chapitre 5).

Il a été donc supposé qu'à la suite d'une séquence de crues basses, les végétations naturelles inondables subissent des modifications leur permettant de réoccuper leurs niches écologiques, celles-ci étant essentiellement fonction des niveaux d'eau et dans une moindre mesure des conditions édaphiques. Mais cela veut aussi dire que lorsque les crues oscillent autour du niveau de crue normale pendant plusieurs années consécutives, les superficies des différents types de pâturages inondables se stabilisent à une valeur normale et la disponibilité en fourrage consommable varie suivant l'état de la crue de l'année considérée.

Pour cette variante, nous admettons en outre que, lors d'une crue normale, la disponibilité en fourrage des pâturages est normale et qu'aucune dégradation n'a lieu (situation optimale où il n'est tenu compte ni des feux, ni des pertes). Lors d'une crue basse, les disponibilités fourragères des pâturages encore inondés se stabilisent à des valeurs plus faibles; les terrains qui ne sont plus inondés ont perdu leur formation végétale pérenne, mais étant donné la texture très fine de leurs sols lourds, nous admettons que la végétation annuelle dépendant uniquement des pluies, s'y installe difficilement et que, par conséquent, la disponibilité en fourrage est négligeable.

Le tableau 6.28 illustre les considérations ci-dessus en ce qui concerne les superficies et les disponibilités fourragères consommables utilisées dans les scénarios-R5 et -S5.

Cette approche alternative permet d'expliquer la présence actuelle de nombreux terrains nus ou quasi-nus dans la zone deltaïque ainsi que l'apparent développement du riz. Le tableau 6.28 démontre également que, du fait des ajustements des végétations inondables, les superficies des différentes formations végétales diminuent, sauf en ce qui concerne *Oriza* (sol F3b).

Le fait de supposer qu'une "année sèche" (année de crue basse) est représentative d'une séquence d'années sèches, et qu'une "année normale" (année de crue normale) est représentative d'une séquence d'années normales implique que la différence en matière de production fourragère des pâturages inondés entre les années sèches et normales sera plus grande. Etant donné que 96% des terres inondées se trouvent dans deux zones agro-écologiques, à savoir le Delta Central et la Zone

Lacustre, la production n'est surtout affectée que dans ces deux zones. Le tableau 6.29 illustre la disponibilité en fourrage pendant la saison sèche dans ces deux zones inondables pour les deux scénarios de base et en appliquant cette variante.

Tableau 6.28. Surface [km<sup>2</sup>] et disponibilité fourragère [t ha<sup>-1</sup>] dans la zone deltaïque selon une série d'années de crue normale et de crue basse et pour les types de sol inondés dans les scénarios alternatifs: R5 et S5.

TYPE DE SOL	CRUE NORMALE		CRUE BASSE	
	SURFACE	FOURRAGE	SURFACE	FOURRAGE
E1b	7 480	3.0	2 113	2.0
E2b	4 474	1.1	1 961	0.7
F3b	752	1.7	1 458	1.0
G	2 073	1.3	1 195	0.6
Total	14 779	2.1	6 727	1.2

Tableau 6.29. Production fourragère dans le Delta Central et Zone Lacustre disponible pendant la saison sèche, dans les deux scénarios de base et dans celle avec des coefficients alternatifs pour les pâturages inondés (R5 et S5) [1 000 tonne MS].

TYPE FOURRAGE	DISPONIBILITE				
	R	R5	S	S5	
SERIE D'ANNEES NORMALES					
Résidus de récolte		130	115	169	152
Pâturage, strate herbacée	2 160		3 296	1 972	2 758
Pâturage, strate ligneuse	34		48	8	14
Total	2 324		3 459	2 149	2 924
Différence avec R ou S [%]			+49		+36
SERIE D'ANNEES SECHES					
Résidus de récolte		62	53	70	53
Pâturage, strate herbacée	1 389		859	1 258	741
Pâturage, strate ligneuse	34		48	8	14
Total	1 485		960	1 336	808
Différence avec R ou S [%]			-35		-40

Du fait qu'aucune dégradation n'est supposée après une séquence d'années normales, contrairement à ce qui est supposé dans les scénarios de base (tableau 6.29), la disponibilité fourragère dans les scénarios alternatifs est plus élevée après une séquence d'années normales. A la suite d'une séquence d'années sèches cependant, cette disponibilité est considérablement plus basse dans cette variante: 35% dans le scénario-R5 et 40% dans le scénario-S5.

Il est évident que ces résultats ont des conséquences sur les possibilités de développement de la Région. Si les contraintes appliquées aux variables-objectifs sont identiques à celles des scénarios de base (à l'exception de la production laitière totale), la taille totale du troupeau, et par conséquent la production animale, diminue; cette situation est illustrée dans le tableau 6.30, lignes 4 à 7.

D'une manière générale les suppositions alternatives en ce qui concerne la production des pâturages inondés ont des conséquences plus élevées dans le scénario-S que dans le scénario-R. Par exemple, le produit monétaire total décline de 3.9 milliards de FCFA dans le scénario-R5, contre 11.5 milliards de FCFA dans le scénario S5 (tableau 6.30, ligne en gras).

Du fait de la disponibilité limitée en fourrage dans cette variante après une séquence d'années sèches, le nombre acceptable d'animaux menacés pendant les années sèches joue un rôle important dans l'optimisation. Dans le scénario-S, ce nombre est fixé à 100 000 UBT contre 400 000 UBT dans le scénario-R, ce qui explique que l'impact est plus grand dans le scénario-S. Vu les suppositions introduites dans cette variante, la pratique de l'élevage est davantage sujette à risques. Si l'on est prêt à prendre ces risques supplémentaires, les conséquences restent limitées; une attitude tendant à éviter les risques (scénario-S) engendre des conséquences beaucoup plus graves.

La chute abrupte de la production totale des cultures dans le scénario-S5, que ce soit pendant les années normales ou pendant les années sèches, est entièrement due à une baisse de la production maraîchère s'élevant à 50 000 tonnes. Cet effet est cependant exagéré du fait que la production maraîchère est exprimée en matière verte, alors que la production de grains est exprimée en matière sèche. La diminution de la production maraîchère dans le scénario-S5 est due à une disponibilité restreinte en fumier dans le Delta Central et dans la Zone Lacustre: de 258 000 tonnes dans le scénario-S à 176 000 tonnes dans le scénario-S5. De ce montant, 87 000 tonnes sont utilisées comme combustible de sorte que dans le scénario-S5, la moitié seulement du montant calculé dans le scénario-S est disponible pour les cultures. La culture maraîchère, dont les besoins en fumier s'élèvent à 10 tonnes ha<sup>-1</sup>, est la première à être soumise à restriction par le manque de fumier.

Tableau 6.30. Effets d'une production moins élevée des pâturages inondés après une série d'années sèches sur les variables-objectifs et les différences avec les deux scénarios de base (R5-R et S5-S).

	R5-scénario		S5-scénario	
	Valeur objectif	Différence avec le scénario	Valeur objectif	Différence avec le scénario
PRODUCTION EN ANNEE NORMALE [1 000 tonne]				
1. Mil, sorgho & fonio	160	-	286	4.0
2. Riz	29	+0.6	42	-
3. Production cultures commercialisée	46	+0.6	53	-47.1
4. Viande totale	110	-14.9	63	-23.9
5. Viande bovine	49	-17.2	24	-32.4
6. Lait	183	-44.9	136	-68.0
7. Animaux [1 000 UBT]	1 511	-251	1 124	-367
OBJECTIF MONETAIRE EN ANNEE NORMALE [10 <sup>9</sup> FCFA]				
8. Revenu brut of cultures, élevage & pêche	62.8	-3.9	21.0	-11.5
9. Intr. monétaire-culture	5.8	-0.2	15.0	-
10. Intr. monétaire-élevage	2.0	-0.3	1.0	-0.7
11. Intr. monétaire-culture, élevage & pêche	14.7	-0.4	22.9	-0.7
PRODUCTION [1 000 tonne], DEFICIT ET RISQUE EN ANNEE SECHE				
12. Mil, sorgho & fonio	81	-0.2	154	2.6
13. Riz	10	-	10	-2.1
14. Produit des cultures	190	-0.2	185	-50.2
15. Déficit régional grains <sup>a</sup>	141	0.1	110	-
16. Somme déficit grains <sup>a</sup> des ZAE <sup>b</sup>	150	-	130	-
17. Nombre d'animaux à risque [1 000 UBT]	400	-	100	-
DIVERS				
18. Emploi [1 000 ath]	312	-23.8	336	-
19. Emigration [1 000 personnes]	250	-	50	-

<sup>a</sup>) [1 000 tonne équivalents-mil].

<sup>b</sup>) ZAE: zone agro-écologique.

-: sans différence.

0: moins de la moitié de l'unité.

D'une manière générale, une diminution de la disponibilité en fumier, due à une réduction de la taille des troupeaux, engendre un plus grand intérêt pour la pratique des cultures, quelles soient extensives ou intensives. La part des cultures semi-intensives dans toute la zone cultivée tombe de 42% dans le scénario-R à 39% dans le scénario-R5, et de 33% dans le scénario-S à 16% dans le scénario-S5. Dans les techniques de cultures semi-intensives, de grandes quantités de fumier sont appliquées, comparées aux applications de fumier effectuées dans les techniques extensives et d'engrais minéraux dans les techniques intensives.

Dans les deux scénarios de cette variante, la taille du troupeau diminue considérablement; dans le scénario-R5, cette diminution est de 251 000 UBT tandis que dans le scénario-S5, elle est de 367 000 UBT. Les bovins sont particulièrement touchés, surtout dans les systèmes de production migrants (tableau 6.31). Dans cette variante, le Delta Central peut, en tant que zone de rassemblement des troupeaux pendant la saison sèche, supporter environ 350 000 UBT de moins (tableau 6.32).

Dans le scénario-R5, la Zone Lacustre peut, à cet égard, prendre en partie le relais du Delta Central; dans le scénario-S5, d'autres contraintes sont tellement pressantes que cela n'est pas possible. Même avec un transfert du pacage de saison des pluies à un pacage de saison sèche, et une légère expansion de la superficie sous pâturages dans la Zone Lacustre, la nécessité de produire tant soit peu de grain pour l'autoconsommation pendant les années sèches, interdit d'inclure une expansion de la taille des troupeaux étant donné la production des pâturages de cette variante. Dans le scénario-S5, le déficit en grain restreint pendant les années sèches est en partie réalisé en élargissant considérablement la superficie attribuée à la culture du sorgho de décrue. Dans le scénario-R5, davantage de terres de la Zone Lacustre peuvent être utilisées pour les pâturages, du fait qu'un déficit en grain plus important est accepté pendant les années sèches. En fait, dans le scénario-R5, seulement 20% de la superficie située dans un cercle de rayon de 6 km autour d'un point d'eau permanent est cultivée ou mise en jachère, contre 59% dans le scénario-S5. Là aussi, le fait d'accepter de plus grands risques permet d'acquérir une plus grande marge de manoeuvre et, en année normale, d'obtenir des niveaux de revenus plus élevés.

Tableau 6.31. Répartition des animaux [1 000 UBT] selon les activités d'élevage dans les deux scénarios de base ainsi que selon les activités avec des coefficients alternatifs pour la production des pâturages inondés (R5 et S5).

ESPECE - PRODUIT, MOBILITE	REPARTITION DES ANIMAUX			
	R	R5	S	S5
<b>Bovins</b>				
- boeufs, sédentaire	126	122	254	259
- viande, semi-mobile	40	0	88	42
- viande, migrant	781	598	537	0
- lait, sédentaire	102	66	42	18
- lait, migrant	0	0	96	251
<i>total partiel</i>	1 049	786	1 017	570
<b>Ovins</b>				
- sédentaire	9	9	7	3
- semi-mobile	398	202	201	179
- migrant	175	369	26	152
<i>total partiel</i>	582	580	234	334
<b>Caprins</b>				
- semi-mobile	78	76	163	37
- migrant	5	20	31	137
<i>total partiel</i>	83	96	194	174
Anes	32	32	32	32
Chameaux	16	16	16	16
<b>Total</b>	<b>1 762</b>	<b>1511</b>	<b>1 491</b>	<b>1 124</b>

Tableau 6.32. Répartition des animaux [1 000 UBT] pendant la saison sèche selon les zones agro-écologiques dans les deux scénarios de base et celle avec des coefficients alternatifs pour la production des pâturages inondés (R5 et S5).

ZONE AGRO-ÉCOLOGIQUE	REPARTITION DES ANIMAUX			
	R	R5	S	S5
Sourou	163	163	180	181
Séno Bankass	45	53	55	58
Plateau	103	105	146	151
Delta Central	956	602	698	341
Méma Dioura	78	51	51	51
Séno Mango	84	67	91	83
Gourma	57	57	68	68
Bodara	40	28	22	26
Zone Lacustre	188	335	144	123
Hodh	26	24	12	14
Méma Sourango	23	27	23	27
Total	1 762	1 511	1 491	1 124

#### 6.4.6 Autres variantes possibles

Comme mentionné en introduction dans cette section du rapport, il est possible de construire un grand nombre de variantes appropriées. Le manque de temps et/ou de données fiables nous ont obligés à restreindre notre étude à l'examen plus ou moins détaillé de cinq d'entre elles. En outre, des variantes additionnelles devraient être choisies non seulement pour leur intérêt analytique, mais aussi et surtout, pour l'intérêt qu'elles représentent pour les décideurs concernés. De ce fait, le rapport présentant les résultats de cette étude doit être considéré comme étant intérimaire, car il soulève des questions additionnelles et suggère des analyses supplémentaires. Quelques unes de ces possibilités complémentaires sont indiquées ci-après.

#### 6.4.6.1 Production des pâturages: fauchage des pâturages inondés

Une option importante en matière de gestion des pâturages est constituée par le fauchage des pâturages inondés au lieu d'utiliser le feu pour stimuler la repousse pendant la saison sèche. La biomasse totale disponible en tant que fourrage pourrait donc être considérablement augmentée. De la main-d'oeuvre, du matériel et des installations de stockage et de transport seraient cependant nécessaires comme intrants. Les données de production de cette pratique sont disponibles (rapport 3), mais davantage d'informations sont requises quant à la question de savoir quelle quantité peut être retirée des pâturages sans mettre la durabilité en danger. Nous manquons également de données quantitatives sur les intrants additionnels requis pour ce type de gestion.

#### 6.4.6.2 Production des pâturages: prévention des feux de brouse sur les pâturages exondés

A l'heure actuelle, que son origine soit naturelle ou anthropique, le feu est responsable d'une perte de biomasse considérable sur les pâturages exondés. Des données sur les pertes impliquées sont disponibles (rapport 3). Une lutte sérieuse contre ces feux exigerait une main-d'oeuvre additionnelle et probablement la construction d'équipement lourd, entre autre, des rampes à feux de brouse. En outre, il serait peut-être nécessaire de mettre sur pied un programme de vulgarisation afin d'apprendre aux paysans à ne pas mettre le feu exprès. Nous ne disposons pas de données quantitatives sur les intrants additionnels nécessaires pour réduire de manière substantielle les feux d'origine naturelle et anthropique.

#### 6.4.6.3 Production des pâturages: gestion améliorée

Une des activités alternatives pourrait également être l'utilisation de pâturages améliorés. Toute une série de possibilités d'amélioration des pâturages pourrait être envisagée:

- application d'engrais;
- introduction ou ré-introduction d'espèces de légumineuses;
- introduction ou ré-introduction de graminées vivaces;
- réduction de l'érosion éolienne et/ou hydrique.

En outre, un traitement plus sophistiqué des fourrages récoltés sur les pâturages pourrait être envisagé, impliquant des pratiques d'entreposage spécifiques avec ou sans addition d'urée.

Des données sur les intrants requis et les augmentations de production attendues du fait de ces techniques de gestion sont disponibles, mais fragmentaires. Pour introduire ces données dans une analyse de modèle-PL, tel que celui appliqué dans cette étude, il est cependant nécessaire de compléter les informations disponibles et d'adapter ces dernières aux conditions régionales spécifiques.

#### 6.4.6.4 Expansion des surfaces irriguées

Une production végétale irriguées dans des périmètres d'irrigation totalement contrôlés peut représenter une option attrayante, particulièrement si une réduction des déficits en grains pendant les années sèches représente un objectif important à atteindre.

A l'heure actuelle, les petits périmètres irrigués villageois (PPIV) comprennent au total 390 ha. L'analyse du modèle-PL indique que, dans les deux scénarios-R et -S (un peu plus dans le scénario-S), une telle expansion serait avantageuse, ceci ressortant du fait que la limite supérieure de la superficie totale irriguée est effective quand le produit monétaire total est maximisé. Les charges annuelles estimées sont de 350 000 FCFA ha<sup>-1</sup>, calculées sur la base d'un investissement total de 3.5 millions de FCFA ha<sup>-1</sup> effectué dans les travaux d'irrigation et l'achat d'un groupe motopompe d'une longévité de 10 ans (rapport 2, chapitre 3).

De même, l'expansion de la superficie irriguée pour la culture maraîchère, actuellement estimée à 3 300 ha, semble être rentable dans les deux scénarios-R et -S, étant donné que le prix estimé de la restriction appliquée à la superficie totale disponible est positif. Pour les cultures maraîchères cependant, la rentabilité peut être rapidement affectée par une saturation du marché de ces produits, ce qui ne manquerait pas d'avoir un effet sur les prix.

#### 6.4.6.5 Introduction des herbicides

Le tableau 6.10 indique que dans neuf (scénario-R) ou huit (scénario-S) des 11 zones agro-écologiques, la disponibilité en main-d'oeuvre est limitante pendant la période du premier sarclage du mil. L'introduction d'un herbicide pourrait lever cette contrainte. Les prix estimés de la main-d'oeuvre sont une indication de l'impact qu'une telle économie de main-d'oeuvre aurait sur la valeur de la variable-objectif et du produit monétaire, étant donné que ces prix représentent l'accroissement du revenu brut qui serait réalisé si le travail d'un équivalent-adulte pouvait être économisé pendant la période du premier sarclage. Les valeurs sont

variables suivant les zones agro-écologiques (tableau 6.33).

L'introduction des herbicides semble intéressante au Méma Dioura et au Séno Mango, particulièrement dans le scénario-S. Près de 174 000 FCFA pourraient être gagnés (sans tenir compte des frais liés à l'épandage des herbicides) si les besoins en main-d'oeuvre pouvaient être réduits d'un équivalent-adulte pendant la période de sarclage. Le premier sarclage du mil exige 10 journées de travail humain par hectare et la période disponible est de 15 jours, de sorte qu'un équivalent-adulte peut sarcler une moyenne de 1.5 ha. La division des données du tableau 6.33 par 1.5 permet de se faire une idée de la somme d'argent pouvant être dépensée en herbicides par ha, dans le cadre d'un budget équilibré.

Il faut cependant noter que ces prix estimés n'indiquent que des profits marginaux; si les herbicides devaient être appliqués à une échelle plus importante, d'autres contraintes pourraient devenir limitantes, réduisant ainsi le bénéfice dans son ensemble. Pour analyser correctement ces effets, il faut tenir compte de tous les frais engendrés par l'application d'herbicides, concernant notamment la vulgarisation, la formation, l'achat de produits chimiques et la dépréciation du matériel. En tant que technique de culture alternative, l'application d'herbicides peut alors être incorporée dans le modèle-PL afin d'effectuer une évaluation de sa rentabilité.

Tableau 6.33. Prix simulé de la main-d'oeuvre pendant la période du premier sarclage du mil selon les zones agro-écologiques dans les deux scénarios de base [1 000 FCFA par équivalent-adulte].

ZONE AGRO-ÉCOLOGIQUE	PRIX SIMULÉ DE LA MAIN-D'OEUVRE	
	SCENARIO-R	SCENARIO-S
Sourou	-	32
Séno Bankass	-	-
Plateau	0	-
Delta Central	20	-
Méma Dioura	34	162
Séno Mango	34	174
Gourma	0	0
Bodara	14	27
Zone Lacustre	12	41
Hodh	14	29
Méma Sourango	22	106

-: valeur nulle.

0: moins de la moitié de l'unité.

## 7. CONCLUSIONS

Comme indiqué en introduction, l'un des principaux arguments justifiant l'étude que nous présentons ici a été la compétition existant entre les différentes activités agricoles, en ce qui concerne les ressources naturelles limitées. C'est tout particulièrement la compétition entre les cultures et l'élevage, tant dans les zones inondées que pluviales, qui pose d'énormes problèmes. Van Keulen (1990) a expliqué, par ailleurs, que les résultats de ce modèle d'optimisation à buts multiples ne pouvaient pas être utilisés directement pour établir une planification régionale du développement. Il serait nécessaire de traduire les résultats du modèle-PL dans le cadre d'une analyse ultérieure, où il serait plus particulièrement tenu compte des aspects intraduisibles en termes de relations absolues, afin de pouvoir déduire des recommandations formelles en matière de politique du développement. Malheureusement, le temps dévolu à cette étude a été insuffisant pour effectuer une telle analyse approfondie du modèle-PL présenté, incluant également les réactions et rétroactions des acteurs concernés par le développement de la Région. Les conclusions que nous présentons doivent donc être considérées comme provisoires; une analyse complémentaire des résultats est nécessaire, dans le cadre d'une poursuite du projet.

### 7.1 Relation existant entre les résultats du modèle-PL et la situation actuelle

Bien qu'un plan détaillé unique pour le développement de la Région (i.e. un plan d'usage global) ne puisse pas être présenté, les résultats de cette étude offrent des perspectives de développement dans des conditions de durabilité. Deux situations ont été illustrées (sections 6.1 à 6.3). Chacune d'elles est caractérisée par des conditions et contraintes spécifiques, différentes en ce qui concerne les objectifs à atteindre. Les solutions présentées sont optimales, en ce qui concerne le revenu monétaire régional, et cela dans le cadre des conditions et des contraintes imposées.

Ces deux situations, que nous avons appelées "scénario-R" et "scénario-S", divergent de la situation actuelle. L'une des principales raisons est que, contrairement à la situation réelle, des conditions optimales sont supposées, en vue d'atteindre des objectifs maximaux. En outre, seules des relations et des contraintes physiques et techniques ont été prises en compte. Mis à part le fait que la quantification des relations appliquées peut être sujette à débat, il existe une tendance dans ces types d'analyses à surestimer les potentialités de la situation réelle. Autrement dit, les résultats obtenus se réfèrent à des potentialités maximales du point de vue

de la technique. On pourrait objecter que l'innovation technique n'a pas été prise en compte, i.e. que les techniques de production définies et leurs coefficients techniques sont basées sur les connaissances actuelles; dans ce domaine cependant, les possibilités d'améliorations sont bien connues.

Une raison importante de la différence entre les résultats de cette étude et la situation actuelle est que les techniques de production définies sont fondées sur une exploitation durable des ressources naturelles, ce qui n'est pas le cas dans la situation actuelle. Par conséquent, une surexploitation des ressources naturelles, dans les conditions présentes, offre l'opportunité d'atteindre des rendements et un revenu plus élevés, mais seulement temporairement, que ceux réalisés dans les conditions supposées du modèle-PL.

La comparaison des résultats du modèle-PL, c'est-à-dire les scénarios et leurs variantes, avec la situation actuelle n'est pertinente que si la question est posée de savoir comment une transition peut être réalisée pour passer du mode actuel de surexploitation à l'un des modes durables d'exploitation sélectionné. Les différences entre la situation actuelle et la situation prospective devraient fournir des indications quant aux efforts à réaliser dans ce domaine. Il est évident que dans une telle analyse, outre les contraintes techniques, il faut également tenir compte des considérations socio-économiques. La dernière section de ce chapitre formule quelques remarques exploratoires à ce sujet.

Dans les premières sections, les problèmes physiques et agronomiques sont examinés brièvement, de même que les contraintes, et quelques remarques sont faites concernant les perspectives économiques de la Région.

## 7.2 Perspectives agro-économiques

Dans le chapitre précédent, en particulier dans la sous-section 6.2.2, il a été démontré que, dans les conditions économiques actuelles, en ce qui concerne notamment les ratios de prix entre les intrants et les extrants, une exploitation durable des ressources naturelles par des activités agricoles (y compris la pêche) engendre de bas niveaux de revenus par tête d'habitant. En fonction des restrictions d'objectifs appliquées à l'émigration et aux risques en année sèche, le revenu annuel par tête varie entre 26 000 FCFA (87 US\$) et 64 000 (212 US\$), équivalant à 97 000 et 199 999 FCFA (322 - 662 US\$) par unité annuelle de travail humain. Ce revenu monétaire, qui n'inclut pas l'autoconsommation, est cependant supérieur et aux besoins minimaux, requis par les humains, en énergie et en protéines animales.

### *Cultures vivrières*

La satisfaction de la condition de durabilité implique que le revenu monétaire provenant des cultures est négatif. Autrement dit, les intrants monétaires requis pour pratiquer des cultures durables excèdent la valeur du produit commercialisable. Les produits des cultures sont de loin les sources d'énergie les plus importantes dans le régime alimentaire des populations locales; ils satisfont donc les besoins de l'autosuffisance alimentaire et peuvent difficilement contribuer à engendrer des revenus.

Bien que cela soit valable pour l'ensemble des cultures, la situation est différente lorsqu'une différenciation est effectuée entre les divers produits. En termes de rentabilité, le riz est la culture la plus défavorable, particulièrement dans des conditions non ou semi-contrôlées. Les performances du mil, du sorgho et du fonio ne sont pas meilleures. Il en est de même de l'arachide et du niébé, mais étant donné que ces deux cultures produisent, en tant que sous-produit, un fourrage de qualité pour la pratique de l'élevage, leur culture reste économiquement intéressante dans certaines parties de la Région. Les cultures maraîchères sont économiquement attrayantes, mais les exigences de l'irrigation limite les surfaces utilisables. Si cette contrainte pouvait être levée, c'est-à-dire si la superficie pouvait être étendue, il existerait un risque de surproduction, et donc de saturation du marché. Etant donné, par ailleurs, la nature périssable de la plupart des cultures maraîchères et la faible infrastructure en matière de transport, il n'existe que peu d'ouvertures de marchés, sauf peut-être pour les échalotes.

### *Elevage*

L'élevage contribue de manière importante au revenu monétaire régional, essentiellement parce qu'une proportion bien moins élevée de la production totale est requise pour satisfaire les besoins de subsistance. Par ailleurs, l'intrant le plus important en ce qui concerne les techniques de production animale, à savoir la nourriture provenant des pâturages naturels, est "gratuit", c'est-à-dire qu'il ne comprend aucune composante monétaire. Il ne faut cependant pas oublier que tous les frais associés à l'élevage n'ont pas pu être pris en compte dans cette étude; nous n'avons, en effet, pas tenu compte des coûts de l'eau d'abreuvement ainsi que des coûts impliqués par l'exploitation des pâturages de saison sèche aux alentours des villages. Il se peut donc que les revenus nets calculés pour l'élevage soient quelque peu surestimés; il n'en demeure pas moins que ce secteur apporte la contribution de loin la plus importante au revenu monétaire régional.

### *Pêche*

Avec une contribution de 15 milliards de FCFA (en année "normale"), la pêche est également un important secteur du revenu monétaire. Cependant, du fait du grand nombre de personnes employées dans ce secteur, le revenu annuel par unité de travail humain oscille de 115 000 à 150 000 FCFA (380 - 500 US\$). Dans ce secteur, les perspectives d'extension des captures "naturelles" sont assez limitées. Du fait que les mares à poissons ne semblent pas intéressantes du point de vue économique, vu les investissements en éléments nutritifs externes nécessaires, une productivité "naturelle" accrue impliquerait une productivité de travail plus élevée, à savoir un intrant de main-d'oeuvre décroissant associé à un intrant de capital plus élevé.

### *Emigration*

Dans cette étude, l'émigration est définie comme étant un retrait d'individus de la Région, retrait tant physique qu'économique, i.e. pour chercher un emploi hors du secteur agricole. Dans tous les scénarios, toute l'émigration permise a été utilisée, c'est-à-dire qu'il n'y a pas suffisamment d'emplois salariés dans la Région pour une grande partie de la population totale de 1.3 millions d'habitants. En pratique cela implique que, lorsque qu'une production agricole durable est une condition, une pression permanente existe. Elle pousse à quitter le secteur agricole s'il existe une alternative d'emploi génératrice d'un revenu raisonnable. Cela n'est pas seulement valable pour les années sèches: il s'agit d'un phénomène permanent.

### *Prix des engrais minéraux et des produits agricoles*

L'impact de prix d'engrais peu élevés et celui de prix plus élevés au producteur pour ses produits agricoles a été examiné lorsque la culture constitue la base de l'autosuffisance alimentaire.

Lorsque l'on maximise le revenu régional total, une réduction de 50% des prix des engrais minéraux résulte en un développement substantiel de la production en grains dans la Région dans le scénario-R et, d'une manière générale, en de meilleures valeurs pour les variables-objectifs. Dans le scénario-S, la production du secteur des cultures dénote une augmentation d'une moindre importance, mais engendre des différenciations plus grandes. Le revenu régional augmente de 2.7 (scénario-R) ou de 6.6 (scénario-S) millions de FCFA, équivalant à respectivement

45 et 90% des coûts associés aux prix d'engrais peu élevés (sous-section 6.4.2).

Une augmentation des prix au producteur de 50% n'affecte que peu l'utilisation optimale des terres et la production. Il se peut - cet aspect n'a cependant pas été examiné dans cette étude - qu'un prix plancher garanti pour les produits agricoles ait un plus grand effet qu'une augmentation générale des prix (sous-section 6.4.3).

### *Investissements*

Dans l'analyse des intrants-extrants, l'amortissement associé aux investissements en matière de structures d'exploitation et d'infrastructures d'irrigation a été partiellement pris en compte, sans envisager les taux d'intérêt représentés. Des investissements en matière d'infrastructures (excepté pour l'irrigation), telles que les installations de stockage, les puits, forages et autres points d'eau ou les infrastructures institutionnelles, n'ont pas été pris en compte. De plus, lors de l'optimisation, il n'a pas été tenu compte des considérations macro-économiques; les considérations économiques au niveau de l'exploitation ont cependant été, jusqu'à un certain point, prises en compte notamment en ce qui concerne l'utilisation des intrants. Les résultats fournissent des indications quant à la rentabilité de certains des investissements effectués, tels que par exemple l'équipement mécanique et de traction, etc.; il n'est cependant pas possible de s'appuyer sur ces résultats pour juger de la faisabilité économique de l'investissement de fonds publics. Ceux-ci peuvent cependant être indirectement dérivés des besoins qu'impliquent une transition de la situation présente à une exploitation durable.

### *Techniques de production améliorées*

Dans la sous-section 6.4.6, une première tentative d'analyse de l'efficacité et de la faisabilité économique des innovations techniques a été effectuée. Celle-ci est en relation directe avec l'importance de la contribution que de telles innovations peut apporter à la levée des contraintes définies dans cette étude mais entravant le développement régional. Des techniques prometteuses semblent être l'application d'herbicides pour compenser le manque de main-d'oeuvre pendant la période du premier sarclage et l'extension des superficies irriguées pour accroître la sécurité des rendements, même dans des conditions d'environnement défavorables.

En ce qui concerne la gestion des pâturages, plusieurs options techniques sont

possibles: fauchage pour la préservation des sols, lutte contre les feux de brousse, amélioration des pâturages naturels, etc. Les résultats du modèle-PL suggèrent cependant, que la disponibilité fourragère totale n'est pas une contrainte majeure au développement régional. Il existe une certaine incertitude en ce qui concerne la capacité actuelle de production des pâturages naturels dans la Région (sous-section 6.4.5); cependant, la disponibilité fourragère totale en année normale semble suffisante pour nourrir 1.5 millions d'UBT (l'évaluation la plus récente du cheptel de la Région indique 1 million d'UBT environ). Dans la pratique actuelle, il est probable qu'il existe d'autres contraintes importantes qui n'ont pas été incorporées dans le modèle-PL, comme par exemple, la "synchronisation" et la "synlocalisation" de l'offre et de la demande fourragère. Une classification plutôt rudimentaire a été appliquée dans le modèle-PL, i.e. au niveau d'une zone agro-écologique et pour deux périodes de l'année. Une autre contrainte pourrait être l'accessibilité, soit en termes physiques soit en termes de droits, au fourrage des pâturages naturels. Ces contraintes possibles devraient, outre les possibilités techniques existant en matière d'amélioration des pâturages, faire l'objet d'une analyse complémentaire.

### 7.3 Instruments politiques pour la mise en route des interventions

#### 7.3.1 *Les préalables théoriques*

L'état actuel des systèmes de productions rurales dans la Région est le reflet exact des caractéristiques habituelles du sous-développement: très faible productivité, sous équipement, utilisation insuffisante des intrants modernes, importance des techniques culturelles et des soins du bétail "traditionnels", service de crédit défaillant. Cette défection des systèmes de production est imputable non seulement à un certain nombre de causes physiques, biologiques et socio-économiques mais aussi à des contraintes d'ordre structurel, institutionnel et culturel.

L'établissement d'un schéma d'aménagement en soi ne résout pas ces problèmes, le schéma ayant pour objets principaux (i) de permettre une affectation rationnelle de l'espace entre les différentes activités de productions pastorales, culturelles et halieutiques en fonction d'objectifs locaux, régionaux ou nationaux, (ii) de sauvegarder les ressources de la Région tout en visant une productivité optimale. Par ce biais, il fournira une garantie pour les investissements nécessaires à l'intensification des activités.

Cependant, la base juridique et le cadre organisationnel d'un schéma d'aménagement impose à l'état des efforts très importants. Ces derniers sont d'ordre

politique, institutionnel, financier et visent essentiellement à lever les contraintes d'ordre socio-économique:

- les efforts politiques doivent porter sur une définition claire et réaliste des objectifs à atteindre; ils doivent tenir compte des aspirations des niveaux locaux, régionaux et nationaux qui concordent exceptionnellement; les objectifs reconnus doivent être une préoccupation immédiate ou médiate des acteurs sociaux, si l'on veut faire participer la population à leur réalisation;
- les efforts institutionnels consistent, non seulement, en la mise en route des structures administratives et techniques (organisation des marchés, infrastructures routières, etc.) capables de prendre en charge les objectifs définis mais aussi, de remodeler les instruments juridiques en fonction de ces objectifs (e.g. le foncier);
- la politique financière consistera en une politique équilibrée des prix, entre par exemple, les intrants et les extrants des productions agricoles ainsi qu'en un réinvestissement effectif dans l'agriculture d'une part importante des ponctions opérées sur les systèmes de productions rurales.

Ces efforts, pour être efficaces, doivent tenir compte des organisations villageoises (villages entendus en tant qu'organisation socio-économique stable) et socio-professionnelles afin d'entraîner l'adhésion et la participation de la population rurale à une gestion rationnelle des ressources disponibles d'abord, puis à un développement de ces ressources.

### 7.3.2 *Les actions politiques*

Le modèle-PL, tel que présenté, est un instrument dont l'utilisation permet aux décideurs politiques, en fonction des objectifs visés, de cerner dès maintenant à travers son maniement (*i*) les résultats auxquels ils peuvent s'attendre, (*ii*) les goulots d'étranglement d'ordre physique pour atteindre de tels résultats et (*iii*) les répercussions de tel ou tel choix technique sur l'ensemble du système. Par contre, le processus de la mise en oeuvre d'une ou de plusieurs options politiques d'aménagement ou de développement déborde les possibilités du modèle-PL, encore que ce dernier puisse indiquer par son exploitation la direction des actions à entreprendre. Ainsi, quel que soit le scénario auquel on a à faire (scénario-R ou scénario-S) et quels que soient les objectifs techniques ou monétaires visés, la gestion des ressources disponibles (tant naturelles qu'humaines) est une condition sine qua non pour leur réalisation. La distribution des terres aux différentes spéculations ainsi que la répartition de la force de travail disponible aux différentes activités, la limitation des têtes de bétail à un certain niveau et l'intensification agricole sup-

posent (i) la maîtrise foncière, (ii) une acceptation par les producteurs des objectifs visés et (iii) une maîtrise ainsi qu'une organisation des marchés de la Région, toutes choses qui doivent entraîner une relecture et une reformulation de l'arsenal juridique, un certain changement dans les relations entre administrations et administrés, une révision de la politique économique actuelle sur les intrants agricoles et sur certaines taxes.

### 7.3.2.1 La maîtrise foncière par les populations rurales

La croyance selon laquelle l'anarchie dans l'utilisation des ressources naturelles en général, terres, pâturages, plans d'eau, a pour cause principale l'étatisation du statut de la terre et la suppression de l'autorité des groupes sociaux sur la gestion traditionnelle, est encore très forte. Quelque crédit doit être accordé à une telle croyance si l'on sait que les exigences de suivi, de surveillance et de contrôle par l'administration de l'accès aux ressources ne sont pas toujours satisfaisantes. Pour remédier aux lacunes et insuffisances actuelles des pratiques foncières, ceci sans une remise en question du droit éminent de l'état sur les ressources naturelles mais en impliquant des réformes institutionnelles importantes, on doit passer en la matière par une délégation de pouvoir des institutions étatiques aux populations rurales suivant les principes donnés ci-dessous.

L'attribution des ressources naturelles doit se faire à des groupes organisés (villages, groupes de villages, associations pastorales, agro-pastorales ou de pêcheurs). Les groupes organisés doivent rassembler, autant que faire se peut, des familles parentes ou co-résidentes exploitant les mêmes terres, les mêmes parcours avec les mêmes points d'eau, ou les mêmes plans d'eau pendant une grande partie de l'année.

- a. La définition du groupe attributaire ne sera pas toujours facile surtout là où des pratiques historiques ainsi que des habitudes récentes ont transformé les territoires pastoraux, et certains terroirs agricoles, en lieux publics de passages ou de refuge obligés. D'où la nécessité pour l'attribution des terres de tenir compte d'une certaine "andromie" pastorale, agro-pastorale ou agro-piscicole.
- b. L'attribution formelle (décision au niveau du Cercle confirmée par le Gouvernorat avec des garde-fous au niveau national), portant une description des limites cartographiques et un cahier des charges, est une condition indispensable à une prise en charge réelle de la gestion des terres de cultures ou des parcours pastoraux. Les chances de succès seront d'autant plus grandes que les décisions d'attribution, confirmeront autant que possible, des droits d'usage

existants au lieu de les précéder.

- c. A l'intérieur des territoires attribués, la forme d'exploitation - familiale ou individuelle - doit rester la même. Mais les conditions de location et de métayage doivent être réglementées dans le sens de l'équité, si l'on veut par exemple que le métayer investisse dans la mise en valeur du sol.
- d. Cette attribution se fera, en ce qui concerne les territoires strictement pastoraux, sur une définition souple de leurs limites. L'espace situé au delà d'un rayon de 15 km autour d'un point d'eau permanent (15% du territoire de la Région) ne doit pas subir de nouveaux forages et pourrait être considéré comme une zone de pacage commun dont l'exploitation abusive sera freinée par le caractère saisonnier de la disponibilité en eau. Les zones tampons dans la zone deltaïque doivent être sauvegardées et auront le même statut que les pâturages situés au delà d'un rayon de 15 km autour d'un point d'eau permanent.

Des droits de passage du bétail étranger et des droits de pacage prolongé (ces derniers exigeant l'autorisation des groupes attributaires) sont à inscrire dans chaque territoire attribué; ces droits permettront le maintien de la mobilité des troupeaux pour ne pas arrêter le niveau de production élevé lié à la transhumance.

Dans le cas des territoires purement pastoraux, l'attribution n'a aucun sens si les bénéficiaires potentiels n'ont plus d'animaux (cas des éleveurs nomades ayant perdu tout leur cheptel et n'ayant pas eu les moyens de le reconstituer). Dans le cas des territoires agro-pastoraux, la zone deltaïque par exemple, l'attribution à des "eggirgols" organisés en association doit porter sur un espace contrôlable et non sur des terres situées à des dizaines de km (de 50 à 100 km) de leur base (e.g. "eggirgol" des Jalli par rapport à Wallo); dans le cas des "eggirgol" n'ayant pas de bétail mais faisant exploiter contre paiement "leurs" pâturages par des troupeaux "suivistes" et étrangers, l'attribution doit être faite plutôt aux groupes agro-pastoraux résidents qu'à "l'eggirgol" lui-même.

Les résultats attendus de l'affectation des terres sont les suivants:

- a. Diminution de l'effectif des troupeaux: le contrôle de l'utilisation des terres par les usagers bénéficiaires implique un respect de la capacité de charge des pâturages dans les zones pastorales (Gourma, Séno Mango) et surtout dans celles agro-pastorales (Delta Central, Zone Lacustre, Séno Bankass, Méma Dioura). D'où une prise en charge des animaux excédentaires par fourniture de fourrages et d'aliments pour le bétail. Ceci se fera d'abord, par la vente d'une infime fraction de l'excédent -tout relatif- pour supporter un maximum

d'animaux et ensuite, par celle de l'excédent total pour entretenir un optimum d'animaux, c'est-à-dire la recherche de l'accroissement de la production par tête et non plus par nombre de têtes. Ce qui engendrera probablement un développement des pratiques de régénération des pâturages et des cultures fourragères.

- b. Arrêt de la divagation des troupeaux: une bonne gestion de l'espace affecté est impensable sans un gardiennage du bétail aussi bien dans les espaces pastoraux qu'agro-pastoraux; le nombre de gardiens doit être proportionnel au nombre de têtes.
- c. Fixation des champs et intensification des activités: l'attribution des terres dans les formes ci-dessus stabilisera l'appropriation des terroirs par les villages, et à l'intérieur des terroirs, l'appropriation des champs par leurs usagers familiaux ou individuels. Une telle stabilisation facilitera et entraînera, à la limite, une intégration de l'agriculture et de l'élevage.
- d. Remodelage de la fonction de "jowro". La fonction de "jowro" pourrait être maintenue mais en tant que chef berger ou chef de "eggirgol" et non pas en tant que chef de pâturage. Son rôle consistera, à ce moment là, en la fixation des étapes et des dates de départ ainsi que dans la négociation des droits de passage et/ou de pacage avec les différentes associations pastorales ou agro-pastorales visitées.

### 7.3.2.2 Participation de la population

Deux notions sont généralement sous-entendues dans la participation de la population. La première est la participation en tant que prise en charge des coûts monétaires ou de la main-d'oeuvre de telle ou telle entreprise (e.g. participation à la construction des digues ou à la prise en charge du fonctionnement d'un forage). La deuxième sous-entend l'acceptation par la population d'un programme donné et son engagement à le réaliser. En fait, c'est cette deuxième notion qui détermine la manière dont la première est réalisée.

La participation telle qu'elle est entendue ici (la deuxième compréhension) nécessite au moins deux conditions, à savoir A) la résolution des problèmes d'ordre structurel et institutionnel qui pourraient constituer une entrave au fonctionnement harmonieux des systèmes de productions actuels et B) l'organisation des populations dans des structures qui visent réellement à défendre leurs intérêts.

#### A. Résolution des problèmes d'ordre structurel

La non délimitation des terroirs et le difficile accès à la terre constituent dans la Région, en général et dans certaines zones agro-écologiques en particulier (Delta Central, Zone Lacustre, Séno Bankass, Plateau), un problème sérieux pour une partie de plus en plus grande de la population. En fait, les pratiques foncières dites "traditionnelles" ne sont régies ni par les règles en vigueur sous la Dina, ni par celles de l'Etat Malien. Le prix de la kola, qui garantissait à l'étranger, ou au non propriétaire, soit l'ouverture d'un champ, soit l'occupation des pâturages, soit l'exploitation d'un plan d'eau, est de plus en plus remplacé par une forme de rente foncière qui évolue avec les besoins des "propriétaires". Cependant, cet avantage acquis est souvent menacé en fonction même de l'existence de la législation moderne, menace qui se traduit par les dégâts de plus en plus nombreux occasionnés aux champs par les troupeaux, ou par l'occupation des pâturages par des animaux non ayant-droits, ou par l'exploitation des mares par des pêcheurs étrangers munis de leur autorisation officielle de pêche.

D'où un accord de principe général pour une clarification du régime des terres, même si les modalités de la redistribution peuvent faire des mécontents. L'affectation de l'espace à telle ou telle spéculation, et surtout la tendance à maintenir sa fertilité, auraient beaucoup plus de chance d'être comprises et entreprises par les populations rurales si la sécurité foncière était assurée.

#### B. Organisation des populations

La Région connaît un foisonnement d'organisations rurales dont seules quelques unes fonctionnent plus ou moins. L'explication des échecs réside assez souvent dans la non défense des intérêts de la population par les organisations mises en place. Elle réside aussi dans l'attitude de l'encadrement technique et administratif qui peut décourager les bonnes volontés par l'imposition de certains conseils d'administration rejetés par la population.

En fait, les groupes villageois ne sont pas monolithiques; un certain nombre de tensions sourdes peuvent les agiter, mettant en opposition des groupes de familles tant pour des raisons historiques qu'actuelles. Si ces tensions n'ont pas débouché sur l'éclatement du village, ou du campement, ou n'ont pas abouti à des batailles rangées, elles peuvent être suffisamment graves pour bloquer des entreprises d'une certaine envergure. Dans ces conditions, les programmes des activités doivent porter sur une plate-forme minimale acceptable par les parties en présence. Dans cette veine, les options techniques développées par le modèle-PL pourraient servir de point de départ à la mise en place de telles organisations.

Le rôle de l'encadrement technique est important à ce niveau. Il se doit, non seulement, de détecter l'existence de telles oppositions sourdes mais en tenir compte dans la mise sur pied des organisations rurales et cela, à travers l'établissement d'un programme minimal de départ. Il est important alors, que la justesse des conseils techniques prodigués ne se traduise pas par un rejet méprisant des techniques paysannes mais qu'elle soit un effort tendant à aider le paysan à comprendre et à dépasser les contradictions et les impasses de ses propres techniques. Dans ces conditions, l'encadrement technique ne doit pas se limiter aux quelques spécialistes en organisations rurales mais doit être une équipe pluridisciplinaire apte à faire face aux différents problèmes que pourrait affronter telle ou telle organisation. Les problèmes étant nombreux et relatifs aux différentes spéculations, des zones agro-écologiques comme le Plateau et le Sourou, par exemple, devraient être dotées d'agents capables de comprendre les problèmes des cultures maraîchères ainsi que de l'utilisation des engrais.

Ainsi, la participation des populations à leur développement suppose leur compréhension et leur acceptation des programmes proposés. Ceci n'est possible que:

- si ces programmes ont un quelconque écho dans leurs préoccupations actuelles et présentent tout au moins, au départ, une plate-forme à partir de laquelle les rivalités dans le groupes sont amoindries;
- si l'encadrement technique et administratif joue la carte de l'efficacité.

Cette participation suppose aussi que soient résolus les problèmes structurels qui ont bloqué les couches rurales dans leur désir de développer les systèmes de production.

### 7.3.2.3 Maîtrise des marchés

Les systèmes de productions actuels sont essentiellement caractérisés par l'utilisation insuffisante des intrants modernes. Un certain nombre de raisons techniques (non maîtrise technique de l'épandage des engrais par exemple, faiblesse de la pluviométrie), socio-économiques (coûts élevés des produits) expliquent le peu d'engouement des populations rurales pour cette utilisation. Cependant, il est difficile de penser à des systèmes de productions viables en matière de productions agricoles (cultures, élevage) sans l'utilisation de ces intrants, dont l'un des problèmes est justement la non disponibilité et les coûts. Ces intrants portent aussi bien sur les engrais ou les produits phytosanitaires que sur les semences améliorées. L'une des raisons de leur non utilisation est que le paysan ne recupère pas au niveau de l'extrait tout ce qui est engagé en intrants. D'où, pour une politique économique efficace, une maîtrise du marché doit se faire aussi bien en

amont qu'en aval.

- Par la garantie d'un prix plancher au producteur qui permette au paysan de rentrer dans ses fonds; ceci veut dire que ce prix doit être au moins égal au coût de la production; le rejet économique de l'utilisation des intrants modernes se trouve dans le coût élevé de la production par rapport au prix écrasé au niveau du consommateur.
- En facilitant l'accès des intrants à un plus grand nombre de paysans; en effet, leurs coûts actuels sont très élevés pour le pouvoir d'achat du paysan et de plus leur monopole par un certain nombre d'organismes étatiques ou para-étatiques n'est pas de nature à en abaisser le prix. Aussi, doit-on trouver une formule pour mettre les intrants à la portée de la bourse du paysan sans qu'il soit obligé d'utiliser plus de la moitié de sa récolte à rembourser des dettes contractées pour leur acquisition.
- Par l'organisation des marchés intérieurs à la Région (seul le marché de poisson l'est plus ou moins au niveau de Mopti; celui du bétail ne l'est pas encore complètement malgré tout ce qui a pu être fait à Fatoma et ailleurs) et par la recherche d'autres ouvertures aux produits régionaux. Cela implique l'amélioration du réseau routier, la révision des taxes officielles et l'arrêt des taxes non officielles qui font perdre et l'état et le paysan.

L'encadrement administratif et technique a un rôle important à jouer pour l'avènement d'une maîtrise du marché en amenant les couches rurales, à travers leurs organisations, à une gestion rationnelle des ressources et des équipements, à la réalisation de laquelle elles ont participé ou qui sont mis à leur disposition, en aidant à inverser le processus actuel de dégradation de l'écosystème.

L'attribution des terres, des pâturages et des plans d'eau ne doit pas être considérée comme une fin en soi. Par ailleurs, l'introduction d'une panoplie, même complète, de droits individuels associés à une appropriation foncière effective ne peut produire les comportements désirés que si des investissements importants sont faits dans le domaine physique (délimitation des terroirs villageois, des territoires pastoraux) d'une part, et d'autre part, dans le domaine humain (changement de comportement entre encadrés -dans le sens de recevant tout du dehors- et encadreurs - dans le sens de donnant tout majestueusement).



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bocoum I., 1990.  
Capitiaux ligneux et activités de productions sylvicoles dans la zone ESPR. ESPR, Mopti.
- Breman, H. & N. de Ridder (Eds.), 1991.  
Manuel sur les pâturages des pays Sahéliens. Karthala, Paris. in press.
- Breman H. & N. Traoré (Eds.), 1987.  
Analyse des conditions de l'élevage et propositions de politiques et des programmes. République du Mali. Club du Sahel/CILSS, D(86)302, CABO, Wageningen, 243 p.
- Breman, H., 1990.  
Integrating crops and livestock in Southern Mali: Rural development or environmental degradation? In: R. Rabbinge, J. Goudriaan, H. van Keulen, H.H. van Laar & F.W.T. Penning de Vries (Eds.), *Theoretical Production Ecology: reflections and prospects*. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen. (in press).
- Cissé S. & O. Bâ (Eds.), 1990.  
Les systèmes de productions rurales en 5ème Région, Rapport d'Etape, Vol. 1 & 2, ESPR, Mopti, Mali.
- Cissé, S. & P.A. Gosseye (Eds.), 1990.  
Competition pour des ressources limitées: le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 1. Ressources naturelles et population. CABO/ESPR, CABO, Wageningen.
- CRD, 1986.  
Stratégies de développement économique et social de la région de Mopti. Comité Régional de Développement, Région de Mopti, Mopti, Mali, 120 p.
- Duivenbooden, N. van, 1990a.  
Competing for limited resources: the case of the Fifth region of Mali: Report 2B. Sustainability in terms of nutrient elements. CABO, P.O. Box 14, Wageningen, (in prep).
- Duivenbooden, N. van, 1990b.  
Additional simulation results of sorghum, millet and cowpea. CABO/ESPR Working Document No. 7. CABO, Wageningen, 18 p.
- Duivenbooden, N. van & P.A. Gosseye (Eds.), 1990.  
Competition pour des ressources limitées: le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 2. Productions végétales, animales et halieutiques [Competing for limited resources: the case of the Fifth region of Mali: Report 2. Plant, animal and fishery production]. CABO/ESPR, CABO, Wageningen.
- Erenstein, O., 1990.  
Simulation of water-limited yields of sorghum, millet and cowpea for the 5th region of Mali in the framework of quantitative land evaluation. Agric. Univ. Wageningen, Dept. of Theoretical Production Ecology, 60 p. + 191 p. annex.
- FAO/WHO, 1973.  
Energy and protein requirements. Technical Report Series No. 522, Geneva.
- Gallais, J., 1967.  
Le Delta interieur du Niger. Etude de géographie régionale. Tomes I et II. Memoires de l'Institut Fondamental d'Afrique noire. IFAN, Dakar, Senegal.
- Gallais, J., 1984.  
Hommes du Sahel. Espaces-temps et pouvoirs. Le Delta intérieur du Niger 1960-1980. Flammarion, Paris. 289 p.
- IUCN, 1989a.  
Projet de conservation de l'environnement dans le delta intérieur du Niger. Dossier relatif à la creation de "sites de Ramsar" dans le delta intérieur du

- Niger, Mali. Gland, Switzerland. 49 p.
- IUCN, 1989b.  
Conservation de l'environnement dans le delta intérieur du fleuve Niger: Rapport final. Gland, Switzerland. 61 p.
- IUCN, 1989c.  
The IUCN Sahel Studies 1989. IUCN/NORAD. Gland, Switzerland. 152 p.
- Keulen H. van, 1990.  
A multiple goal programming base for analysis of agricultural research and development. In: R. Rabbinge, J. Goudriaan, H. van Keulen, H.H. van Laar & F.W.T. Penning de Vries (Eds.), *Theoretical Production Ecology: reflections and prospects. Simulation Monographs*, Pudoc, Wageningen (in press).
- Le Houérou, H.N. & C.H. Hoste, 1977.  
Rangeland production and annual rainfall relations in the Mediterranean basin and in the African sahelo-sudanian zone. *Journal of Range Management* 30, 181-189.
- Mondot-Bernard, 1980.  
Satisfaction du besoin alimentaire et développement agricole au Mali. Annexe 4, OECD, Paris.
- Nijkamp, P. & J. Spronk, 1980.  
Interactive multiple goal programming: An evaluation and some results. In: (Fandel, G. & T. Gal, Eds.) *Multiple criteria decision making theory and application*. Springer Verlag, Berlin. pp. 278-293.
- Penning de Vries, F.W.T. & M.A. Djitèye (Eds.), 1982.  
La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. *Agric. Res. Rep.* 918. Pudoc, Wageningen. 525 p.
- Piéri, C., 1989.  
Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. CIRAD/IRAT, Montpellier, 444 p.
- Spronk, J. & F. Veeneklaas, 1983.  
A feasibility study of economic and environmental scenarios by means of interactive multiple goal programming. *Regional Science and Urban Economics* 13: 141-160.
- TAC, 1989.  
Sustainable agricultural production: implication for international agricultural research. *FAO Research and Technology Paper* 4, FAO, Rome, 131 p.
- IUCN, 1989.  
Rapport sur l'économie de la Région de Mopti 1975-1985.
- Veeneklaas, F.R., 1990.  
Competition pour des ressources limitées: le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 3. Description formelle du modèle d'optimisation. [Competing for limited resources: the case of the Fifth region of Mali: Report 3. Formal description of the optimization model]. CABO/ESPR, CABO, Wageningen, 62 p.
- Veeneklaas, F.R., S. Cissé, P.A. Gosseye, N. van Duivenbooden & H. van Keulen, 1990.  
Competition pour des ressources limitées: le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 4. Scenarios de développement. [Competing for limited resources: the case of the Fifth region of Mali: Report 4. Development scenarios.] CABO/ESPR, CABO, Wageningen, 182 p. + 37 p. annex.
- Wit, C.T. de, H. van Keulen, N.G. Seligman & I. Spharim, 1988.  
Application of interactive multiple goal programming techniques for analysis and planning of regional agricultural development. *Agricultural Systems* 26: 211-230.

## ANNEXES



## TABLE DES MATIERES

### ANNEX A. DETAILED RESULTS OF THE R-SCENARIO

A1. Goal variables and goal restrictions . . . . .	a5
A2. Land use . . . . .	a6
A3. Production arable farming, normal years and dry years . . . . .	a7
A4. Yields per km <sup>2</sup> arable farming, normal years and dry years . . . . .	a8
A5. Production, auto-consumption and marketable product in a normal year. Grain deficits in a dry year . . . . .	a9
A6. Labour inputs, period 1 (ploughing/sowing time millet) and period 2 (first weeding millet) . . . . .	a10
A7. Labour inputs, period 3 (remainder of the growing season) and period 4 (harvest millet) . . . . .	a11
A8. Labour inputs, period 5 (harvest rice) and period 6 (remainder of the year) . . . . .	a12
A9. Monetary inputs arable farming . . . . .	a13
A10. Oxen and manure inputs arable farming . . . . .	a14
A11. Fertilizer inputs arable farming . . . . .	a15
A12. Forage production, normal years . . . . .	a16
A13. Forage production, dry years . . . . .	a17
A14. Livestock activities . . . . .	a18
A15. Livestock production and livestock inputs . . . . .	a19
A16. Fisheries . . . . .	a20

### ANNEX B. DETAILED RESULTS OF THE S-SCENARIO

B1. Goal variables and goal restrictions . . . . .	a21
B2. Land use . . . . .	a22
B3. Production arable farming, normal years and dry years . . . . .	a23
B4. Yields per km <sup>2</sup> arable farming, normal years and dry years . . . . .	a24
B5. Production, auto-consumption and marketable product in a normal year. Grain deficits in a dry year . . . . .	a25
B6. Labour inputs, period 1 (ploughing/sowing time millet) and period 2 (first weeding millet) . . . . .	a26

B7. Labour inputs, period 3 (remainder of the growing season) and period 4 (harvest millet) . . . . .	a27
B8. Labour inputs, period 5 (harvest rice) and period 6 (remainder of the year) . . . . .	a28
B9. Monetary inputs arable farming . . . . .	a29
B10. Oxen and manure inputs arable farming . . . . .	a30
B11. Fertilizer inputs arable farming . . . . .	a31
B12. Forage production, normal years . . . . .	a32
B13. Forage production, dry years . . . . .	a33
B14. Livestock activities . . . . .	a34
B15. Livestock production and livestock inputs . . . . .	a35
B16. Fisheries . . . . .	a36

<b>ANNEX C LISTE DES ACRONYMES ET ABBREVIATIONS . . . . .</b>	<b>a37</b>
---	------------

## ANNEX A. DETAILED RESULTS OF THE R-SCENARIO

## A1. Goal variables and goal restrictions

MODEL:MALISS

OBJECTIVE STATUS = 1 OBJECTIVE VALUE = 66695.21

	RESTRIC TION	VALUE IN OPTIMIZATION
(1)TOTAL MILLET/SORGHUM/FONIO PRODUCTION NORMAL YEAR [TON]	≥ 160000.	160000. ( -0.02597)
(2) TOTAL RICE PRODUCTION NORMAL YEAR [TON]	≥ 20000.	28512. ( 0.00000)
(3) TOTAL MARKETABLE CROP PRODUCTION NORMAL YEAR [TON]	≥ 0.	45160. ( 0.00000)
(4) GROSS REVENUE CROPS, FISH AND MEAT NORMAL YEAR [MILL.FCFA]	≥ 0.	66695. ( 0.00000)
(5) TOTAL EMPLOYMENT [MAN-YEARS]	≥ 300000.	335816. ( 0.00000)
(6) TOTAL MEAT PRODUCTION NORMAL YEAR, FIRE [TON]	≥ 23000.	124631. ( 0.00000)
(7) TOTAL NUMBER OF ANIMALS NORMAL YEAR, FIRE [1000 TLU]	≥ 0.	1762. ( 0.00000)
(8) TOTAL MONEY INPUTS CROP, FISH AND LIVESTOCK ACTIV. [MILLION FCFA]	≤ 35000.	15176. ( 0.00000)
(9) TOTAL GRAIN DEFICIT IN A DRY YEAR [TON MILLET EQUIVALENT]	≤ 150000.	140711. ( 0.00000)

## RESTRICTED VARIABLES (PSEUDO GOALS)

(1)TOTAL MILLET/SORGHUM/FONIO PRODUCTION DRY YEAR [TON]	≥ 80000.	81561. ( 0.00000)
(2) TOTAL RICE PRODUCTION DRY YEAR [TON]	≥ 10000.	10000. ( -0.45797)
(3) TOTAL CROP PRODUCTION DRY YEAR [TON]	≥ 100000.	189729. ( 0.00000)
(4) AREA NATURE RESERVES IN THE DELTA [KM2]	≥ 1.	1. ( -0.93955)
(5) TOTAL MILK PRODUCTION NORMAL YEAR, FIRE [TON]	≥ 204000.	228219. ( 0.00000)
(6) TOTAL BEEF PRODUCTION NORMAL YEAR, FIRE [TON]	≥ 11500.	65998. ( 0.00000)
(7) TOTAL NUMBER OF ANIMALS AT RISK IN A DRY YEAR, FIRE [1000 TLU]	≤ 400.	400. ( 18.27339)
(8) TOTAL MONEY INPUTS CROP ACTIVITIES [MILLION FCFA]	≤ 20000.	5988. ( 0.00000)
(9) TOTAL MONEY INPUTS LIVESTOCK [MILLION FCFA]	≤ 10000.	2230. ( 0.00000)
(10) SUM SUB-REGIONAL GRAIN DEFICITS DRY YEAR [TON MILLET EQUIV.]	≤ 150000.	150000. ( 0.00191)
(11) EMIGRATION [PERSONS]	≤ 250000.	250000. ( 0.09590)



### A3. Production arable farming, normal years and dry years

YIELDS, NORMAL YEARS [TON]	SOUROU				MEMA D. SENO H.				BODARA ZONE LAC				HODD MEMA S. SF REGION +C.de NIAF.			
	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO H.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S. SF REGION +C.de NIAF.	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO H.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S. SF REGION +C.de NIAF.
1. MILLET EXTENSIVE	9192.	18622.	2010.	0.	442.	0.	2342.	0.	66685.	0.	2183.	8988.	1292.	6010.	405.	0.
2. MILLET SEMI-INTENS.	22820.	14595.	15937.	5860.	2183.	8988.	6010.	0.	84829.	0.	2183.	8988.	1292.	6010.	405.	0.
3. MILLET INTENSIVE	7302.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	7302.	0.	2183.	8988.	1292.	6010.	405.	0.
4. MILLET TOTAL	39314.	33217.	17947.	5860.	2183.	8988.	6010.	0.	158816.	0.	2183.	8988.	1292.	6010.	405.	0.
5. FONIO	0.	151.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	151.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6. SORGHUM EXTENSIVE	0.	0.	0.	0.	206.	0.	827.	0.	1033.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7. SORGHUM SEMI-INTEN.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1033.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8. TOTAL M/S/F	39314.	40967.	33217.	5860.	2183.	9635.	1292.	9179.	160000.	0.	2183.	9635.	1292.	9179.	405.	0.
9. PEANUT	6081.	10390.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	16470.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10. COMPEA SEMI-INTENS.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11. COMPEA INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12. ONION	3267.	3500.	45500.	0.	700.	3500.	21000.	0.	77467.	0.	700.	3500.	21000.	0.	77467.	0.
13. OTHER VEGETABLES	107.	0.	17600.	0.	0.	0.	0.	0.	17707.	0.	0.	0.	0.	0.	17707.	0.
14. FODDER CROPS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15. RICE, HORS CASIERS	0.	0.	0.	780.	0.	0.	307.	0.	1087.	0.	0.	0.	0.	0.	1087.	0.
16. RICE, ORM CASIERS	0.	0.	24617.	0.	0.	0.	0.	0.	24617.	0.	0.	0.	0.	0.	24617.	0.
17. RICE IRRIGATED	0.	0.	2808.	0.	0.	0.	0.	0.	2808.	0.	0.	0.	0.	0.	2808.	0.
18. RICE TOTAL	0.	0.	27425.	780.	0.	0.	307.	0.	28512.	0.	0.	0.	0.	0.	28512.	0.
19. VACANT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20. TOTAL	48768.	54857.	78717.	6640.	2883.	13135.	30486.	0.	300156.	0.	2883.	13135.	1292.	30486.	405.	0.
YIELDS, DRY YEARS [TON]																
1. MILLET EXTENSIVE	4623.	20322.	8472.	368.	0.	48.	781.	0.	34593.	0.	1025.	4219.	0.	2073.	0.	0.
2. MILLET SEMI-INTENS.	11854.	3500.	8108.	8949.	2751.	1025.	2073.	0.	42479.	0.	1025.	4219.	0.	2073.	0.	0.
3. MILLET INTENSIVE	3785.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	3785.	0.	1025.	4219.	0.	2073.	0.	0.
4. MILLET TOTAL	20263.	23822.	16580.	9297.	2751.	1025.	2853.	0.	80856.	0.	1025.	4219.	0.	2073.	0.	0.
5. FONIO	0.	80.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	80.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6. SORGHUM EXTENSIVE	0.	0.	0.	0.	124.	0.	500.	0.	628.	0.	0.	124.	0.	500.	0.	0.
7. SORGHUM SEMI-INTEN.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	628.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8. TOTAL M/S/F	20263.	23902.	16580.	9297.	2751.	1025.	3353.	0.	81561.	0.	1025.	4391.	0.	3353.	0.	0.
9. PEANUT	1106.	1889.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2995.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10. COMPEA SEMI-INTENS.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11. COMPEA INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12. ONION	3267.	3500.	45500.	0.	700.	3500.	21000.	0.	77467.	0.	700.	3500.	21000.	0.	77467.	0.
13. OTHER VEGETABLES	107.	0.	17600.	0.	0.	0.	0.	0.	17707.	0.	0.	0.	0.	0.	17707.	0.
14. FODDER CROPS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15. RICE, HORS CASIERS	0.	0.	0.	114.	0.	0.	45.	0.	158.	0.	0.	0.	0.	45.	0.	0.
16. RICE, ORM CASIERS	0.	0.	7034.	0.	0.	0.	0.	0.	7034.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
17. RICE IRRIGATED	0.	0.	2808.	0.	0.	0.	0.	0.	2808.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
18. RICE TOTAL	0.	0.	9842.	114.	0.	0.	45.	0.	10000.	0.	0.	0.	0.	45.	0.	0.
19. VACANT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20. TOTAL	24742.	29291.	62080.	36738.	2865.	7891.	24398.	0.	189729.	0.	1725.	7891.	0.	24398.	0.	0.

A4. Yields per km<sup>2</sup> arable farming, normal years and dry years

RENDEMENTS, NORMAL YEARS [TON/KM <sup>2</sup> ]	SOUROU				MEMA D.				MEMA S. SE REGION			
	SENO B.	PLATEAU DELTA	C. MEMA D.	SENO M.	COURMA	BODARA ZONE	LAC	HODD	MEMA S.	SE REGION	+C.de	NIAP.
1. MILLET EXTENSIVE	42.	40.	28.	36.	0.	19.	0.	15.	0.	34.		
2. MILLET SEMI-INTENS.	77.	77.	63.	64.	49.	49.	27.	29.	27.	0.	57.	
3. MILLET INTENSIVE	191.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	191.	
4. MILLET TOTAL	71.	43.	37.	59.	49.	46.	27.	23.	27.	0.	45.	
5. FONIO	0.	30.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	30.	
6. SORGHUM EXTENSIVE	0.	0.	0.	0.	48.	0.	48.	0.	48.	0.	48.	
7. SORGHUM SEMI-INTEN.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
8. TOTAL M/S/F	71.	43.	37.	59.	49.	46.	27.	24.	27.	0.	45.	
9. PEANUT	110.	110.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	110.	
10. COMPEA SEMI-INTENS.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
11. COMPEA INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
12. ONION	3500.	3500.	3500.	0.	3498.	3500.	0.	3500.	0.	0.	3500.	
13. OTHER VEGETABLES	1598.	0.	0.	1600.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1600.	
14. FODDER CROPS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
15. RICE, HORS CASIERS	0.	0.	0.	0.	48.	0.	0.	48.	0.	0.	48.	
16. RICE, ORM CASIERS	0.	0.	0.	224.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	224.	
17. RICE IRRIGATED	0.	0.	0.	720.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	720.	
18. RICE TOTAL	0.	0.	0.	241.	48.	0.	0.	48.	0.	0.	209.	
19. VACANT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
20. TOTAL	80.	53.	86.	146.	49.	64.	27.	78.	27.	0.	78.	
RENDEMENTS, DRY YEARS [TON/KM <sup>2</sup> ]												
SOUROU												
SENO B. PLATEAU DELTA C. MEMA D. SENO M. COURMA BODARA ZONE LAC HODD MEMA S. SE REGION												
1. MILLET EXTENSIVE	21.	24.	13.	6.	0.	2.	0.	5.	0.	18.		
2. MILLET SEMI-INTENS.	40.	40.	35.	36.	23.	23.	0.	10.	0.	29.		
3. MILLET INTENSIVE	99.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	99.	
4. MILLET TOTAL	37.	25.	18.	30.	23.	21.	0.	8.	0.	23.		
5. FONIO	0.	16.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	16.	
6. SORGHUM EXTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	29.	0.	29.	0.	29.		
7. SORGHUM SEMI-INTEN.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.		
8. TOTAL M/S/F	37.	25.	18.	30.	23.	21.	0.	9.	0.	23.		
9. PEANUT	20.	20.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	20.	
10. COMPEA SEMI-INTENS.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
11. COMPEA INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
12. ONION	3500.	3500.	3500.	0.	3498.	3500.	0.	3500.	0.	0.	3500.	
13. OTHER VEGETABLES	1598.	0.	0.	1600.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1600.	
14. FODDER CROPS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
15. RICE, HORS CASIERS	0.	0.	0.	0.	7.	0.	0.	7.	0.	0.	7.	
16. RICE, ORM CASIERS	0.	0.	0.	64.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	64.	
17. RICE IRRIGATED	0.	0.	0.	720.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	720.	
18. RICE TOTAL	0.	0.	0.	86.	7.	0.	0.	7.	0.	0.	73.	
19. VACANT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
20. TOTAL	41.	28.	68.	85.	21.	39.	0.	62.	0.	0.	49.	







## A8. Labour inputs, period 5 (harvest rice) and period 6 (remainder of the year)

		INPUTS CROP, LIVESTOCK AND FISH ACTIVITIES, LABOUR: HARVEST RICE (=1) AND REST OF THE YEAR (=2), [MAN]															
		SOUROU		SENO B.		PLATEAU DELTA C.		MEHA D.		SENO H.		GOURMA		BODARA ZONE LAC		HOOD MEHA S. SE REGION +C.de NIAP.	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
MILLET EXTENSIVE AND FONIO	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	1805.	7336.	4828.	1033.	0.	0.	0.	0.	0.	178.	0.	1654.	0.	16834.	0.	0.
MILLET SEMI-INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	4267.	1260.	3336.	3570.	1722.	641.	2641.	689.	2735.	216.	0.	21077.	0.	0.	0.	0.
MILLET INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	902.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	902.	0.	0.	0.	0.
SORGHUM EXTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	42.	0.	172.	0.	214.	0.	214.	0.	0.	0.
SORGHUM SEMI-INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PEANUT SEMI-INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	132.	226.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	358.
COMPEA SEMI-INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
COMPEA INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
VEGETABLES (INCL.ONIONS)	(1)	738.	754.	9802.	5874.	0.	150.	754.	4528.	0.	4528.	0.	22596.	0.	22596.	0.	0.
	(2)	738.	754.	9802.	5874.	0.	150.	754.	4528.	0.	4528.	0.	22596.	0.	22596.	0.	0.
FODDER CROPS	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RICE HORS CASTIERS	(1)	0.	0.	0.	0.	1300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	510.	0.	1810.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	178.	0.	0.	0.	0.	0.	70.	0.	248.	0.	0.	0.
RICE ORM CASTIERS	(1)	0.	0.	0.	40113.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	40113.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	769.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	769.	0.	0.	0.
RICE IRRIGATED	(1)	0.	0.	0.	2028.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2028.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	483.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	483.	0.	0.	0.
VACANT	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
CROPS TOTAL	(1)	738.	754.	9802.	48015.	1300.	150.	754.	5034.	0.	5034.	0.	66547.	0.	66547.	0.	0.
	(2)	7844.	9576.	17966.	11729.	1900.	791.	3615.	689.	9155.	216.	0.	63481.	0.	63481.	0.	0.
LIVESTOCK TOTAL	1	15732.	4420.	14073.	45913.	7174.	9416.	7326.	5586.	29510.	4060.	1789.	145001.	0.	145001.	0.	0.
LIVESTOCK TOTAL FULL TIME FISHERMEN	2	15732.	4420.	14073.	45913.	7174.	9416.	7326.	5586.	29510.	4060.	1789.	145001.	0.	145001.	0.	0.
EMIGRATION [MAN-YEARS]		0.	0.	0.	39932.	0.	0.	0.	0.	20049.	0.	0.	59980.	0.	59980.	0.	0.
		12202.	26363.	89164.	0.	0.	0.	34771.	0.	0.	0.	0.	162500.	0.	162500.	0.	0.
LABOUR SUPPLY		84500.	135850.	192400.	133860.	19500.	13650.	61750.	10120.	85100.	5520.	1843.	744090.	0.	744090.	0.	0.
SHADOW PRICES	1	0.00000	0.00000	0.00000	0.05572	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00782	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
LABOUR INPUT MAN-YEARS		29448.	24203.	37144.	127271.	10012.	10500.	12294.	6631.	72966.	4397.	1802.	336669.	0.	336669.	0.	0.
EMIGRATION [PERSONS]		18773.	40558.	137175.	0.	0.	0.	53494.	0.	0.	0.	0.	250000.	0.	250000.	0.	0.

## A9. Monetary inputs arable farming

INPUTS CROP ACTIVITIES, MONEY: CAPITAL COSTS (=1) AND OTHER CHARGES (=2) [MILLION FCFA]											
	SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S. 5E REGION +C.de NIAP.		
MILLET EXTENSIVE (1)	25.	60.	47.	13.	0.	0.	2.	0.	11.	0.	0.
AND FONIO (2)	3.	15.	11.	1.	0.	0.	0.	0.	2.	0.	137.
MILLET SEMI-INTENSIVE (1)	79.	23.	62.	67.	32.	49.	13.	55.	4.	0.	396.
(2)	9.	3.	7.	8.	4.	6.	1.	6.	0.	0.	46.
MILLET INTENSIVE (1)	37.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	37.
(2)	25.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	25.
SORGHUM EXTENSIVE (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	2.
(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
SORGHUM SEMI-INTENSIVE (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PEANUT SEMI-INTENSIVE (1)	34.	59.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	93.
(2)	124.	213.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	337.
COMPEA SEMI-INTENSIVE (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
COMPEA INTENSIVE (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
VEGETABLES (INCL.ONIONS) (1)	0.	0.	4.	3.	0.	0.	0.	2.	0.	0.	10.
(2)	19.	20.	263.	59.	0.	20.	0.	122.	0.	0.	507.
FODDER CROPS (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RICE HORS CASIERS (1)	0.	0.	0.	0.	7.	0.	0.	3.	0.	0.	9.
(2)	0.	0.	0.	0.	12.	0.	0.	5.	0.	0.	17.
RICE ORM CASIERS (1)	0.	0.	0.	378.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	378.
(2)	0.	0.	0.	307.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	307.
RICE IRRIGATED (1)	0.	0.	0.	137.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	137.
(2)	0.	0.	0.	70.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	70.
VACANT (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
CROPS TOTAL (1)	175.	142.	112.	598.	38.	12.	51.	13.	72.	4.	1218.
(2)	181.	251.	281.	444.	16.	5.	26.	1.	136.	0.	1343.

## A10. Oxen and manure inputs arable farming

INPUTS CROP ACTIVITIES, OXEN (=1) [NUMBER] AND ORGANIC MANURE (=2) [1000 TON]		SOUROU	SENO B.	PLATEAU	DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA	ZONE LAC	HODD	MEMA S.	SE REGION
MILLET EXTENSIVE	(1)	1912.	0.	0.	1862.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
AND FONIO	(2)	0.	0.	0.	15.	0.	0.	0.	0.	22.	0.	0.	3755.
MILLET SEMI-INTENSIVE	(1)	9780.	2888.	7645.	8276.	3947.	1470.	6053.	1579.	6840.	495.	0.	48973.
	(2)	80.	24.	51.	62.	21.	8.	31.	5.	37.	1.	0.	318.
MILLET INTENSIVE	(1)	2867.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2867.
	(2)	8.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	8.
SORGHUM EXTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
SORGHUM SEMI-INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PEANUT SEMI-INTENSIVE	(1)	2764.	4723.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	7487.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
COMPEA SEMI-INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
COMPEA INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
VEGETABLES (INCL.-ONIONS)	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	1.	1.	13.	7.	0.	0.	1.	0.	6.	0.	0.	29.
FODDER CROPS	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RICE HORS CASTERS	(1)	0.	0.	0.	0.	813.	0.	0.	0.	319.	0.	0.	1132.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RICE ORM CASTERS	(1)	0.	0.	0.	5495.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	5495.
	(2)	0.	0.	0.	46.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	46.
RICE IRRIGATED	(1)	0.	0.	0.	195.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	195.
	(2)	0.	0.	0.	2.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2.
VACANT	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
CROPS TOTAL	(1)	17324.	7610.	7645.	15808.	4759.	1470.	6053.	1579.	7159.	495.	0.	69903.
	(2)	89.	25.	64.	131.	21.	8.	32.	5.	65.	1.	0.	441.
SHADOW PRICES	1	0.-01514	0.-01395	0.-01394	0.-01776	0.-00993	0.-00992	0.-01486	0.-01231	0.-01983	0.-01231	0.-00818	
SHADOW PRICES	2	0.-01738	0.-01640	0.-01477	0.-00000	0.-00000	0.-00000	0.-01431	0.-00000	0.-00000	0.-00000	0.-00000	0.-00000



## A12. Forage production, normal years

	SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA	ZONE LAC	HODD	MEMA S.	SE REGION	+C.de NIAF.
FORAGE PRODUCTION [TON], DRY YEARS												
BYPRODUCTS Q=1	45578.	76523.	56906.	37299.	8104.	12916.	1483.	20173.	465.	0.	262366.	0.
BYPRODUCTS Q=2	598.	42.	0.	3985.	48.	0.	0.	19.	0.	0.	4691.	0.
BYPRODUCTS Q=3	0.	167.	0.	69.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	237.	0.
BYPRODUCTS Q=4	335.	567.	0.	624.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1526.	0.
PASTURES £15, W.S. Q=1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES £15, W.S. Q=2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES £15, W.S. Q=3	29969.	29259.	1226.	0.	1675.	7302.	0.	0.	0.	0.	78690.	0.
PASTURES £15, W.S. Q=4	73417.	26178.	60524.	36044.	29770.	23111.	18158.	90436.	10287.	14384.	415700.	0.
NO FIRE / MOWING												
PASTURES £15, DR.S Q=1	28808.	22924.	89265.	177507.	19868.	7050.	0.	15412.	0.	0.	365925.	0.
PASTURES £15, DR.S Q=2	98769.	88088.	174061.	2901040.	62293.	62941.	9213.	543622.	1857.	17702.	4023404.	0.
PASTURES £15, DR.S Q=3	115708.	1680.	21901.	5075.	43874.	28837.	42070.	38168.	27088.	26253.	411946.	0.
PASTURES £15, DR.S Q=4	0.	0.	0.	0.	1498.	2321.	43.	0.	197.	111.	10013.	0.
WOODY SPECIES	34147.	4144.	17758.	4564.	5179.	4621.	1701.	29557.	1297.	6704.	114844.	0.
FIRE												
PASTURES £15, DR.S Q=1	22821.	19533.	23753.	29597.	3112.	5640.	0.	6136.	0.	0.	114664.	0.
PASTURES £15, DR.S Q=2	90973.	79724.	79321.	350527.	39281.	22095.	9213.	58143.	1853.	17702.	806568.	0.
PASTURES £15, DR.S Q=3	115708.	1680.	31603.	757481.	42323.	40124.	42070.	186837.	27070.	25357.	1331238.	0.
PASTURES £15, DR.S Q=4	0.	0.	0.	0.	1498.	2321.	43.	0.	197.	111.	10013.	0.
WOODY SPECIES	34147.	4144.	17758.	4564.	5179.	4621.	1701.	29557.	1297.	6704.	114844.	0.
PASTURES ¥15, W.S. Q=1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES ¥15, W.S. Q=2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES ¥15, W.S. Q=3	10164.	0.	37.	30.	0.	11890.	0.	0.	0.	0.	22121.	0.
PASTURES ¥15, W.S. Q=4	34934.	0.	2841.	1551.	26249.	13840.	58923.	63477.	17914.	16570.	344459.	0.

## A13. Forage production, dry years

FORAGE PRODUCTION [TON], NORMAL YEARS													
		SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S.	SE REGION		
		+C.de NIAF.											
BYPRODUCTS Q=1	71754.	107014.	88440.	83297.	14355.	4655.	21059.	3421.	36364.	1074.	0.	431433.	
BYPRODUCTS Q=2	844.	78.	0.	9524.	328.	0.	0.	0.	129.	0.	0.	10902.	
BYPRODUCTS Q=3	0.	314.	0.	69.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	383.	
BYPRODUCTS Q=4	1828.	3117.	0.	624.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	5569.	
PASTURES ≤15, W.S. Q=1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
PASTURES ≤15, W.S. Q=2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
PASTURES ≤15, W.S. Q=3	54577.	62478.	29405.	25324.	21925.	43091.	25995.	0.	57655.	777.	17665.	338892.	
PASTURES ≤15, W.S. Q=4	63837.	10950.	37932.	14033.	28295.	21924.	20508.	35769.	165857.	17509.	15019.	431632.	
NO FIRE / MOWING													
PASTURES ≤15, DR.S Q=1	81423.	83821.	159561.	294732.	46554.	41180.	30661.	0.	44545.	1804.	38086.	822367.	
PASTURES ≤15, DR.S Q=2	105317.	64817.	280663.	4589537.	156758.	160028.	114976.	95606.	908242.	54608.	90037.	6620590.	
PASTURES ≤15, DR.S Q=3	113787.	1680.	21901.	8731.	11582.	7493.	26687.	6447.	28537.	13609.	6021.	246477.	
PASTURES ≤15, DR.S Q=4	0.	0.	0.	0.	1498.	2321.	5844.	43.	0.	197.	111.	10013.	
WOODY SPECIES	34147.	4144.	17758.	4564.	5179.	5171.	4621.	1701.	29557.	1297.	6704.	114844.	
FIRE													
PASTURES ≥15, DR.S Q=1	62642.	70781.	43259.	42625.	16021.	31484.	22211.	0.	28173.	1514.	31109.	349819.	
PASTURES ≥15, DR.S Q=2	90808.	55063.	114263.	185160.	113732.	136632.	42587.	84244.	69812.	48405.	73636.	1014341.	
PASTURES ≥15, DR.S Q=3	113787.	1680.	42889.	1527082.	11165.	7462.	50320.	5731.	327014.	12097.	5522.	2104750.	
PASTURES ≥15, DR.S Q=4	0.	0.	0.	0.	1498.	2321.	5844.	43.	0.	197.	111.	10013.	
WOODY SPECIES	34147.	4144.	17758.	4564.	5179.	5171.	4621.	1701.	29557.	1297.	6704.	114844.	
PASTURES ≥15, W.S. Q=1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
PASTURES ≥15, W.S. Q=2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
PASTURES ≥15, W.S. Q=3	13860.	0.	1557.	1169.	17499.	117737.	0.	0.	25596.	1500.	21353.	200272.	
PASTURES ≥15, W.S. Q=4	35714.	0.	1571.	598.	23333.	73343.	13840.	119541.	125430.	36057.	20654.	450079.	

## A14. Livestock activities

LIVESTOCK ACTIVITIES [1000 TLU]	SOUROU										MEMA S. 5E REGION +C.de NIAF.	
	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S. 5E REGION +C.de NIAF.				
1. CATTLE SED. OXEN 1	31.3	13.7	28.5	8.6	2.7	10.9	2.9	12.9	0.9	0.0	0.0	126.
2. CATTLE SED. MEAT 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
3. CATTLE SED. MEAT 2	0.0	0.0	0.0	13.6	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	40.
4. CATTLE MOB. MEAT 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
5. CATTLE MOB. MEAT 3	0.0	0.0	780.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	781.
6. VACANT												
7. CATTLE SED. MILK 2	60.3	0.0	14.1	12.6	4.5	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	97.
8. CATTLE SED. MILK 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
9. CATTLE MOB. MILK 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
10. CATTLE MOB. MILK 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
11. CATTLE SED. MILK 4C	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.
12. CATTLE SED. MILK 4	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.
13. SHEEP \$15 MEAT 1	0.0	15.0	38.2	38.5	38.5	0.7	17.9	0.0	10.9	9.5	169.	
14. SHEEP \$15 MEAT 3	20.4	0.0	5.2	0.0	0.0	18.8	5.3	170.4	8.4	0.0	229.	
15. SHEEP MOB. MEAT 1	0.0	3.6	0.0	2.6	20.9	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	38.	
16. SHEEP MOB. MEAT 3	0.0	1.7	15.6	104.4	0.0	11.3	0.0	0.0	3.8	0.0	137.	
17. SHEEP SED. MEAT 4	3.1	0.0	0.0	1.4	1.4	2.5	0.1	0.0	0.3	0.2	9.	
18. GOATS \$15 MEAT 1B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	
19. GOATS \$15 MEAT 3B	44.6	0.0	23.2	0.0	0.0	6.0	2.2	0.0	1.7	0.0	78.	
20. GOATS MOB. MEAT 1B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	
21. GOATS MOB. MEAT 3B	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.	
22. DONKEY SED. 2	3.3	5.2	7.4	0.8	0.5	2.4	0.6	4.6	0.3	0.1	32.	
23. CAMELS 1B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.	
24. VACANT												
TOTAL	163.	45.	103.	956.	84.	57.	40.	188.	26.	23.	1762.	



## A16. Fisheries

FISHERIES (PRIMARY MIGRANT = 1; PRIMARY SEDENTARY = 2; SECONDARY SED. = 3)

## NORMAL YEARS

	PRODUCTION [TON]	LABOUR INPUT [HOUSEHOLDS]	LABOUR INPUT [MAN-YEARS]	DEPRECIATION [MILL.CFA]	OTHER COSTS [MILL.CFA]	PRODUCTIVITY [TON/HOUSEHOLD]
FISHING ACTIVITY 1	77543.	16569.	59980.	3016.	2750.	4.680
FISHING ACTIVITY 2	0.	0.	0.	0.	0.	3.740
FISHING ACTIVITY 3	15891.	20910.	37847.	648.	544.	0.760
TOTAL	93435. ( 0.00000)	37479.	97827.	3664.	3294.	

## DRY YEARS

	PRODUCTION [TON]	LABOUR INPUT [HOUSEHOLDS]	LABOUR INPUT [MAN-YEARS]	DEPRECIATION [MILL.CFA]	OTHER COSTS [MILL.CFA]	PRODUCTIVITY [TON/HOUSEHOLD]
FISHING ACTIVITY 1	44405.	16569.	59980.	3016.	2750.	2.680
FISHING ACTIVITY 2	0.	0.	0.	0.	0.	2.140
FISHING ACTIVITY 3	8991.	20910.	37847.	648.	544.	0.430
TOTAL	53396. ( 0.26003)	37479.	97827.	3664.	3294.	

AUTO-CONSUMPTION FISH [TON] 12218.

## ANNEX B. DETAILED RESULTS OF THE S-SCENARIO

## B1. Goal variables and goal restrictions

MODEL:MALI5S

OBJECTIVE STATUS = 1 OBJECTIVE VALUE = 32488.13

	RESTRIC TION	VALUE IN OPTIMIZATION
(1)TOTAL MILLET/SORGHUM/FONIO PRODUCTION NORMAL YEAR [TON]	≥ 160000.	282247. ( 0.00000)
(2) TOTAL RICE PRODUCTION NORMAL YEAR [TON]	≥ 42000.	42000. ( -0.25205)
(3) TOTAL MARKETABLE CROP PRODUCTION NORMAL YEAR [TON]	≥ 0.	100617. ( 0.00000)
(4) GROSS REVENUE CROPS, FISH AND MEAT NORMAL YEAR [MILL.FCFA]	≥ 0.	32488. ( 0.00000)
(5) TOTAL EMPLOYMENT [MAN-YEARS]	≥ 336000.	336000. ( -0.11014)
(6) TOTAL MEAT PRODUCTION NORMAL YEAR, FIRE [TON]	≥ 23000.	86854. ( 0.00000)
(7) TOTAL NUMBER OF ANIMALS NORMAL YEAR, FIRE [1000 TLU]	≥ 0.	1491. ( 0.00000)
(8) TOTAL MONEY INPUTS CROP, FISH AND LIVESTOCK ACTIV. [MILLION FCFA]	≤ 35000.	23629. ( 0.00000)
(9) TOTAL GRAIN DEFICIT IN A DRY YEAR [TON MILLET EQUIVALENT]	≤ 110000.	110000. ( 0.50180)

## RESTRICTED VARIABLES (PSEUDO GOALS)

(1)TOTAL MILLET/SORGHUM/FONIO PRODUCTION DRY YEAR [TON]	≥ 80000.	151597. ( 0.00000)
(2) TOTAL RICE PRODUCTION DRY YEAR [TON]	≥ 10000.	12107. ( 0.00000)
(3) TOTAL CROP PRODUCTION DRY YEAR [TON]	≥ 100000.	235008. ( 0.00000)
(4) AREA NATURE RESERVES IN THE DELTA [KM2]	≥ 1.	1. ( -2.47733)
(5) TOTAL MILK PRODUCTION NORMAL YEAR, FIRE [TON]	≥ 204000.	204000. ( -0.02493)
(6) TOTAL BEEF PRODUCTION NORMAL YEAR, FIRE [TON]	≥ 11500.	56232. ( 0.00000)
(7) TOTAL NUMBER OF ANIMALS AT RISK IN A DRY YEAR, FIRE [1000 TLU]	≤ 100.	100. ( 54.10836)
(8) TOTAL MONEY INPUTS CROP ACTIVITIES [MILLION FCFA]	≤ 15000.	15000. ( 3.04227)
(9) TOTAL MONEY INPUTS LIVESTOCK [MILLION FCFA]	≤ 10000.	1647. ( 0.00000)
(10) SUM SUB-REGIONAL GRAIN DEFICITS DRY YEAR [TON MILLET EQUIV.]	≤ 130000.	130000. ( 0.11292)
(11) EMIGRATION [PERSONS]	≤ 50000.	50000. ( 0.23561)

## B2. Land use

LAND USE [ KM2 ]	SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S.	SE REGION	+C.de	NIAF.
1. MILLET EXTENSIVE	154.	804.	567.	5.	0.	23.	66.	140.	33.	0.	0.	1792.
2. MILLET SEMI-INTENS.	114.	0.	0.	237.	120.	236.	0.	265.	0.	0.	0.	1124.
3. MILLET INTENSIVE	373.	133.	415.	13.	0.	19.	0.	0.	0.	0.	0.	954.
4. MILLET TOTAL	641.	937.	982.	255.	120.	278.	66.	405.	33.	0.	0.	3870.
5. FONIO	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6. SORGHUM EXTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	4.	0.	17.	0.	0.	0.	22.
7. SORGHUM SEMI-INTEN.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8. TOTAL M/S/F	641.	937.	982.	255.	120.	283.	66.	422.	33.	0.	0.	3891.
9. PEANUT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10. COMPEA SEMI-INTENS.	64.	94.	98.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	256.
11. COMPEA INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12. ONION	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	6.	0.	0.	0.	6.
13. OTHER VEGETABLES	1.	1.	13.	11.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	27.
14. FODDER CROPS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15. RICE, HORS CASIERS	0.	0.	0.	190.	16.	0.	0.	76.	0.	0.	0.	283.
16. RICE, ORM CASIERS	0.	0.	0.	114.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	114.
17. RICE IRRIGATED	0.	0.	0.	4.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	4.
18. RICE TOTAL	0.	0.	0.	308.	16.	0.	0.	76.	0.	0.	0.	401.
19. VACANT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20. TOTAL	706.	1032.	1093.	574.	169.	284.	66.	506.	33.	0.	0.	4581.
FALLOW	990.	4303.	3128.	1154.	114.	128.	0.	1214.	0.	0.	0.	11032.
PASTURES (R\$6 KM)	3308.	150.	1811.	3424.	2710.	1765.	661.	1111.	682.	496.	0.	18501.
UNUSED (R\$6 KH)	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
AVAILABLE R\$6 KM	5004.	5485.	6032.	5153.	2992.	2176.	728.	2829.	715.	496.	0.	34114.
PAST. 6-15KM ALL Y.	0.	0.	19.	2892.	99.	129.	0.	736.	0.	0.	0.	3875.
PAST. 6-15KM, DRY S-GR	2481.	635.	277.	8.	1425.	3939.	1437.	298.	922.	1791.	0.	16295.
PAST. 6-15KM, WET S-GR	1127.	410.	1136.	807.	323.	513.	446.	2627.	598.	255.	0.	8558.
PASTURES R\$15 KM	728.	0.	74.	40.	510.	2422.	1669.	2222.	745.	558.	0.	12008.
TOTAL	9340.	6530.	7539.	8900.	5350.	9180.	4280.	8712.	2980.	3100.	0.	74851.
TOTAL AREA AVAILABLE	9340.	6530.	7540.	15190.	5410.	8940.	4280.	9920.	2980.	3100.	0.	82410.



## B4. Yields per km2 arable farming, normal years and dry years

RENDEMENTS, NORMAL YEARS [TON/KM2]	SOUROU					MEMA D.					HODD					
	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	SENO M.	COURMA	BODARA ZONE LAC	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	SENO M.	COURMA	BODARA ZONE LAC	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	SENO M.	COURMA	BODARA ZONE LAC	MEMA S. SE REGION +C.de NIAF.
1. MILLET EXTENSIVE	45.	40.	28.	30.	0.	0.	0.	19.	15.	15.	15.	0.	0.	0.	0.	33.
2. MILLET SEMI-INTENS.	77.	0.	0.	64.	49.	49.	49.	49.	0.	29.	0.	0.	0.	0.	0.	50.
3. MILLET INTENSIVE	191.	187.	157.	157.	0.	0.	0.	121.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	174.
4. MILLET TOTAL	136.	61.	83.	68.	49.	49.	49.	52.	15.	24.	15.	0.	0.	0.	0.	73.
5. FONIO	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6. SORGHUM EXTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	48.	0.	48.	0.	0.	0.	0.	0.	48.
7. SORGHUM SEMI-INTEN.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8. TOTAL M/S/F	136.	61.	83.	68.	49.	49.	49.	51.	15.	25.	15.	0.	0.	0.	0.	73.
9. PEANUT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10. COMPEA SEMI-INTENS.	60.	60.	37.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	51.
11. COMPEA INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12. ONION	0.	0.	0.	0.	0.	3498.	0.	0.	3500.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	3500.
13. OTHER VEGETABLES	1600.	1600.	1600.	1600.	0.	0.	1600.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1600.
14. FODDER CROPS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15. RICE, HORS CASIERS	0.	0.	0.	48.	48.	0.	0.	0.	0.	48.	0.	0.	0.	0.	0.	48.
16. RICE, ORM CASIERS	0.	0.	0.	224.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	224.
17. RICE IRRIGATED	0.	0.	0.	720.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	720.
18. RICE TOTAL	0.	0.	0.	122.	48.	0.	0.	0.	0.	48.	0.	0.	0.	0.	0.	103.
19. VACANT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20. TOTAL	131.	62.	96.	126.	49.	55.	57.	57.	15.	70.	15.	0.	0.	0.	0.	88.
RENDEMENTS, DRY YEARS [TON/KM2]	SOUROU															
1. MILLET EXTENSIVE	22.	24.	13.	7.	0.	0.	0.	2.	0.	5.	0.	0.	0.	0.	0.	17.
2. MILLET SEMI-INTENS.	40.	0.	0.	36.	23.	23.	23.	23.	0.	10.	0.	0.	0.	0.	0.	24.
3. MILLET INTENSIVE	99.	133.	87.	87.	0.	0.	57.	57.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	98.
4. MILLET TOTAL	70.	39.	44.	38.	23.	23.	24.	24.	0.	8.	0.	0.	0.	0.	0.	39.
5. FONIO	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6. SORGHUM EXTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	29.	29.	0.	29.	0.	0.	0.	0.	0.	29.
7. SORGHUM SEMI-INTEN.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8. TOTAL M/S/F	70.	39.	44.	38.	23.	23.	24.	24.	0.	9.	0.	0.	0.	0.	0.	39.
9. PEANUT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10. COMPEA SEMI-INTENS.	32.	32.	14.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	25.
11. COMPEA INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12. ONION	0.	0.	0.	0.	0.	3498.	0.	0.	3500.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	3500.
13. OTHER VEGETABLES	1600.	1600.	1600.	1600.	0.	0.	1600.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1600.
14. FODDER CROPS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15. RICE, HORS CASIERS	0.	0.	0.	7.	7.	0.	0.	0.	0.	7.	0.	0.	0.	0.	0.	7.
16. RICE, ORM CASIERS	0.	0.	0.	64.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	64.
17. RICE IRRIGATED	0.	0.	0.	720.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	720.
18. RICE TOTAL	0.	0.	0.	37.	7.	0.	0.	0.	0.	7.	0.	0.	0.	0.	0.	30.
19. VACANT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20. TOTAL	69.	40.	60.	67.	21.	29.	29.	29.	0.	50.	0.	0.	0.	0.	0.	51.



## B6. Labour inputs, period 1 (ploughing/sowing time millet) and period 2 (first weeding millet)

INPUTS CROP, LIVESTOCK AND FISH ACTIVITIES, LABOUR: PLOUGHING/SOWING TIME (-1) AND FIRST WEEDING (-2), [MAN]												
	SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO H.	GOURMA	BODARA	ZONE LAC	HODD	MEMA S.	SE REGION	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	+C.de NIAF.	
MILLET EXTENSIVE	6608.	32172.	22664.	188.	0.	0.	927.	2656.	5672.	1337.	0.	242708.
AND FONTO	12415.	80431.	56661.	472.	0.	0.	2319.	6641.	13337.	3344.	0.	425958.
MILLET SEMI-INTENSIVE	5689.	0.	11851.	7613.	5993.	11781.	0.	13250.	0.	0.	0.	56177.
	10582.	0.	22043.	14161.	11146.	21913.	0.	24645.	0.	0.	0.	104490.
MILLET INTENSIVE	27976.	9984.	31158.	956.	0.	1458.	0.	0.	0.	0.	0.	71532.
	36182.	12912.	40297.	1237.	0.	1886.	0.	0.	0.	0.	0.	92514.
SORGHUM EXTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
SORGHUM SEMI-INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PEANUT SEMI-INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
COMPEA SEMI-INTENSIVE	3203.	4687.	4910.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	12800.
	4485.	6562.	6874.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	17921.
COMPEA INTENSIVE	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
VEGETABLES (INCL-ONIONS)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
FODDER CROPS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RICE HORS CASTERS	0.	0.	8558.	731.	0.	0.	0.	3637.	0.	0.	0.	12776.
	0.	0.	12743.	1088.	0.	0.	0.	5117.	0.	0.	0.	18948.
RICE ORM CASTERS	0.	0.	16352.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	16352.
	0.	0.	16009.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	16009.
RICE IRRIGATED	0.	0.	897.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	897.
	0.	0.	456.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	456.
VACANT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
CROPS TOTAL	43476.	46843.	58732.	38802.	8344.	5993.	14166.	2656.	22359.	1337.	0.	242708.
	63664.	99905.	103832.	52960.	15249.	11146.	26118.	6641.	43099.	3344.	0.	425958.
LIVESTOCK TOTAL	20832.	4924.	14190.	29698.	4249.	2503.	7990.	3478.	19674.	2175.	1840.	111553.
	20832.	4924.	14190.	29698.	4249.	2503.	7990.	3478.	19674.	2175.	1840.	111553.
FULL TIME FISHERMEN EMIGRATION [MAN-YEARS]	0.	0.	0.	44466.	0.	0.	0.	0.	2325.	0.	0.	66792.
	0.	0.	0.	4859.	0.	0.	27641.	0.	0.	0.	0.	32500.
LABOUR SUPPLY	84500.	135850.	192400.	133860.	19500.	13650.	61750.	10120.	85100.	5520.	1840.	744090.
SHADOW PRICES	1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SHADOW PRICES	2	0.03268	0.00000	0.00000	0.16220	0.17395	0.00004	0.02734	0.04085	0.02875	0.04085	0.10611





## B9. Monetary inputs arable farming

INPUTS CROP ACTIVITIES, MONEY: CAPITAL COSTS (=1) AND OTHER CHARGES (=2) [MILLION FCFA]		SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO H.	GOURMA	BODARA	ZONE LAC	HODD	MEMA S.	5E REGION
												+C.de NIAF.
MILLET EXTENSIVE	(1)	26.	56.	40.	0.	0.	0.	2.	5.	13.	2.	0.
AND FONIO	(2)	2.	13.	9.	0.	0.	0.	0.	1.	2.	1.	144.
												29.
MILLET SEMI-INTENSIVE	(1)	30.	0.	0.	63.	41.	32.	63.	0.	71.	0.	0.
	(2)	4.	0.	0.	7.	5.	4.	7.	0.	8.	0.	300.
												35.
MILLET INTENSIVE	(1)	357.	127.	397.	12.	0.	0.	19.	0.	0.	0.	0.
	(2)	245.	87.	273.	8.	0.	0.	13.	0.	0.	0.	912.
												626.
SORGHUM EXTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	2.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
SORGHUM SEMI-INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PEANUT SEMI-INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
COMPEA SEMI-INTENSIVE	(1)	25.	37.	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	100.
	(2)	78.	113.	119.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	310.
COMPEA INTENSIVE	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
VEGETABLES (INCL.ONIONS)	(1)	0.	0.	4.	3.	0.	0.	0.	0.	2.	0.	10.
	(2)	5.	5.	70.	59.	0.	4.	5.	0.	122.	0.	270.
FODDER CROPS	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RICE HORS CASTERS	(1)	0.	0.	0.	76.	7.	0.	0.	0.	31.	0.	113.
	(2)	0.	0.	0.	145.	12.	0.	0.	0.	58.	0.	215.
RICE ORH CASTERS	(1)	0.	0.	0.	393.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	393.
	(2)	0.	0.	0.	319.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	319.
RICE IRRIGATED	(1)	0.	0.	0.	137.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	137.
	(2)	0.	0.	0.	70.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	70.
VACANT	(1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	(2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
CROPS TOTAL	(1)	438.	220.	479.	685.	47.	32.	84.	5.	117.	2.	2109.
	(2)	334.	219.	470.	608.	17.	8.	26.	1.	190.	1.	1874.



## B11. Fertilizer inputs arable farming

INPUTS CROP ACTIVITIES, FERTILIZER: N (=1), P (=2) AND K (=3), [TON]											
	SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA	C. MEMA D.	SENO H.	GOURMA	BODARA ZONE	LAC	HODD	MEMA S.	5E REGION +C.de NIAP.
MILLET EXTENSIVE (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
MILLET EXTENSIVE (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
MILLET SEMI-INTENSIVE (1)	166.	0.	0.	317.	142.	112.	219.	0.	254.	0.	1210.
MILLET SEMI-INTENSIVE (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
MILLET INTENSIVE (1)	3990.	1369.	3653.	112.	0.	132.	0.	0.	0.	0.	9255.
MILLET INTENSIVE (2)	570.	124.	522.	16.	0.	19.	0.	0.	0.	0.	1251.
SORGHUM EXTENSIVE (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
SORGHUM EXTENSIVE (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
SORGHUM SEMI-INTENSIVE (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
SORGHUM SEMI-INTENSIVE (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PEANUT (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PEANUT (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
COMPEA SEMI-INTENSIVE (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
COMPEA SEMI-INTENSIVE (2)	23.	34.	29.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	86.
COMPEA INTENSIVE (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
COMPEA INTENSIVE (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
VEGETABLES (INCL-ONIONS) (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
VEGETABLES (INCL-ONIONS) (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
FODDER CROPS (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
FODDER CROPS (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RICE HORS CASTERS (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RICE HORS CASTERS (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RICE ORM CASTERS (1)	0.	0.	2459.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2459.
RICE ORM CASTERS (2)	0.	0.	102.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	102.
RICE IRRIGATED (1)	0.	0.	236.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	236.
RICE IRRIGATED (2)	0.	0.	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	17.
VACANT (1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
VACANT (2)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
CROPS TOTAL (1)	4156.	1369.	3653.	3124.	142.	112.	351.	0.	254.	0.	13161.
CROPS TOTAL (2)	593.	158.	551.	135.	0.	19.	0.	0.	0.	0.	1457.
POTASSIUM (3)	2422.	1344.	2218.	1149.	0.	80.	0.	61.	0.	0.	7275.

## B12. Forage production, normal years

FORAGE PRODUCTION [TON], NORMAL YEARS										
	SOURU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S. 5E REGION	+C.de NIAF.
BYPRODUCTS Q=1	106046.	126881.	124496.	103438.	17770.	12525.	29528.	1789.	0.	575663.
BYPRODUCTS Q=2	8233.	4232.	8180.	13924.	328.	0.	334.	0.	0.	36770.
BYPRODUCTS Q=3	2114.	3090.	2882.	69.	0.	0.	6.	0.	0.	8162.
BYPRODUCTS Q=4	960.	1378.	1937.	624.	0.	0.	57.	0.	0.	4956.
PASTURES ≤15, W.S. Q=1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES ≤15, W.S. Q=2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES ≤15, W.S. Q=3	63416.	62707.	33798.	25670.	39280.	24832.	0.	64313.	20801.	357811.
PASTURES ≤15, W.S. Q=4	66590.	10784.	39055.	14297.	19633.	24832.	35873.	147184.	14865.	421677.
NO FIRE / MOWING										
PASTURES ≤15, DR.S Q=1	72843.	83926.	156747.	236364.	42140.	31455.	0.	29612.	36684.	737750.
PASTURES ≤15, DR.S Q=2	98355.	64954.	275410.	4192717.	154329.	108724.	94876.	685068.	87172.	5975439.
PASTURES ≤15, DR.S Q=3	112327.	1680.	21705.	33768.	7493.	26687.	6280.	28516.	6021.	267371.
PASTURES ≤15, DR.S Q=4	0.	0.	0.	0.	1498.	5844.	43.	0.	634.	10536.
WOODY SPECIES	34128.	4124.	17711.	6819.	5141.	4592.	1694.	26364.	6704.	113732.
FIRE										
PASTURES ≤15, DR.S Q=1	57728.	70870.	40820.	46366.	32086.	22358.	0.	23779.	30011.	341243.
PASTURES ≤15, DR.S Q=2	86495.	55189.	109760.	141527.	111573.	36627.	83595.	56577.	71442.	936829.
PASTURES ≤15, DR.S Q=3	112327.	1680.	42693.	1449018.	11165.	50320.	5382.	254476.	5522.	1950299.
PASTURES ≤15, DR.S Q=4	0.	0.	0.	0.	1498.	2321.	43.	0.	197.	10536.
WOODY SPECIES	34128.	4124.	17711.	6819.	5141.	4592.	1694.	26364.	6704.	113732.
PASTURES ≥15, W.S. Q=1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES ≥15, W.S. Q=2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES ≥15, W.S. Q=3	13860.	0.	1557.	1169.	17499.	117737.	0.	25596.	1500.	200272.
PASTURES ≥15, W.S. Q=4	35714.	0.	1571.	598.	23333.	73343.	13840.	119541.	20654.	450079.

## B13. Forage production, dry years

	SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S. SE REGION +C.de NIAF.
BYPRODUCTS Q=1	72236.	91692.	87669.	40470.	10245.	7851.	18563.	1037.	0.
BYPRODUCTS Q=2	5830.	3010.	6144.	4822.	48.	0.	247.	0.	355821.
BYPRODUCTS Q=3	1235.	1804.	1420.	69.	0.	6.	0.	0.	20326.
BYPRODUCTS Q=4	583.	827.	1310.	624.	0.	57.	0.	0.	4535.
PASTURES 15, W.S. Q=1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES 15, W.S. Q=2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES 15, W.S. Q=3	43597.	29167.	1226.	148.	8362.	5061.	0.	0.	89236.
PASTURES 15, W.S. Q=4	68741.	26316.	64842.	30817.	30218.	26162.	18219.	10393.	14230.
							83630.		409850.
NO FIRE / MOWING									
PASTURES 15, DR.S Q=1	22117.	22555.	89265.	140132.	19868.	5438.	7922.	0.	8438.
PASTURES 15, DR.S Q=2	98506.	88597.	167869.	2653661.	61349.	64132.	61734.	2759.	404935.
PASTURES 15, DR.S Q=3	114248.	1680.	21705.	17007.	42930.	60926.	25932.	25930.	36753.
PASTURES 15, DR.S Q=4	0.	0.	0.	0.	1498.	2321.	5844.	197.	0.
WOODY SPECIES	34128.	4124.	17711.	6819.	5166.	5141.	4592.	1290.	6704.
									315735.
									16971.
									3629702.
									414277.
									10536.
									113732.
FIRE									
PASTURES 15, DR.S Q=1	17548.	19161.	23753.	29371.	3112.	4351.	6337.	0.	0.
PASTURES 15, DR.S Q=2	91351.	80166.	73693.	310215.	38404.	57920.	20679.	2741.	16971.
PASTURES 15, DR.S Q=3	114248.	1680.	31407.	718386.	41446.	60646.	37402.	25914.	746084.
PASTURES 15, DR.S Q=4	0.	0.	0.	0.	1498.	2321.	5844.	197.	24625.
WOODY SPECIES	34128.	4124.	17711.	6819.	5166.	5141.	4592.	1290.	634.
									6704.
									113732.
									109769.
									746084.
									1246866.
									10536.
									113732.
PASTURES 15, W.S. Q=1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES 15, W.S. Q=2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
PASTURES 15, W.S. Q=3	10164.	0.	37.	30.	11890.	0.	0.	0.	0.
PASTURES 15, W.S. Q=4	34934.	0.	2841.	1551.	108159.	13840.	58923.	17914.	16570.
							63477.		344459.

## B14. Livestock activities

LIVESTOCK ACTIVITIES [1000 TLU]	SOUROU										MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA	ZONE LAC	HODD	MEMA S.	5E REGION
	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA	ZONE LAC	HODD	MEMA S.	5E REGION								
1. CATTLE SED. OXEN 1	66.5	23.6	62.1	43.7	10.5	7.1	16.7	0.0	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	254.
2. CATTLE SED. MEAT 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.
3. CATTLE SED. MEAT 2	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	0.0	39.
4. CATTLE MOB. MEAT 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
5. CATTLE MOB. MEAT 3	0.0	0.0	0.0	537.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	537.
6. VACANT																		
7. CATTLE SED. MILK 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
8. CATTLE SED. MILK 3	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	3.1	0.0	0.0	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	37.
9. CATTLE MOB. MILK 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
10. CATTLE MOB. MILK 3	0.0	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.
11. CATTLE SED. MILK 4C	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.
12. CATTLE SED. MILK 4	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.
13. SHEEP €15 MEAT 1	39.4	8.5	8.4	0.0	14.6	0.0	34.3	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	128.
14. SHEEP \$15 MEAT 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.4	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.
15. SHEEP MOB. MEAT 1	0.0	6.3	19.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.
16. SHEEP MOB. MEAT 3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
17. SHEEP SED. MEAT 4	1.6	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	2.3	0.1	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.
18. GOATS \$15 MEAT 1B	48.1	0.0	38.1	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.
19. GOATS \$15 MEAT 3B	21.6	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	2.2	34.5	1.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.
20. GOATS MOB. MEAT 1B	0.0	11.3	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.
21. GOATS MOB. MEAT 3B	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.
22. DONKEY SED. 2	3.3	5.2	7.4	7.3	0.8	0.5	2.4	0.6	4.6	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.
23. CAMELS 1B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.
24. VACANT																		
TOTAL	180.	55.	146.	698.	51.	91.	68.	22.	144.	12.	23.	1491.						

## B15. Livestock production and livestock inputs

### LIVESTOCK PRODUCTION

	SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S. 5E REGION +C.de NIAF.
MEAT [TON]	8492.	2115.	5743.	45995.	2936.	3201.	3745.	1178.	1410.
MILK [TON]	9130.	1127.	4839.	157936.	5065.	2555.	1255.	838.	1696.
WOOL [TON]	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
EGGS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
OXEN [NUMBER]	36823.	13078.	34399.	24202.	5838.	3955.	9234.	0.	0.
DONKEYS [NUMBER]	6500.	10450.	14800.	14550.	1500.	1050.	4750.	600.	200.
CAMELS [NUMBER]	0.	0.	0.	0.	12950.	0.	0.	0.	0.
MANURE [1000 TON]	110.	28.	80.	171.	26.	24.	44.	8.	11.

### LIVESTOCK INPUTS

	SOUROU	SENO B.	PLATEAU DELTA C.	MEMA D.	SENO M.	GOURMA	BODARA ZONE LAC	HODD	MEMA S. 5E REGION +C.de NIAF.
FORAGE W.S., Q <sup>1</sup> =1 [TON]	125840.	21567.	72853.	28594.	32492.	38580.	49664.	10393.	14230.
SHADOW PRICES ( 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000)	(								
FORAGE W.S., Q <sup>1</sup> =2 [TON]	125840.	21567.	72853.	28594.	32492.	38580.	49664.	10393.	14230.
SHADOW PRICES ( 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000)	(								
FORAGE W.S., Q <sup>1</sup> =3 [TON]	125840.	21567.	72853.	28594.	32492.	38580.	49664.	10393.	14230.
SHADOW PRICES ( 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000)	(								
FORAGE W.S., Q <sup>1</sup> =4 [TON]	66590.	10784.	36426.	14297.	17811.	19633.	24832.	7185.	7355.
SHADOW PRICES ( 0.000783 0.17807 0.00000 0.30898 0.00000 0.00083 0.01132 0.00000 0.00000 0.00000)	(								
FORAGE D.S., Q <sup>1</sup> =1 [TON]	343568.	103341.	273795.	1104086.	94754.	133088.	144693.	291128.	42230.
SHADOW PRICES ( 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000)	(								
FORAGE D.S., Q <sup>1</sup> =2 [TON]	210129.	65570.	165452.	941836.	68619.	89952.	93188.	37926.	25195.
SHADOW PRICES ( 0.01670 0.07501 0.03041 0.00000 0.00000 0.00000 0.01828 0.00000 0.00000 0.00000)	(								
FORAGE D.S., Q <sup>1</sup> =3 [TON]	7449.	2414.	3419.	378498.	12664.	9783.	3300.	5625.	78140.
SHADOW PRICES ( 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.01372 0.01573 0.00000 0.01158 0.00000 0.00000)	(								
FORAGE D.S., Q <sup>1</sup> =4 [TON]	960.	0.	624.	825.	826.	1370.	43.	197.	98.
SHADOW PRICES ( 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000)	(								
FORAGE WOODY [TON]	34128.	4124.	17711.	6819.	2752.	3063.	4592.	1694.	26364.
SHADOW PRICES ( 0.01962 0.11843 0.04227 0.00000 0.00000 0.00000 0.02481 0.00000 0.00000 0.00000)	(								
FORAGE W.S.PAST. [TON]	0.	14237.	24265.	342133.	0.	6809.	0.	0.	0.
SHADOW PRICE ( 0.00000)	(								
FORAGE CONCENTR. [TON]	0.	0.	0.	1276.	0.	0.	0.	0.	0.
LABOUR MET SEAS. [MAN]	20832.	4924.	14190.	29698.	4249.	2503.	7990.	3478.	19674.
LABOUR DRY SEAS. [MAN]	19042.	4405.	12720.	24536.	4045.	2438.	7582.	3378.	18294.
MONEY [MILLION FCFA]	84.	16.	44.	1078.	48.	53.	27.	16.	183.
BOURGOU CULT. [KM2]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## B16. Fisheries

FISHERIES (PRIMARY MIGRANT = 1; PRIMARY SEDENTARY = 2; SECONDARY SED. = 3)

## NORMAL YEARS

	PRODUCTION [TON]	LABOUR INPUT [HOUSEHOLDS]	LABOUR INPUT [MAN-YEARS]	DEPRECIATION [MILL..CFA]	OTHER COSTS [MILL..CFA]	PRODUCTIVITY [TON/HOUSEHOLD]
FISHING ACTIVITY 1	8763.	1872.	6778.	341.	311.	4.680
FISHING ACTIVITY 2	62003.	16578.	60014.	2570.	2056.	3.740
FISHING ACTIVITY 3	22729.	29906.	54130.	927.	778.	0.760
TOTAL	93495. ( 0.20160)	48357.	120922.	3838.	3144.	

## DRY YEARS

	PRODUCTION [TON]	LABOUR INPUT [HOUSEHOLDS]	LABOUR INPUT [MAN-YEARS]	DEPRECIATION [MILL..CFA]	OTHER COSTS [MILL..CFA]	PRODUCTIVITY [TON/HOUSEHOLD]
FISHING ACTIVITY 1	5018.	1872.	6778.	341.	311.	2.680
FISHING ACTIVITY 2	35478.	16578.	60014.	2570.	2056.	2.140
FISHING ACTIVITY 3	12860.	29906.	54130.	927.	778.	0.430
TOTAL	53355. ( 0.00000)	48357.	120922.	3838.	3144.	

AUTO-CONSUMPTION FISH [TON] 15764.

## ANNEXE C. LISTE DES ACRONYMES ET ABBREVIATIONS

a	= an
ADRAO	= Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest
At	= journée de travail attelage (attelage-jour)
ath	= année-travail humain en équivalent-adulte
CABO	= Centre de Recherches Agrobiologiques
CIPEA	= Centre International Pour l'Elevage en Afrique
CRD	= Comité Régional de Développement
CMDT	= Compagnie Malienne pour le Développement des Fibres Textiles
d	= jour
DAE	= jours après émergence
DANIDA	= Danish International Development Agency
DRA	= Direction Régionale de l'Agriculture (Mopti)
DRSPR	= Division de Recherches sur les Systèmes de Production Rurale, IER
ESPR	= Equipe chargée de l'Etude sur les Systèmes de Productions Rurales en 5ème Région et Cercle de Niafunké
FAO	= Food and Agricultural Organisation of the United Nations
h	= heure
ha	= hectare
HI	= indice de culture
IER	= Institut d'Economie Rurale
dth	= journée de travail humain ("homme-jour") en équivalente-adulte
ILCA	= CIPEA
MS	= matière sèche
MV	= matière verte
ODEM	= Opération de Développement de l'Elevage de la région de Mopti
OMBEVI	= Office Malien du Bétail et de la Viande
ORM	= Opération Mil Mopti
ORM	= Opération Riz Mopti
ox	= boeufs
PIRT	= Projet Inventaire des Ressources Terrestres - Mali
PPIV	= petit périmètre irrigués villageois
RFMC	= République Française, Ministère de la Coopération
RIM	= Resource Inventory and Management Ltd.
SRCVO	= Section des Recherches sur les Cultures Vivrières et Oléagineuses, IER
t	= tonne = 1 000 kg
TAC	= Technical Advisory Committee to the Consultative Group of International Agricultural Research
WIP	= Wirtschaft und Infrastruktur GMBH & Co. Planungs
ZAE	= zone agro-écologique
ZP	= zone pluviométrique

