

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

*RAPPORT 2*

---

PRODUCTIONS VEGETALES,

ANIMALES ET HALIEUTIQUES

---

N. van Duivenbooden & P. A. Gosseye (*Eds*)

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



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

*RAPPORT 2*

---

PRODUCTIONS VEGETALES,  
ANIMALES ET HALIEUTIQUES

---

N. van Duivenbooden & P.A. Gosseye (*Eds*)

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

Duivenbooden, N. van & P.A. Gosseye (*Eds*)

Compétition pour des ressources limitées: Le cas de la cinquième région du Mali.  
Rapport 2: Productions végétales, animales et halieutiques. Centre des Recherches  
Agrobiologiques (CABO), Wageningen, Pays-Bas / Etude sur les Systèmes de  
Productions Rurales en 5ème Région (ESPR), Mopti, Mali, 266 pages.

ISBN 90-73384-08-7

© 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 "Scénarios de développement" (Veeneklaas *et al.*, 1990), est une synthèse des trois rapports précédents et une présentation des résultats des optimisations ainsi que les conclusions.



# TABLE DES MATIERES

1.	ACTIVITES, BESOINS EN MAIN-D'OEUVRE ET DURABILITE	
1.1	Activités agricoles	1
1.1.1	Définition des systèmes, des activités et des techniques de production	1
1.1.2	Techniques de production pour le modèle-PL	3
1.2	Besoins en main-d'oeuvre	6
1.2.1	Périodes de travail	6
1.2.2	Besoins en main-d'oeuvre en fonction des intrants ou des extrants	6
1.3	Durabilité	7
1.3.1	Durabilité en termes d'éléments nutritifs	8
1.3.1.1	Absorption d'azote, de phosphore et de potassium	10
1.3.1.2	Sources d'azote, de phosphore et de potassium	11
1.3.1.3	Quantification des différents processus du sol	11
1.3.1.4	Besoins en fertilisants	13
1.3.1.5	Ratio années de jachère/année de culture	15
1.3.2	Durabilité en termes de production	19

## PARTIE I. PRODUCTIONS VEGETALES

2.	MIL	
2.1	Introduction	23
2.2	Environnement	26
2.3	Rendement	31
2.4	Besoins en éléments nutritifs	36
2.5	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	36
2.6	Intrants monétaires	41
2.6.1	Amortissements	41
2.6.2	Coûts des opérations	42
2.7	Besoins en boeufs	43
2.8	Tableau des intrants-extrants	43
3.	RIZ	
3.1	Introduction	48
3.2	Riziculture hors casiers	49
3.2.1	Description générale	49
3.2.2	Environnement	49
3.2.3	Rendement	50
3.2.4	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	50
3.2.5	Intrants monétaires	52
3.2.5.1	Amortissements	52
3.2.5.2	Coûts des opérations	53

3.3	Riziculture de casiers	53
3.3.1	Description générale	53
3.3.2	Environnement	54
3.3.3	Rendement	54
3.3.4	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	55
3.3.5	Intrants monétaires	58
3.3.5.1	Amortissements	58
3.3.5.2	Coûts des opérations	59
3.4	Riziculture irriguée	60
3.4.1	Description générale	60
3.4.2	Environnement	60
3.4.3	Rendement	60
3.4.4	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	61
3.4.5	Intrants monétaires	64
3.4.5.1	Amortissements	64
3.4.5.2	Coûts des opérations	65
3.5	Besoins en éléments nutritifs	67
3.6	Besoins en boeufs	67
3.7	Tableau des intrants-extrants	67
4.	<b>SORGHO DE DECRUE</b>	
4.1	Introduction	71
4.2	Environnement	74
4.3	Rendement	76
4.4	Besoins en éléments nutritifs	77
4.5	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	78
4.6	Intrants monétaires	82
4.6.1	Amortissements	82
4.6.2	Coûts des opérations	82
4.7	Tableau des intrants-extrants	82
5.	<b>FONIO</b>	
5.1	Introduction	84
5.2	Environnement	85
5.3	Rendement	86
5.4	Besoins en éléments nutritifs	88
5.5	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	88
5.6	Intrants monétaires	91
5.6.1	Amortissements	91
5.6.2	Coûts des opérations	91
5.7	Tableau des intrants-extrants	92
6.	<b>NIEBE</b>	
6.1	Introduction	94
6.2	Environnement	98
6.3	Rendement	100
6.4	Besoins en éléments nutritifs	102

6.5	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	102
6.6	Intrants monétaires	107
6.6.1	Amortissements	107
6.6.2	Coûts des opérations	107
6.7	Besoins en boeufs	109
6.8	Tableau des intrants-extrants	109
<b>7.</b>	<b>ARACHIDE</b>	
7.1	Introduction	111
7.2	Environnement	114
7.3	Rendement	115
7.4	Besoins en éléments nutritifs	115
7.5	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	115
7.6	Intrants monétaires	119
7.6.1	Amortissements	119
7.6.2	Coûts des opérations	119
7.7	Besoins en boeufs	120
7.8	Tableau des intrants-extrants	120
<b>8.</b>	<b>CULTURE MARAÎCHÈRE</b>	
8.1	Introduction	122
8.2	Environnement	123
8.3	Echalote (oignon)	125
8.3.1	Description	125
8.3.2	Rendement	126
8.4	Autres cultures maraîchères	127
8.4.1	Description	127
8.4.2	Rendement	128
8.5	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	129
8.6	Intrants monétaires	132
8.6.1	Amortissements	132
8.6.2	Coûts des opérations	133
8.7	Besoins en éléments nutritifs	135
8.8	Tableau des intrants-extrants	135
<b>9.</b>	<b>BOURGOU</b>	
9.1	Introduction	137
9.2	Environnement	139
9.3	Rendement	141
9.4	Besoins en éléments nutritifs	142
9.5	Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre	142
9.6	Intrants monétaires	144
9.6.1	Amortissements	144
9.6.2	Coûts des opérations	144
9.7	Besoins en boeufs	146
9.8	Tableau des intrants-extrants	146

10.	CULTURES FOURRAGERES	
10.1	Introduction	148
10.2	Environnement	148
10.3	Rendement	149
10.4	Besoins en éléments nutritifs	149
10.5	Calendrier de culture et besoins en main-d'œuvre	150
10.6	Intrants monétaires	150
10.6.1	Amortissements	150
10.6.2	Coûts des opérations	150
10.7	Besoins en boeufs	150
10.8	Tableau des intrants-extrants	150
11.	PATURAGES	
11.1	Pâturages sans submersion: strate herbacée	152
11.1.1	Approche	152
11.1.2	Disponibilité en eau	153
11.1.3	Facteur f	154
11.1.4	Production	155
11.1.5	Disponibilité en fourrage et qualité	157
11.2	Pâturages sans submersion: plantes ligneuses	162
11.2.1	Approche	162
11.2.2	Recouvrement ligneux	163
11.2.3	Production, disponibilité et qualité	164
11.3	Pâturages du delta	165
11.3.1	Approche	165
11.3.2	Strate herbacée	166
11.3.3	Fourrage ligneux	169
11.4	Dégradation et situation fourragère actuelle	169
11.4.1	Surestimation de la disponibilité en fourrage	169
11.4.2	Disponibilité actuelle en fourrage	170
11.4.3	Capacité de charge des pâturages et effectif du cheptel	171

## PARTIE II. PRODUCTIONS ANIMALES

12.	NOURRITURE ET PRODUCTION ANIMALE	
12.1	Systèmes d'élevage dans la Région	175
12.1.1	Description générale	175
12.1.2	Description des techniques de production	176
12.2	Fourrage	178
12.2.1	Disponibilité de fourrage	178
12.2.2	Qualité fourragère	178
12.2.3	Quantité fourragère ingérée	179
12.3	Niveau de production	179

13.	BOVINS	
13.1	Introduction	183
13.2	Bovins pour la production de lait et de viande	183
13.2.1	Structure du troupeau	183
13.2.2	Paramètres de productivité	184
13.2.3	Poids et taux de croissance	184
13.2.4	Maladies et taux de mortalité	184
13.2.5	Extrants	186
	13.2.5.1 Lait	186
	13.2.5.2 Viande	186
	13.2.5.3 Fumier	187
13.2.6	Intrants	188
	13.2.6.1 Besoins alimentaires	188
	13.2.6.2 Besoins en main-d'oeuvre	188
	13.2.6.3 Intrants monétaires	189
13.3	Boeufs de labour	192
13.3.1	Introduction	192
13.3.2	Structure du troupeau et productivité	193
13.3.3	Poids et taux de croissance	193
13.3.4	Décès et taux de mortalité	193
13.3.5	Extrants	193
	13.3.5.1 Viande	193
	13.3.5.2 Force de traction	193
	13.3.5.3 Fumier	194
13.3.6	Intrants	194
	13.3.6.1 Besoins alimentaires	194
	13.3.6.2 Besoins en main-d'oeuvre	194
	13.3.6.3 Intrants monétaires	194
13.4	Tableau des intrants-extrants	195
14.	OVINS & CAPRINS	
14.1	Introduction	198
14.2	Ovins	198
14.2.1	Description générale	183
	14.2.1.1 Mouton de case	199
14.2.2	Structure du troupeau	200
14.2.3	Paramètres de productivité	201
14.2.4	Poids et taux de croissance	203
14.2.5	Maladies et taux de mortalité	204
	14.2.5.1 Taux de mortalité avant sevrage	204
	14.2.5.2 Taux de mortalité après sevrage	205
	14.2.5.3 Taux de mortalité après un an	205
14.2.6	Extrants	206
	14.2.6.1 Mouton de boucherie	205
	14.2.6.2 Lait	206
	14.2.6.3 Laine et poils	207
	14.2.6.4 Fumier	207

14.3	Caprins	207
14.3.1	Description générale	207
14.3.2	Structure du troupeau	208
14.3.3	Paramètres de productivité	208
14.3.4	Poids et taux de croissance	210
14.3.5	Maladies et taux de mortalité	210
	14.3.5.1 Taux de mortalité avant sevrage	211
	14.3.5.2 Taux de mortalité après sevrage	211
	14.3.5.3 Taux de mortalité après un an	211
14.3.6	Extrants	206
	14.3.6.1 Viande	211
	14.3.6.2 Lait	212
	14.3.6.3 Poils	212
	14.3.6.4 Fumier	212
14.4	Intrants	212
14.4.1	Besoins alimentaires	212
14.4.2	Besoins en main-d'oeuvre	213
14.4.3	Intrants monétaires	214
	14.4.3.1 Amortissements	214
	14.4.3.2 Coûts des opérations	214
14.5	Tableau des intrants-extrants	215
15.	ANES ET CHAMEAUX	
15.1	Anes	218
15.1.1	Description générale	218
15.1.2	Structure du troupeau	218
15.1.3	Paramètres de productivité	218
15.1.4	Poids et taux de croissance	219
15.1.5	Maladies et taux de mortalité	219
15.1.6	Extrants	219
	15.1.6.1 Force de traction	219
	15.1.6.2 Fumier	219
15.1.7	Intrants	219
	15.1.7.1 Besoins alimentaires	219
	15.1.7.2 Besoins en main-d'oeuvre	220
	15.1.7.3 Intrants monétaires	221
15.2	Chameaux	221
15.2.1	Description générale	221
15.2.2	Structure du troupeau	221
15.2.3	Paramètres de productivité	222
15.2.4	Poids et taux de croissance	222
15.2.5	Maladies et taux de mortalité	222
15.2.6	Extrants	222
	15.2.6.1 Viande	222
	15.2.6.2 Lait	223
	15.2.6.3 Poils	223
	15.2.6.4 Fumier	223

15.2.6.5	Force de traction . . . . .	223
15.2.7	Intrants . . . . .	223
15.2.7.1	Besoins alimentaires . . . . .	223
15.2.7.2	Besoins en main-d'oeuvre . . . . .	224
15.2.7.3	Intrants monétaires . . . . .	225
15.3	Tableau des intrants-extrants . . . . .	225

### PARTIE III. PRODUCTIONS HALIEUTIQUES

16.	PECHE	
16.1	Introduction . . . . .	229
16.2	Environnement . . . . .	230
16.3	Captures totales en poisson frais . . . . .	232
16.4	Captures et crue . . . . .	236
16.5	Calendrier et besoins en main-d'oeuvre . . . . .	238
16.6	Equipement . . . . .	240
16.7	Activités et captures . . . . .	243
16.8	Bois de fumage . . . . .	245
16.9	Revenus bruts . . . . .	246
16.10	Tableau des intrants-extrants . . . . .	247

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . . . . .	248
---------------------------------------	-----

### ANNEXES

A1.	COUTS DES DIVERS INTRANTS	
A1.1	Matériel . . . . .	a3
A1.2	Engrais minéraux . . . . .	a4
A2.	RIZ	
A2.1	Compléments sur les rendements et les superficies . . . . .	a5
A3.	NIEBE	
3.1	Cultures en couloir . . . . .	a12
A4.	CULTURE MARAICHERE	
A4.1	Superficies actuelles sous horticulture . . . . .	a15
A4.2	Sémis d'échalote . . . . .	a19
A4.3	Données phytotechniques . . . . .	a20
A4.4	Compléments sur les opérations et les temps de travaux . . . . .	a22
A5.	BOURGOU	
A5.1	Compléments sur les rendements et les taux en éléments nutritifs . . . . .	a28

A6.	SMALL RUMINANTS	
A6.1	Listings of SR-models . . . . .	a30
A7.	COEFFICIENTS TECHNIQUES INITIAUX DES ACTIVITES D'ELEVAGE	
A7.1	Introduction . . . . .	a35
A7.2	Extrants . . . . .	a35
A7.3	Intrants . . . . .	a38
A7.3.1	Besoins alimentaires . . . . .	a38
A7.3.2	Besoins en main-d'oeuvre . . . . .	a38
A7.3.3	Intrants monétaires . . . . .	a39
A8.	PECHE	
A8.1	Formule OPM (Opération Pêche Mopti) . . . . .	a42
A8.2	Glossaire . . . . .	a43
A8.2.1	Unités de base pour les mesures . . . . .	a43
A8.2.2	Engins de pêches . . . . .	a43
A8.3	Tableaux annexes . . . . .	a46
A9.	LISTE DES ACRONYMS ET ABBREVIATIONS . . . . .	a55

# 1. ACTIVITES, BESOINS EN MAIN-D'OEUVRE ET DURABILITE

(N. van Duivenbooden)

## 1.1 Activités agricoles

### 1.1.1 Définition des systèmes, des activités et des techniques de production

Pour pouvoir appliquer le modèle-PL, ou modèle de Programmation Linéaire à Buts Multiples (rapport 3), il est nécessaire d'effectuer une description quantitative de tous les systèmes possibles de production agricole dans la Région (5e Région et Cercle de Niafunké; figure 1.1). Une telle description définit la production d'un système comme étant fonction du degré d'exploitation des ressources limitées, tant humaines (rapport 1, chapitre 7) 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. 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 bien définies 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 (rapport 1, chapitre 3), sauf s'il en est 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 (section 1.3). En outre, les activités de culture et d'élevage sont définies comme étant un "objectif à atteindre", c'est-à-dire que la production (extrait) 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 au rapport 1, chapitres 4 et 5. Les activités sont finalement résumées dans des tableaux d'intrants-extrants, avec des unités en accord avec le système-SI (e.g. Monteith, 1984; Taveirne, 1990).

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).

Les systèmes de production agricoles, comprenant les différentes techniques, sont présentés brièvement à la sous-section 1.1.2. Dans la partie I, les cultures et les pâturages naturels sont discutés; la partie II décrit l'élevage et la partie III la pêche.

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 rapport 4, sous-section 4.1.2), cet aspect est développé plus en détail dans la section 1.2.



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

### 1.1.2 Techniques de production pour le modèle-PL

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; rapport 1, chapitre 3). 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. (Tourte, 1963; Quilfen & Milleville, 1983). 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 1.1 présente les cultures ainsi que les technologies appliquées. 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.

Pour l'élevage, vingt-deux techniques de productions ont été distinguées sur la base de 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) la mobilité des animaux (migrants, semi-mobiles ou sédentaires) et (iv) le niveau-cible de production animale (faible, intermédiaire et élevé) (tableau 1.2). Tous les coefficients techniques d'élevage sont exprimés en Unité Bétail Tropical [UBT].

Pour la production halieutique, trois activités de pêche ont été différenciées sur la base de l'occupation principale et de la mobilité des ménages (tableau 1.3). En effet, les activités de pêche sont exprimées par ménage de pêcheurs.

Tableau 1.1. 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. maraichères	intensive	-	+	-	-
i49-i51	Culture fourragère	intensive	+	+	+	-
i52	Bourgou	semi-intesive	+	+	+	-
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.

Tableau 1.2. 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

Tableau 1.3. Activités de pêche définies pour le modèle-LP.

ACTIVITE	ABBREVIATION	OCCUPATION	MOBILITY
V1	PPM	primaire	migrant
V2	PPS	primaire	sédentaire
V3	PSS	secondaire	sédentaire

## 1.2 Besoins en main-d'oeuvre

### 1.2.1 Périodes de travail

Les besoins en main-d'oeuvre sont définis comme étant le nombre de journées de travail humain requis 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, ce qui permet 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, comme décrit dans la sous-section suivante.

### 1.2.2 Besoins en main-d'oeuvre en fonction des intrants ou des extrants

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 (intranant), qui à son tour est fonction du rendement-cible (extrant). De plus, les besoins en main-d'oeuvre pour la récolte, le transport des produits ainsi que le battage et le vannage sont directement fonction des rendements récoltés. Comme une même activité peut avoir lieu dans différentes zones pluviométriques, les rendements varient de ce fait et les besoins en main-d'oeuvre sont donc modifiés. Ce problème pourrait être résolu en définissant les besoins en main-d'oeuvre comme une fonction des rendements. Mais cela surchargerait beaucoup trop les

matrices de calcul du modèle-PL. Donc, comme alternative, les besoins les plus élevés, pour une tâche précise, sont retenus, c'est-à-dire ceux pour la zone pluviométrique la plus humide (ZP I); pour les autres zones, les besoins sont dérivés de ces valeurs en appliquant des facteurs de correction. Cependant, pour la main-d'oeuvre nécessaire au transport et à l'application du fumier, un tel facteur de correction n'a pas été utilisé. En effet, les analyses préliminaires ont montré que la disponibilité en travail, au cours de cette période et pour cette tâche, n'est pas une contrainte effective.

Si les besoins en main-d'oeuvre pour la récolte étaient exactement proportionnels aux rendements récoltés, les facteurs de correction, respectivement pour les zones pluviométriques II, III et IV, seraient de 0.76, de 0.50 et de 0.37 pour les techniques extensives, de 0.81, de 0.62 et de 0.35 pour les semi-intensives ainsi que de 0.82, de 0.64 et de 0.35 pour les intensives. Comme il peut être présumé avec raisons que, pour des rendements plus bas, il faut plus de temps par kg de grains récoltés, les facteurs de correction auront inévitablement des valeurs supérieures. Donc finalement par rapport à la zone pluviométrique I, ils sont fixés à 0.80, à 0.60 et à 0.45, respectivement pour les zones pluviométriques II, III et IV, et cela indépendamment du niveau d'intensification du système.

### 1.3 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. Une mission spéciale du Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale (GCRAI) a défini la durabilité comme étant "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 une diminution de la couverture résultant 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 d'éléments nutritifs en ce qui concerne les macro-éléments (sous-section 1.4.1). Pour les systèmes de production animale, le concept de durabilité implique un cheptel constant, pour chaque espèce d'animal, basé sur une production fourragère durable (sous-section 1.4.2), 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.

### *1.3.1 Durabilité en termes d'éléments nutritifs*

La durabilité des systèmes de cultures vivrières, telle que définie dans ce contexte, implique 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 & Djitéye, 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). La fertilité du sol et l'influence des engrais jouent en conséquence un rôle-clé dans la définition des systèmes de culture durables. En outre, les dynamiques des éléments nutritifs dans le système de production devraient être connus. La figure 1.2. indique schématiquement ces dynamiques sur lesquelles sont basés nos calculs.

La durabilité ainsi définie implique que tous les éléments nutritifs absorbés par la récolte (1) (les chiffres font référence aux processus présentés à la figure 1.2) et ceux perdus par l'écoulement des eaux de surface, ou l'érosion, ou de toute autre manière (3), doivent être compensés complètement par des intrants naturels ou autres (5 & 6). L'analyse a été restreinte à l'azote, au phosphore et au potassium, étant donné que nous ne disposons pas de données quantitatives quant aux autres éléments. Nous n'avons pas tenu compte, dans notre étude, des pertes dues à l'érosion et au ruissellement des eaux ainsi que des apports dus aux eaux d'accumulation et à la poussière; nous avons estimé que ces processus sont en équilibre dans la Région. Cependant, Stoorvogel & Smaling (1990) ont démontré que, dans certaines conditions, les pertes par érosion peuvent être considérables.

Des données quantitatives ne sont pas disponibles quant à l'apport d'éléments nutritifs provenant de sources naturelles, pour les divers types de sol de la Région. Donc, à partir des rendements-cibles, les calculs ont été faits pour déterminer les besoins en fumier et en engrais. Dans certaines techniques de production, cependant, aucun de ces intrants n'a été appliqué, ce qui signifie que la fertilité du sol doit être maintenue par la jachère. En ce qui concerne les calculs effectués, nous avons procédé comme décrit ci-dessous (pour une description plus détaillée: cf. van Duivenbooden, 1990a).

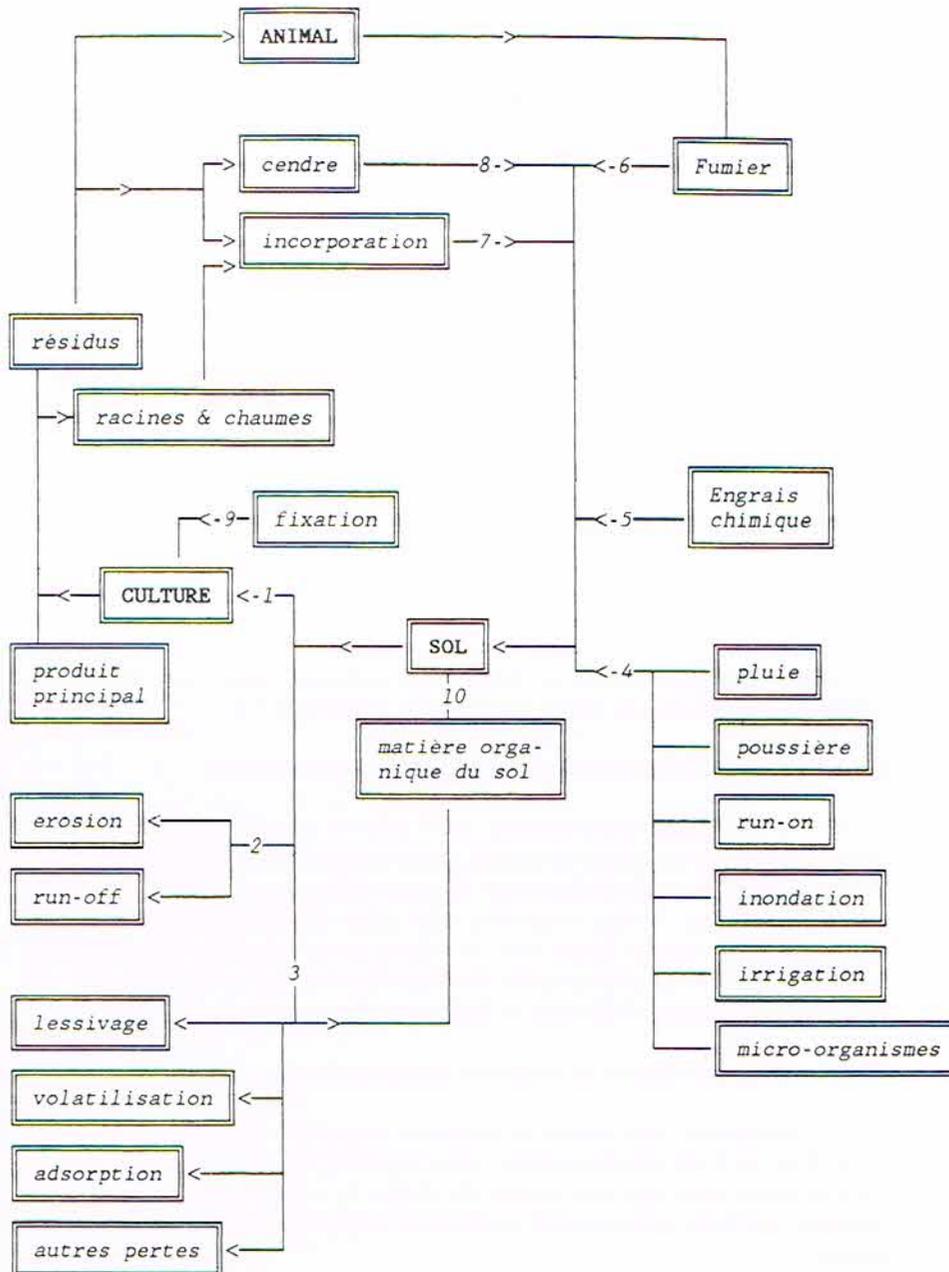


Figure 1.2. Schéma de la dynamique des éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) dans le système général de production.

### 1.3.1.1 Absorption d'azote, de phosphore et de potassium

#### 1. Rendement-cible et biomasse aérienne totale

Grâce à des modèles de simulation, il est possible de calculer les rendements potentiels dans des conditions optimales (pas de restriction en eau et en éléments nutritifs; absence d'adventices, de parasites et de maladies) ainsi que ceux obtenus dans des conditions où l'eau est le facteur limitatif. Les modèles de simulation ne sont cependant pas encore adaptés aux situations spécifiques où la croissance d'une culture peut être limitée par une indisponibilité en éléments nutritifs associée ou non à un manque d'eau, cela pour des périodes différentes pendant le cycle de croissance. En plus les parasites et les maladies peuvent engendrer des réductions variables de rendement. Par conséquent, les rendements rapportés pour la Région tiennent compte de toutes ces conditions. Dans le modèle-PL, pour calculer le rendement net, les pertes en cours de récolte et après la récolte ont été estimées à 20%.

La biomasse aérienne totale est calculée sur la base des résultats du modèle de simulation, ou, alternativement, sur la base des indices de récolte relevés dans la littérature.

La production de biomasse racinaire est calculée sur la base du rapport fixe parties aériennes/racines, dont la valeur est fonction de la technique. En ce qui concerne les céréales, ce rapport est de 4 pour les techniques extensives, de 4 pour les techniques semi-intensives et de 6 pour les techniques intensives. Quant aux espèces légumineuses, ces valeurs sont respectivement de 5, 5 et 7.

#### 2. Concentrations minimales d'azote, de phosphore et de potassium

Les valeurs de ces concentrations, aussi bien en ce qui concerne le produit commercialisé que les résidus de récolte des différentes cultures, sont dérivées des résultats d'expérimentations d'épandage d'engrais effectuées en Afrique de l'Ouest (van Duivenbooden, 1990a). Cependant, étant donné que les éléments nutritifs ne sont pratiquement jamais dilués dans les plantes jusqu'à atteindre ces concentrations minimales, vu les effets négatifs des autres facteurs limitant la croissance, un facteur de correction a été introduit en fonction de l'intensité de la technique.

#### 3. Absorption totale d'azote, de phosphore et de potassium

En conséquence, pour chaque technique de production, l'absorption requise de N, de P et de K est calculée comme étant le produit de la biomasse du produit commercialisé ainsi que des résidus de récolte (y compris les racines et les chaumes), par leurs taux respectifs en éléments minéraux et par le facteur de correction.

### 1.3.1.2 Sources d'azote, de phosphore et de potassium

#### 1. Disponibilité en éléments nutritifs provenant de sources naturelles

Outre les éléments nutritifs provenant d'une minéralisation due au processus de décomposition des matières organiques (figure 1.2, no. 10), d'autres éléments nutritifs provenant d'autres sources naturelles, telles que la pluie, la poussière, l'eau d'irrigation, l'eau des rivières dans le cas des cultures de décrue et les micro-organismes (bactéries vivant librement dans le sol), sont également disponibles (4). Tous les processus affectant la fertilité naturelle du sol (en termes de disponibilité en éléments nutritifs, sans apport d'engrais ou de fumier, y compris les modifications dues aux agents atmosphériques) ont été quantifiés. Comme indiqué précédemment, nous ne disposons pas de données récentes quant à la fertilité naturelle des divers types de sols. En conséquence, la fertilité naturelle est définie comme étant le rapport de l'absorption d'éléments nutritifs requise et de la fraction affectée aux matières organiques du sol. En d'autres mots, la quantité d'éléments nutritifs fertilisants non disponibles pour la plante dans un premier temps, parce qu'immobilisés dans les matières organiques du sol, sont libérés dans un second temps et redeviennent disponibles pour la plante à partir de cette même source (situation d'équilibre).

#### 2. Éléments nutritifs disponibles à partir des résidus de récolte

Les éléments nutritifs provenant des résidus de la récolte de l'année précédente sont remis à la disposition du sol (*i*) à travers l'animal, i.e. le fumier (figure 1.2, no. 6), (*ii*) par incorporation (7), (*iii*) sous la forme de cendres (8) et (*iv*) par les micro-organismes associés aux racines. Deux catégories sont différenciées *a*) les racines et chaumes ainsi que les micro-organismes et *b*) la paille laissée sur le champ, en partie enfouie dans le sol et en partie sous forme de cendres. Il est supposé ici que la quantité d'éléments nutritifs absorbée par les racines et les chaumes au cours d'une année deviendra disponible l'année suivante.

#### 3. Éléments nutritifs fixés par la culture elle-même

L'azote peut être fixé par certaines cultures (arachide et niébé) (9), réduisant ainsi l'apport nécessaire.

### 1.3.1.3 Quantification des différents processus du sol

Pour calculer la quantité d'engrais nécessaire, il faut déterminer le taux de récupération, i.e. la fraction d'engrais absorbés par la culture. Cette fraction est déterminée sur la base d'une répartition présumée des éléments N, P et K dans les différents processus illustrés par la figure 1.2 (3). Cette répartition a été évaluée pour chaque combinaison de types de sol et pour chaque élément nutritif (tableaux 1.4 et 1.5).

Tableau 1.4. Répartition de l'azote, du phosphore et du potassium dans les différents processus, pour les différents types de sols de la Région et pour les cultures pluviales.

PROCESSUS	TYPE DE SOLS										
	A	B1	B2	C1,2	D1	D2	E1	E2	F1	F3	G
<b>AZOTE</b>											
Incorporation dans la MO	0.30	0.30	0.30	0.35	0.25	0.20	0.30	0.20	0.30	0.35	0.40
Lessivage	0.25	0.15	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.05
Volatilisation	0.15	0.05	0.15	0.10	0.05	0.05	0.10	0.20	0.05	0.05	0.05
Dénitrification	0.00	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.20	0.20	0.25	0.25	0.30
Absorption par la plante	0.30	0.40	0.30	0.35	0.45	0.50	0.30	0.20	0.30	0.25	0.20
<b>PHOSPHORE</b>											
Incorporation dans la MO	0.30	0.30	0.30	0.35	0.25	0.25	0.30	0.20	0.30	0.30	0.35
Adsorption	0.30	0.30	0.30	0.35	0.30	0.40	0.25	0.45	0.30	0.30	0.30
Rétrogradation	0.20	0.20	0.20	0.15	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.20
Absorption par la plante	0.20	0.20	0.20	0.15	0.25	0.15	0.30	0.20	0.25	0.25	0.15
<b>POTASSIUM</b>											
Incorporation dans la MO	0.15	0.15	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15	0.20	0.20	0.25
Lessivage	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15	0.10	0.10	0.10
Adsorption	0.15	0.15	0.15	0.10	0.10	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	0.10
Absorption par la plante	0.50	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60	0.65	0.60	0.65	0.65	0.55

Tableau 1.5. Répartition de l'azote dans les différents processus concernant la riziculture. Pour le phosphore et le potassium, cf. tableau 1.4.

PROCESSUS	TYPE DE SOLS		
	E1	E2	F3
AZOTE			
Incorporation dans la MO	0.30	0.25	0.35
Lessivage	0.05	0.10	0.05
Volatilisation	0.05	0.10	0.00
Dénitrification	0.35	0.35	0.40
Absorption par la plante	0.25	0.20	0.20

Par exemple pour l'azote dans un sol de type B1, les fractions présumées sont de 0.3 pour l'incorporation dans les matières organiques du sol, de 0.15 pour le lessivage, de 0.15 pour la volatilisation et de 0.10 pour la dénitrification. En conséquence, le taux de récupération apparent (absorption végétale) est de 0.30. Cette répartition suppose une situation d'équilibre, c'est-à-dire que si le sol doit être amélioré en termes de disponibilité en éléments nutritifs, les différentes fractions peuvent changer considérablement.

Il est supposé que les éléments nutritifs se comportent dans le sol indépendamment de leur origine (engrais chimiques, fumier, résidus de récolte).

#### 1.3.1.4 Besoins en fertilisants

##### 1. Besoins en azote, en phosphore et en potassium

Les besoins en chacun des éléments nutritifs, pris séparément, ont été calculés à l'aide de la formule:

$$REQ_e = \frac{UPT_e - FIX_e}{FPU_e} - NAT1_e - NAT2_e - CRR1_e - CRR2_e \quad (1)$$

où

- $REQ_e$  = apport requis de l'élément e [kg ha<sup>-1</sup>]
- $UPT_e$  = absorption de l'élément e par la culture [kg ha<sup>-1</sup>]
- $FIX_e$  = fixation de l'élément e par la culture, pour P et K = 0 [kg ha<sup>-1</sup>]
- $NAT1_e$  = fertilité naturelle du sol de l'élément e [kg ha<sup>-1</sup>]
- $NAT2_e$  = reliquat de l'élément e disponible à partir de sources naturelles [kg ha<sup>-1</sup>]
- $CRR1_e$  = disponibilité de l'élément e à partir des résidus de récolte de l'année précédente (racines et chaumes) [kg ha<sup>-1</sup>]
- $CRR2_e$  = disponibilité de l'élément e à partir des résidus de la récolte précédente (paille et cendre) [kg ha<sup>-1</sup>]
- $FPU_e$  = taux de récupération apparente de l'élément e [-]

La formule 1 est égale à:

$$\text{REQ}_c = \frac{\text{UPT}_c - \text{FIX}_c}{\text{FPU}_c} - \left( \frac{\text{UPT}_c - \text{FIX}_c}{\text{FPU}_c} * \text{FOM}_c \right) - \text{NAT2}_c - \text{CRR1}_c - \text{CRR2}_c \quad (2)$$

Elle est également équivalente à:

$$\text{REQ}_c = \left( \frac{\text{UPT}_c - \text{FIX}_c}{\text{FPU}_c} * (1 - \text{FOM}_c) \right) - \text{NAT2}_c - \text{CRR1}_c - \text{CRR2}_c \quad (3)$$

où  
 $\text{FOM}_c$  = fraction de l'élément *e* appliqué immobilisé dans les matières organiques du sol [-]

A noter que pour la même zone agro-écologique, l'apport requis en fertilisants N, P et K est fonction du type de sol.

## 2. Besoins en fumures organiques et minérales

La disponibilité en azote et autres éléments nutritifs provenant du fumier pour l'absorption végétale dépend d'une part, de son taux de décomposition et, d'autre part, de sa qualité. Ces deux facteurs sont étroitement liés, mais les relations quantitatives effectives sont mal connues et nécessitent une recherche plus approfondie (de Ridder & van Keulen, 1990). La qualité, définie en termes généraux de teneur absolue et relative en éléments nutritifs, est fonction: *a*) du type d'animal, *b*) de la qualité de son régime alimentaire et *c*) du temps écoulé entre l'excrétion et l'épandage. Pour la définition d'une valeur généralement applicable, nous avons basé nos calculs sur les données disponibles résultant des expérimentations effectuées dans ce domaine; de plus, nous avons appliqué un niveau de probabilité de 50% à la fréquence des concentrations en éléments nutritifs. Ces concentrations sont de 12.7, de 2.8 et de 13.0 g kg<sup>-1</sup> de matière sèche, respectivement pour l'azote, le phosphore et le potassium. Comme nous l'avons dit précédemment, il est supposé, pour le moment, qu'en termes de pertes et de disponibilité, les éléments nutritifs du fumier se comportent de la même manière que ceux des engrais chimiques.

La fraction des besoins totaux en éléments nutritifs provenant du fumier dépend à la fois de la culture et de l'intensité de la technique. La quantité de fumier nécessaire est calculée séparément pour N, P et K:

$$MAN_e = \frac{REQ_c * FMM}{CON_e} \quad (4)$$

où  
 $MAN_e$  = besoins en fumier [ $kg\ ha^{-1}$ ]  
 $FMM$  = fraction provenant du fumier [-]  
 $CON_e$  = taux de l'élément e dans le fumier [ $kg\ kg^{-1}$ ]

Dans le modèle-PL, le maximum des trois valeurs calculées est utilisé comme apport. Le reliquat des besoins totaux en éléments nutritifs doit être fourni par les engrais minéraux (chimiques):

$$FER_c = REQ_e - (MAN_m * CON_e) \quad (5)$$

où  
 $FER_c$  = besoins en fertilisants minéraux de l'élément e [ $kg\ ha^{-1}$ ]  
 $MAN_m$  = besoins en fumier utilisé dans le modèle-PL [ $kg\ ha^{-1}$ ]

### 1.3.1.5 Ratio années de jachère/année de culture

La fraction de végétation non consommée par les animaux pendant les périodes de jachère contribuent à l'enrichissement du sol en éléments nutritifs. Dans notre étude, cette contribution est évaluée sur la base de la formule  $N_b$  pour une situation d'équilibre (de Wit & Krul, 1982); elle tient également compte des apports constitués par les pluies et par la fixation due à certaines espèces de légumineuses ainsi que d'algues. A noter que ces dernières sont supposées être actives dans des conditions de jachère uniquement et non dans des conditions de culture avec, e.g. la préparation de sol. Cette approche se justifie par l'hypothèse de durabilité en termes d'éléments nutritifs correspondant à une situation d'équilibre. L'équation originale est:

$$N_b = \frac{0.0085 * PR}{1.025 * F - (0.02 * L + 0.038)} \quad (6)$$

où  
 $N_b$  = quantité totale d'azote dans la biomasse aérienne [ $kg\ ha^{-1}$ ]  
 $PR$  = précipitation [mm]  
 $F$  = fraction d'azote perdue par la végétation [-]  
 $L$  = contribution de certaines espèces de légumineuses à la végétation [%].

Pour les pâturages naturels, il a été supposé que dans la situation d'équilibre, une fraction de 0.3 à 0.4 de la teneur maximale d'azote dans la biomasse est perdue chaque année, e.g. par le broutage et la volatilisation (chapitre 11). Pour les champs en jachère, la pression de broutage est supposée représenter la moitié de celle exercée sur les pâturages naturels mais, tenant compte d'un certain comportement de broutage sélectif, une valeur de 0.3 a été utilisée. En outre, l'apport de certaines espèces de légumineuses est évalué à 5%. En conséquence, la formule 6 devient:

$$N_b = \frac{0.0085 * PR}{0.1695} \quad (7)$$

Dans cette situation, la quantité d'azote perdue est alors:

$$N_e = F * N_b \quad (8)$$

où  
 $N_e$  = quantité d'azote perdue par la jachère [ $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ].

Dans des systèmes durables, cette quantité d'azote perdue devrait pouvoir être compensée par un apport provenant des jachères. Nous ne disposons que de peu de données quantitatives à ce sujet et la valeur nette de l'apport d'azote est variable: légèrement positive (Stoorvogel & Smaling, 1990; Poulain, 1980) ou négative (van de Pol, 1990). Après la jachère, le champ est nettoyé et les arbres sont éliminés partiellement tandis que les buissons le sont totalement, ce qui ne manque pas d'affecter les bilans de l'azote, du phosphore et du potassium. Dans cette étude, il est supposé que l'apport annuel net pendant la jachère est de 1.3 fois la quantité perdue de l'élément nutritif:

$$FI = 1.3 * N_e \quad (9)$$

où  
 $FI$  = la quantité nette de l'élément ajouté au sol [ $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ].

L'application de la valeur de 0.3 mentionnée ci-dessus pour F et dans l'équation 7, e.g. pour l'azote, résulte en:

$$FI_N = 0.020 * PR \quad (10)$$

où  
 $FI_N$  = quantité nette d'azote ajoutée au sol [ $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ].

A noter que pour une culture de décrue (sorgho), il faut ajouter à cette quantité, celle des éléments nutritifs apportés par le fleuve.

Par exemple, pour une jachère dans la zone pluviométrique I, cela signifie un apport net en azote de  $10.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ; cette valeur est du même ordre de grandeur que celle représentant l'intrant net calculé pour 5 récoltes de mil (rendement  $500 \text{ kg ha}^{-1}$ ) et une période de jachère de 20 ans.

Dans cette étude, il est supposé que les quantités de phosphore et de potassium ajoutées au système pédologique sont de 0.12 (phosphore) et de 1.0 fois (potassium) celles de l'azote. Les preuves sur lesquelles sont basées ces suppositions sont quelque peu fragiles et il serait nécessaire d'engager une recherche approfondie pour les étayer.

Etant donné que ces équations maintiennent une situation d'équilibre où il est implicitement tenu compte des pertes et des apports de sources naturelles, le rapport années de jachère par année de culture a ainsi été calculé séparément pour chaque élément nutritif:

$$YFYC = \left( \frac{UPT_e - FIX_e}{FPU_e} - CRR1_e \right) * \frac{1}{FI_e} \quad (11)$$

où

YFYC = années de jachère/année de culture [ $\text{a a}^{-1}$ ]

$FI_e$  = Apport de l'élément e pendant la jachère [ $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ].

Dans certains cas (fonio, arachide), il semble qu'un maximum d'années de jachère par année de culture ait été obtenu pour le phosphore. Etant donné que la longueur de la période de jachère pouvait être substantiellement réduite par un petit apport d'engrais phosphaté, une telle possibilité a été incluse dans les hypothèses.

Un exemple de cette méthode pour deux activités du mil est présenté au tableau 1.6. A noter cependant, que ces calculs sont basés sur des suppositions assez sommaires quant aux cycles des éléments nutritifs dans le système sol-plante et que des données expérimentales plus précises ainsi que plus détaillées sont nécessaires pour appuyer les résultats obtenus.

Tableau 1.6. Exemple de calcul des besoins en fumures organiques et minérales ainsi que le rapport années de jachère/année de culture. Valeurs pour les activités i1 & i6, i.e. mil, technique extensive sur type de sol B1 et dans la zone pluviométrique I.

PARAMETRES	UNITE	VALEUR		
Rendement cible	[kg ha <sup>-1</sup> ]	500		
Paille	[kg ha <sup>-1</sup> ]	2 750		
Total	[kg ha <sup>-1</sup> ]	3 250		
Ratio partie aérienne/racine	[-]	4		
Racines & chaumes	[kg ha <sup>-1</sup> ]	813		
Fraction de la paille laissée sur le champ	[-]	0.30		
Fraction de la paille brûlée	[-]	0.50		
Paille enfouie dans le sol	[kg ha <sup>-1</sup> ]	1 225		
<b>BESOINS D'ABSORPTION</b>		<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
Taux minimal grain	[g kg <sup>-1</sup> ]	13.0	1.8	10.0
Taux minimal paille	[g kg <sup>-1</sup> ]	3.0	0.3	4.0
Facteur correction grain	[-]	1.2	1.2	1.2
Facteur correction paille	[-]	1.3	1.3	1.3
Absorption biomasse aérienne	[kg ha <sup>-1</sup> ]	18.5	2.15	20.3
Absorption racines & chaumes	[kg ha <sup>-1</sup> ]	3.2	0.32	4.2
Absorption totale	[kg ha <sup>-1</sup> ]	21.7	2.47	24.5
<b>DISPONIBILITE DUE AUX RESSOURCES NATURELLES</b>				
Eau de pluie	[kg ha <sup>-1</sup> ]	3.5	0.37	2.7
Eau de fleuve	[kg ha <sup>-1</sup> ]	0.0	0.00	0.0
Eau d'irrigation	[kg ha <sup>-1</sup> ]	0.0	0.00	0.0
Micro-organismes, mat. org.	[kg ha <sup>-1</sup> ]	0.3	0.03	0.0
<b>DISPONIBILITE DES RESIDUS DE RECOLTE</b>				
Racines & chaumes	[kg ha <sup>-1</sup> ]	3.2	0.32	4.2
Micro-organismes des racines	[kg ha <sup>-1</sup> ]	0.3	0.03	0.0
Paille laissée sur le champ	[kg ha <sup>-1</sup> ]	1.2	0.12	1.7
Cendre de paille	[kg ha <sup>-1</sup> ]	0.5	0.10	1.0
Taux de recouvrement	[-]	0.40	0.40	0.50
Fraction d'éléments nutritifs de la matière organique	[-]	0.30	0.30	0.15
<b>BESOINS</b>	[kg ha <sup>-1</sup> ]	<b>29.0</b>	<b>3.38</b>	<b>32.2</b>
<b>BESOINS EN FUMIER (i1)</b>				
Fraction compensée par le fumier	[-]	1.0	1.0	1.0
Besoin en fumier	[kg ha <sup>-1</sup> ]	2 282	1 206	2 475
Besoin utilisé dans le modèle-PL	[kg ha <sup>-1</sup> ]	2 480		
<b>JACHERE/CULTURE (i6)</b>				
Apport de la jachère	[kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	10.6	1.3	10.6
Ratio années de jachère/ année de culture	[-]	4.8	4.6	4.2
Ratio utilisé dans le modèle	[-]	5		

### 1.3.2 Durabilité en termes de production

En ce qui concerne les techniques de production animale, le concept de durabilité implique une relation étroite entre la production animale et la production fourragère. Ce principe a été décrit en détail par Breman & de Ridder (1991).

Pour assurer la survie biologique des troupeaux, un taux minimal de reproduction est appliqué en vue de maintenir un cheptel constant. Cela signifie que le régime alimentaire du bétail ne devrait pas descendre en dessous d'une limite minimale, celle-ci assurant une prise de poids des génisses de  $25 \text{ kg a}^{-1}$ . Ce minimum a été appliqué à l'ensemble du cheptel.

La durabilité des systèmes de production fourragère, en ce qui concerne les résidus de récolte, est évaluée de la même manière que pour les cultures vivrières. Pour les terrains de parcours, la durabilité a été prise en compte en calculant la disponibilité en fourrage à partir de la production fourragère totale. Les hypothèses suivantes ont été envisagées:

- la production annuelle de la strate herbacée est tout d'abord corrigée pour compenser les pertes dues aux incendies; après quoi, les 50% de la biomasse restante sont considérés comme étant disponibles pour l'alimentation, mais seulement en cas de pacage pendant la saison des pluies et pour la repousse des graminées vivaces après un incendie pendant la saison sèche; cette fraction est réduite à 35% dans une situation où l'on trouve à la fois un pâturage pendant la saison sèche et un pacage continu;
- lorsque les graminées vivaces sont dominantes, 50% seulement de la production annuelle sont considérés comme étant disponibles, ceci afin de préserver les réserves en éléments nutritifs de ces plantes; cette fraction peut être réduite de la même manière que mentionné précédemment;
- la disponibilité en fourrage provenant des essences ligneuses ("browse") est calculée sur la base du feuillage vert accessible pendant la saison sèche, valeur à laquelle il faut ajouter la production annuelle de fruits; la quantité maximale de ce type de fourrage ligneux pouvant être broutée ne doit pas excéder les 15% de fourrage provenant des ligneux au cours d'une année normale;
- lorsque le fauchage fait partie de la technique de production, les éléments nutritifs qui sont retirés des champs avec le fourrage sont remplacés par des épandages d'engrais.

Il est fort possible que toutes ces précautions ne soient pas suffisantes pour empêcher que ne se poursuive la dégradation des terrains de parcours sur les sols les plus limoneux, c'est-à-dire les sols de types C2, D1, D2 et F2. La quantité de biomasse nécessaire pour protéger la surface des sols contre la dégradation physique (encroûtement et imperméabilisation) est supérieure à la production annuelle de biomasse de ces sols (Penning de Vries & Djitéye, 1982). Par conséquent, si le concept de durabilité tel qu'il a été défini à l'origine, devait être inclus dans le modèle-PL, il faudrait envisager de supprimer le pacage sur ces types de sols, sur tous les parcours. Dans la version actuelle du modèle-PL cependant, ce critère n'a pas été appliqué.



**PARTIE I. PRODUCTIONS VEGETALES**



## 2. MIL

(N. van Duivenbooden & P.A. Gosseye)

### 2.1 Introduction

Par mil, nous entendons *Pennisetum americanum* ssp. *americanum* (syn. *P. typhoides*, *P. typhoideum*, *P. glaucum*). Les autres noms vernaculaires en français sont: petit mil, mil perlé, mil à chandelles, mil pénicillaire, millet (Pernès *et al.*, 1980; Baudet, 1981). Les noms vernaculaires en anglais sont: pearl millet, bulrush millet, cattail millet and spiked millet (Purseglove, 1975).

La culture du mil est pratiquée dans toute la Région sur les terres exondées de préférence légères à intermédiaires. Le mil est très important pour la Région car cette culture est réputée résistante à la sécheresse, aux hautes températures ainsi qu'aux hautes luminosités et elle serait tolérante quant aux types de sol, au pH et même à la salinité (Rassel, 1958; Jacquinet, 1971; Kassam & Kowal, 1975; Kurian, 1976; Rachie & Majmudar, 1980). Ses exigences pluviométriques correspondent aux pluviométries de la Région.

Le but principal de cette culture céréalière pluviale est de produire des grains destinés à la consommation humaine, où ils représentent jusqu'à 95% de la diète des producteurs (Catherinet *et al.*, 1963; Martin, 1982; 1985; PIRT, 1983). Rappelons incidemment que le mil représenterait la huitième céréale produite au monde (Baudet, 1981) et qu'il est la base de la diète des populations des zones semi-arides d'Afrique et d'Asie dès que les pluviométries n'autorisent plus la culture d'autres sources d'hydrate de carbone (Ferraris *et al.*, 1973; 1974; Rachie & Majmudar, 1980).

Les chaumes servent à l'alimentation des animaux domestiques, surtout les bovins (Dicko *et al.*, 1983; Quilfen & Milleville, 1983). Ces dernières années, cet usage a pris beaucoup d'importance dans la Région, ainsi qu'au Mali. De moins en moins fréquemment, lors de la récolte, les tiges de mil sont cassées avec un bâton pour les coucher, les épis sont récoltés et les chaumes sont laissés en désordre sur le sol où ils sont pâturés sur place par n'importe quel animal de passage (vaines pâtures) ou suite à un des types d'accord entre un éleveur et un cultivateur. Actuellement, il est devenu très fréquent de voir que les touffes (poquets) de mil sont coupées sous le plateau de tallage à la houe et couchées en bandes ordonnées sur le sol et qu'après la récolte des épis, les chaumes sont ramassés et montés en meules circulaires ou carrées, les plateaux de tallage vers l'extérieur. Ils servent à l'alimentation des animaux du cultivateur ou sont vendus comme fourrage, surtout utilisé lors de la soudure fourragère (affouragement). En plus de l'usage fourrager, les chaumes servent de combustibles, de matière première à la confection de clôtures ainsi que de toitures et, après incinération, servent à la fabrication de sel de potasse utilisé en cuisine ainsi qu'en savonnerie familiale.

Les balles de mil servent, entre autre, à la fabrication de sel de potasse, aux constructions en terre crue (banco) et font un excellent paillage pour les cultures

maraîchères. En certains endroits, nous en avons observé la restitution sur les champs.

Dans la Région, le mil est cultivé selon de très nombreuses façons qui seraient toutes séparément descriptibles en détail. Mais étant donné les buts de l'étude et les besoins du modèle-PL, seules les principales techniques de production du mil sont décrites, tout en tenant compte de la contrainte de durabilité (maintien à long terme de la fertilité) des différentes techniques décrites. Selon 4 critères fondamentaux, 6 techniques de production du mil sont retenues. Les 4 critères sont l'utilisation de la culture attelée, l'application de fumures organiques, l'épandage de fumures minérales et l'emplois de la jachère.

- a. L'utilisation de la culture attelée  
Ce premier critère relève du niveau de technicité. Son utilisation permet une meilleure exploitation des ressources minérales du sol par la culture ce qui provoque, à court terme, de meilleurs rendements d'environ 20% mais épuise plus vite les sols. Donc cette technique nécessite, pour assurer la durabilité, des compensations soit par augmentation du rapport ans de jachère/an de culture, soit par apports d'éléments nutritifs (sous-section 1.4.1).
- b. L'application de fumures organiques  
Ce deuxième critère, ainsi que les deux suivants, relève strictement du maintien à long terme de la fertilité des sols afin de satisfaire la contrainte que toutes les activités décrites doivent être durables (sous-section 1.4.1). L'application de fumures organiques sert à soutenir à long terme et la fertilité chimique et les propriétés physiques des sols cultivés. Nous n'oublions pas que l'application de fumure organique contribue au transfert de fertilité (Quilfen & Milleville, 1983) mais dans notre étude, nous considérons qu'il n'y a pas de transfert au travers des frontières de la Région, ni de celles des zones agro-écologiques, et nous considérons que les transferts locaux s'annulent en moyenne.
- c. L'épandage de fumures minérales  
Les fumures minérales servent surtout à augmenter le niveau de fertilité des sols (correction des déséquilibres minéraux et augmentation du niveau d'approvisionnement nutritif des plantes). Leur emploi correspond à un transfert positif dans la Région. Mais elles ne peuvent s'employer qu'en combinaison avec des fumures organiques pour assurer le maintien de l'intégrité des propriétés physiques des sols.
- d. L'emploi de la jachère  
Comme déjà écrit à la sous-section 1.4.1, la jachère est un autre moyen d'assurer le maintien à long terme de la fertilité en imposant le repos de la terre tandis que l'application des fumures en autorise un emploi continu. Nous n'oublions pas que l'emploi continu des sols avec fumure amène leur fatigue mais cette notion n'est pas prise spécifiquement en compte (contrainte de rotation) et nous admettons que l'emploi de la jachère, ou l'application de fumures organiques, en annule les effets.

Les 6 techniques retenues dans notre étude sont regroupables en trois niveaux:

### Niveau extensif

Au niveau extensif, 4 techniques, actuellement très utilisées, exploitent le niveau intrinsèque de fertilité des sols:

1. il n'y a pas utilisation de la culture attelée, il n'y a pas application de fumures organiques, il n'y a pas épandage de fumures minérales et la durabilité de la technique est assurée par l'emploi de la jachère;
2. il n'y a pas utilisation de la culture attelée, il n'y a pas épandage de fumures minérales, il n'y a pas emploi de la jachère et la durabilité de la technique est assurée par l'application de fumures organiques;
3. il y a utilisation de la culture attelée, il n'y a pas application de fumures organiques, il n'y a pas épandage de fumures minérales et la durabilité de la technique est assurée par l'emploi de la jachère;
4. il y a utilisation de la culture attelée, il n'y a pas épandage de fumures minérales il n'y a pas emploi de la jachère et la durabilité de la technique est assurée par l'application de fumures organiques (figure 2.1).



Figure 2.1. Illustration de la technique de production extensive No 4 du mil: épandage du fumier.

### Niveau semi-intensif

La technique semi-intensive (no. 5), actuellement peu utilisée, exploite une augmentation du niveau intrinsèque de fertilité des sols mais n'utilise que les moyens actuels de production: il y a utilisation de la culture attelée, il n'y a pas emploi de la jachère, la durabilité de la technique est assurée par l'application de fumures organiques et l'augmentation du niveau de fertilité est assuré par l'épandage de fumures minérales.

Selon Barry (ODEM) et Tembély (ORM), l'épandage de fumures minérales est déjà actuellement pratiqué par des cultivateurs des Cercles de Bankass et Koro (Sourou et Séno Bankass): si le pronostic sur l'année à venir est bon, ils essayent de se procurer des engrais pour le début de la saison de croissance et s'il est mauvais, ils n'essayent pas.

### Niveau intensif

La technique intensive (no. 6), actuellement non utilisée, exploite une forte augmentation du niveau intrinsèque de fertilité des sols et utilise des moyens améliorés de production: il y a utilisation de la culture attelée, il n'y a pas emploi de la jachère, la durabilité de la technique est assurée par l'application de fumures organiques et la forte augmentation du niveau de fertilité est assurée par l'épandage de fumures minérales. Cette technique est du domaine du potentiel mais elle reste, cependant, du domaine du possible.

## 2.2 Environnement

La zone pluviométrique de prédilection du mil se situe entre les isohyètes de 250 à 700 mm a<sup>-1</sup> et il est la culture dominante, en Afrique et en Asie, en dessous de l'isohyète de 500 mm a<sup>-1</sup> (Catherinet *et al.*, 1963; Siband, 1981; Lambert, 1983). Or la Région se situe, du sud au nord, entre les isohyètes de 600 à 200 mm a<sup>-1</sup> ainsi que montré dans le rapport 1, chapitre 4.

La Région est divisée en 11 zones agro-écologiques (ZAE) (figure 2.2) sur la base de critères d'homogénéité pédologique, chacune étant l'unité territoriale physique de base pour le modèle-PL (rapport 1, chapitre 3). Du point de vue pluviométrique, ces 11 ZAE sont regroupées en 4 zones pluviométriques (ZP) ainsi que montré au tableau 2.2 et dont les valeurs pluviométriques en années normales et sèches de mai à octobre de 1959 à 1988 sont utilisées (rapport 1, chapitre 4). Lors des années normales, le mil peut être cultivé dans ces 4 ZP, les pluviométries allant de 545 à 257 mm a<sup>-1</sup> (de 531 à 255 mm de mai à octobre). Par contre, lors des années sèches nous voyons que le mil est encore cultivable dans les 2 ZP du sud, qui regroupent 4 ZAE, où les pluviométries vont de 368 à 306 mm a<sup>-1</sup> (de 363 à 302 mm de mai à octobre), mais le mil est de culture infra-marginale dans les 2 ZP du nord, qui regroupent 7 ZAE, où les pluviométries vont de 237 à 153 mm a<sup>-1</sup> (de 237 à 153 mm de mai à octobre). De 1959 à 1988, les pluviométries des 11 ZAE vont, du sud au nord et en moyenne, de 536 à 233 mm a<sup>-1</sup> et de 1979 à 1988, elles vont, en moyenne, de 469 à 137 mm a<sup>-1</sup> (rapport 1, chapitre 4).

Le mil est tolérant quant à la structure du sol et bien qu'il puisse être cultivé sur des sols lourds (limons et argiles), il est cependant le plus souvent cultivé sur des sols légers (sables et sables limoneux) et intermédiaires (limons sableux). Avant de passer en revue les sols emblavés en mil, il est nécessaire de passer brièvement en revue deux facteurs qui sont contraignants quant au choix des sols, sans aborder les contraintes sociologiques et sociales. Ces deux facteurs sont aussi utilisés dans les modèles de simulation (Erenstein, 1990, van Duivenbooden, 1990b).

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.	Dionгани	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.	Koumaïra	72.	Tonka

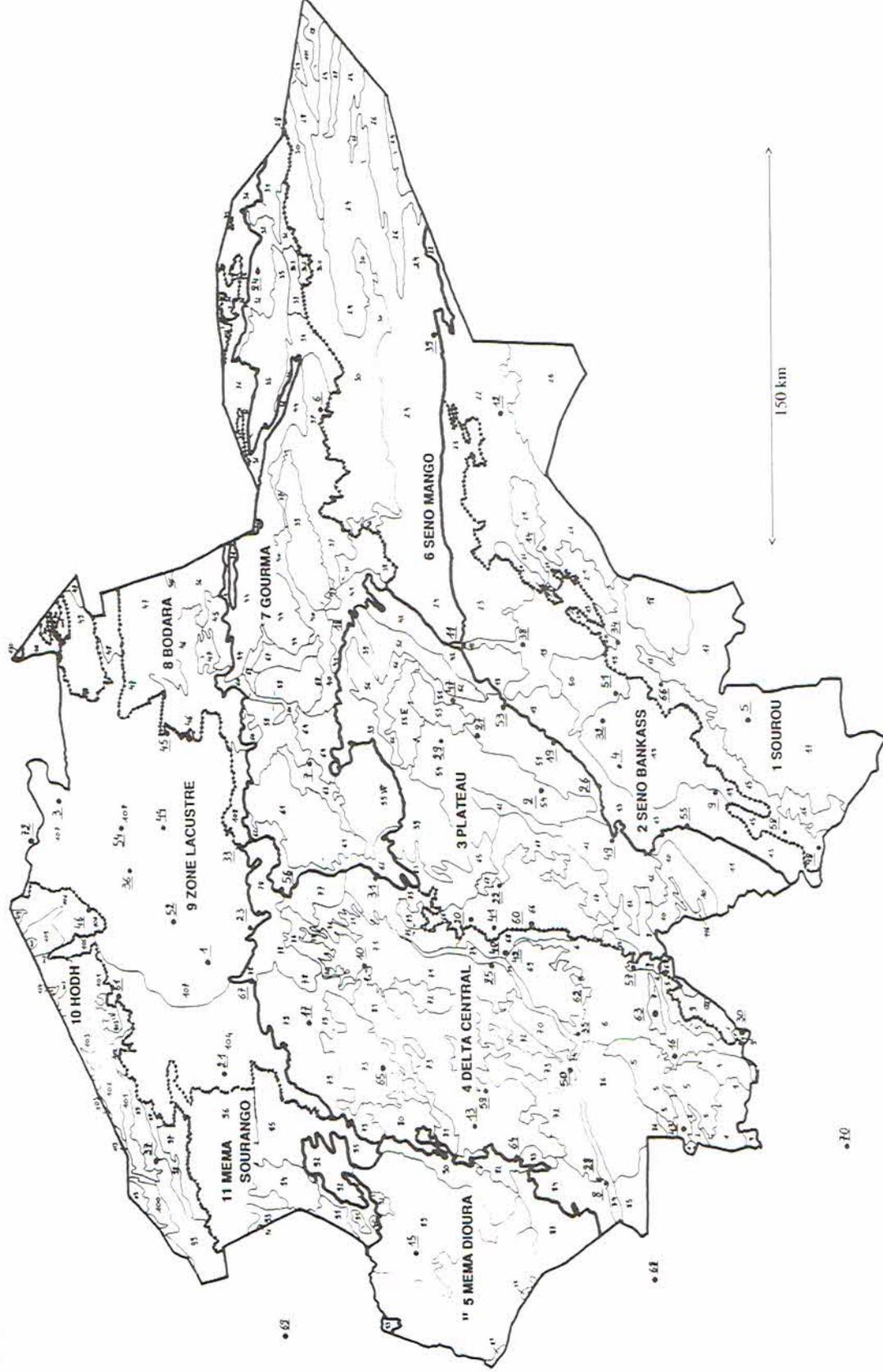


Figure 2.2. La Région de Mopti et Cercle de Niakhar composée de 9 Cercles qui regroupent 62 Arrondissements. Les numéros soulignés correspondent aux 72 localités, de référence géographique, qui sont données au tableau 2.1. Les limites et les positions sont indicatives.

Tableau 2.2. 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						

Source: rapport 1, chapitre 3.

### 1. Contrainte hydrique du sol

- Le mil est peu tolérant à l'engorgement et il s'ensuit que les sols lourds sont évités vu leur tendance à l'engorgement lors des fortes pluies. Cette sensibilité du mil à l'engorgement serait aussi une des raisons de la culture du mil sur billons.
- Il est nécessaire de bénéficier des premières pluies pour la germination et donc les sols lourds sont évités vu qu'ils demandent trop de pluies en début de cycle pour assurer une bonne germination (courbe de pF) ce qui raccourcit le cycle de croissance dans une saison de croissance déjà très courte.
- Les sols lourds ne permettent pas l'exploitation de toute l'eau de pluies (point de flétrissement, courbe de pF), ce qui accentue le déficit hydrique lorsque les pluies sont faibles.

Cependant, les sols lourds sont utilisés si la combinaison des pluies et de la position topographique assure un meilleur approvisionnement en eau par apports dus aux écoulements tout en évitant un engorgement. L'exploitation de cette combinaison est fréquemment mise à profit dans la Région: les cultures "montent" vers les parties hautes du micro-relief, d'ailleurs aux sols souvent plus légers, lorsque le pronostic sur les pluies à venir est en faveur de bonnes pluies et elles "descendent"

dans les dépressions du micro-relief, d'ailleurs aux sols souvent plus lourds, lorsque le pronostic sur les pluies à venir est en défaveur de bonnes pluies. L'ensablement de la surface de ces sols lourds permet aussi l'exploitation des premières pluies par la germination et facilite le travail de ces sols.

Au nord de la Région, sous faibles pluviométries et sur sols sableux, la position topographique est aussi mise à profit pour augmenter l'apport d'eau à la culture de mil par exploitation des pieds de dunes où il y a apport d'eau moins par écoulement que par infiltration, la dune servant de "collecteur-réservoir".

## 2. Contrainte de force de travail

La possibilité de pouvoir travailler (préparation de sol et secondes façons culturales) une terre donnée dépend, entre autres, de la puissance de travail disponible, à savoir le nombre et le moyen (houe/main, charrue/ boeuf). Cette contrainte pousse à choisir des terres plutôt légères et donc plus faciles et rapides à travailler, ce qui permet aussi d'être plus extensif en vue de minimiser les risques.

## 3. Rareté des terres

En plus, il existe une contrainte "rareté des terres". Plus la terre est rare et plus de types de sols sont mis en exploitation. Ainsi, sur le Plateau, même des diaclases comblées ou des éboulis rocheux de piémonts peuvent être exploités.

Ces trois contraintes et l'utilisation de la combinaison pluies-topographie font que des sols apparemment impropres à l'agriculture, vu leur texture et les pluies qu'ils reçoivent, sont quand même partiellement utilisés. De ce fait, lors de l'exposé, donné ci-dessous, des sols et des superficies exploitables par le mil, il a été attribué des coefficients d'exploitabilité des sols lourds parfois partiellement cultivés. Les connaissances bibliographiques (PIRT, 1983; 1984; 1986; 1987; 1989) et de terrain permettent de savoir si un sol est exploité en mil, ainsi que d'établir les valeurs supposées des coefficients. Les sols sableux dunaires parfois exploités ne sont pas pris en compte en tant que tels, mais sont inclus implicitement par l'usage de tous les types de limons-sableux.

Les sols qui peuvent être emblavés en mil sont selon les zones agro-écologiques:

- les sables limoneux (B1 cf. classification CABO = D5 et D6 cf. classification PIRT, rapport 1, chapitre 3) qui sont dans le Séno Bankass (figure 2.2) avec une superficie de 2 477 km<sup>2</sup>, le Séno Mango (4 430 km<sup>2</sup>) et le Hodh (25 km<sup>2</sup>);
- les sables limoneux à nappe phréatique haute (B2 = D7) qui sont dans le Delta Central (64 km<sup>2</sup>), le Méma Dioura (391 km<sup>2</sup>), le Bodara (5 km<sup>2</sup>), la Zone Lacustre (4 312 km<sup>2</sup>), le Hodh (7 km<sup>2</sup>) et le Méma Sourango (265 km<sup>2</sup>);
- les limons sableux (C1 = DA1, DA2, DA3, DA4, DA5, PS2 et PS3) qui sont dans le Sourou (2 327 km<sup>2</sup>), le Séno Bankass (3 866 km<sup>2</sup>), le Plateau (1 814 km<sup>2</sup>), le Delta Central (375 km<sup>2</sup>), le Méma Dioura (2 319 km<sup>2</sup>), le Séno Mango (884 km<sup>2</sup>), le Gourma (800 km<sup>2</sup>), le Bodara (1 006 km<sup>2</sup>), la Zone Lacustre (278 km<sup>2</sup>), le Hodh (1 657 km<sup>2</sup>), et le Méma Sourango (57 km<sup>2</sup>);

- les limons sableux gravillonneux (C2 = TR2 et TR6) qui sont dans le Plateau (3 354 km<sup>2</sup>) et le Gourma (1 491 km<sup>2</sup>); le TR1 du Gourma, qui est un limon sableux gravillonneux, n'est pas inclus;
- les limons argileux (D1 = PL4 et PL6) qui sont dans le Sourou (367 km<sup>2</sup> = 15% de PL6), le Plateau (102 km<sup>2</sup> = 100% de PL4), le Méma Dioura (594 km<sup>2</sup> = 100% de PL4 et PL6) et le Gourma (208 km<sup>2</sup> = 15% de PL4); les PL4 et PL6 du Séno Mango ne sont pas considérés ainsi que le PL4 du Bodara, du Hodh et du Méma Sourango; le TH5 du Delta Central, du Gourma et du Hodh, qui est également un limon argileux, n'est pas utilisé;
- les limons fins argileux/argiles limoneuses (sols exondés) (E1a = PA3 et TI5) qui sont dans le Plateau (46 km<sup>2</sup> = 100% de PA3), le Gourma (58 km<sup>2</sup> = 15% de PA3), le Hodh (3 km<sup>2</sup> = 100% de TI5) et le Méma Sourango (27 km<sup>2</sup> = 100% de TI5). Le PA3 du Séno Mango n'est pas considéré; le TH4 du Méma Dioura, de la Zone Lacustre, du Hodh et du Méma Sourango ainsi que le TH8 du Delta Central, qui sont également des limons fins argileux/argiles limoneuses, ne sont pas utilisés;
- le limon fin argileux/argile limoneuse (sol exondé) de basse fertilité (E2a = PL7) est exploitable à 100% dans le Sourou (147 km<sup>2</sup>), le Delta Central (204 km<sup>2</sup>) et le Méma Dioura (567 km<sup>2</sup>), tandis qu'il est inexploitable dans le Gourma et le Méma Sourango; le TH1 du Gourma, qui est également un limon fin argileux exondé, n'est pas utilisé;
- les argiles limoneuses (F1 = PL9 et TH7) sont exploitables à 100% dans le Sourou (138 km<sup>2</sup>), le Plateau (1 304 km<sup>2</sup>) et le Gourma (109 km<sup>2</sup>), tandis qu'elles sont inexploitables dans le Delta Central et le Méma Dioura; le TH3 et le TH6, qui sont également des argiles limoneuses, ne sont pas utilisées.

## 2.3 Rendement

Le rendement-cible de mil est basé, d'une part, sur les données recueillies dans la littérature et concernant la Région et, d'autre part, sur les résultats de la simulation. Les données compilées concernent les techniques extensives pratiquées dans la Région avec des rendements, variant d'année en année, de 400 à 700 kg ha<sup>-1</sup> (OMM, 1988). Le rendement moyen au cours de la période allant de 1976 à 1986 dans les Cercles de Koro et Bankass a été de 500 (Koro) et 550 kg ha<sup>-1</sup> environ (Bankass) (de Frahan & Diarra, 1987).

Les rendements-cibles des années normales pour les techniques extensives sans traction animale (techniques 1 et 2) ont été évalués à respectivement 500, 375, 250 et 190 kg ha<sup>-1</sup> pour les 4 zones pluviométriques considérées. En culture attelée (techniques 3 et 4), les rendements-cibles sont supposés être supérieurs de 20%. En effet, selon Chopart & Nicou (1989), l'emploi de la traction animale augmente les rendements jusqu'à 67%, comparativement au non emploi de la traction, mais ces rendements décroissent au cours du temps.

Les résultats de la simulation ont été utilisés pour déterminer les rendements-cibles des techniques de production intensive et semi-intensive. 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

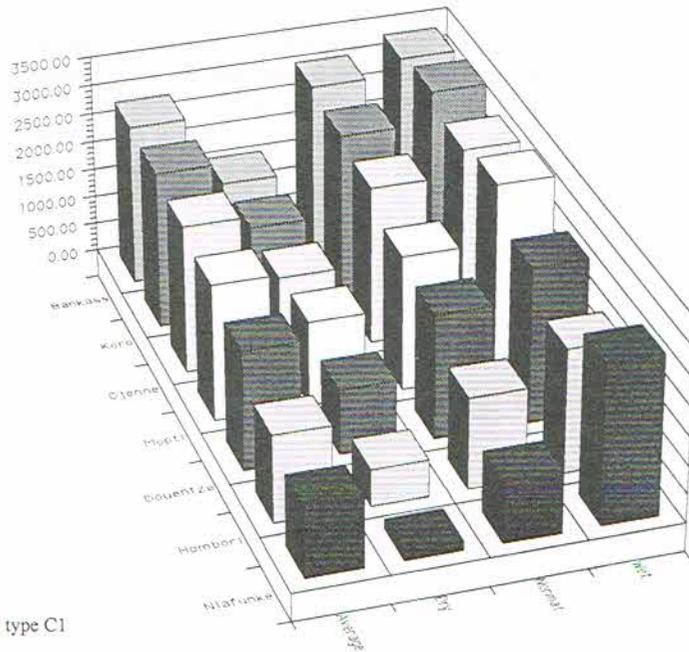
eau, la disponibilité en éléments nutritifs étant supposée être optimale), sur la base des caractéristiques du sol (courbe-pF) et de la pluviométrie observée pendant la période allant de 1959 à 1988 pour 7 stations météorologiques de la Région. Etant donné qu'aucune information quantitative concernant les pertes d'eau ("runoff") ou les gains ("runon") dus 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 toutes les pluies s'infiltrent dans le sol. Les résultats de simulation sont décrits en détail par Erenstein (1990) et par Duivenbooden (1990b) et la figure 2.3. 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 une perte d'intrants extérieurs. 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. Ces rendements atteignent de 840 à 2 390 kg ha<sup>-1</sup> suivant le type de sol et la zone pluviométrique.

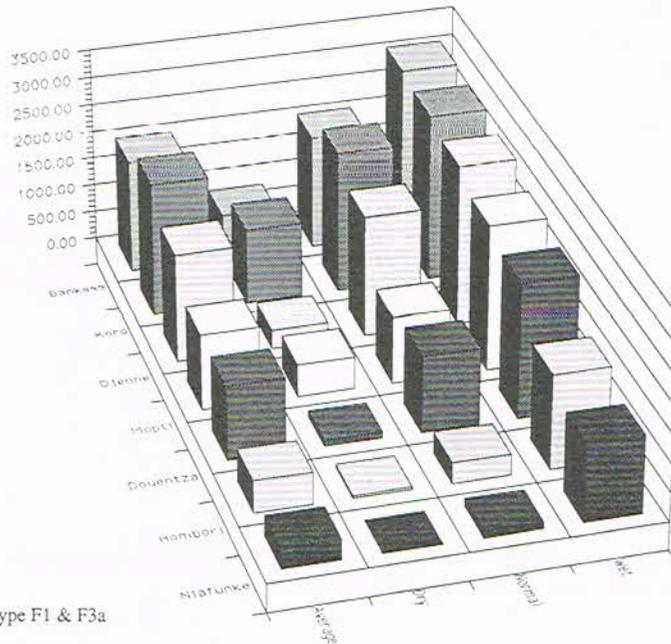
Les rendements-cibles pour la technique semi-intensive ont été fixés à 40% de ceux de la technique intensive, c'est-à-dire qu'ils représentent les 32% du rendement-simulé en fonction de la disponibilité en eau, ce qui représente de 360 à 1 000 kg ha<sup>-1</sup>. Ce niveau est cependant quelque peu moins élevé que celui rapporté par l'OMM (1988) pour leur "stade 4", c'est-à-dire de 700 à 1 400 kg ha<sup>-1</sup>. Notons que les combinaisons de types de sols et de la technique intensive ne sont pas identiques aux combinaisons de types de sols et de la technique semi-intensive (tableau 2.5).

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 d'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 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.



Millet, soil type C1



Millet, soil type F1 &amp; F3a

Figure 2.3. Rendement moyen du mil sur deux types de sol, en fonction du type d'année pluviométrique et selon les stations pluviométriques de la Région. Les valeurs sont obtenues à partir de simulations avec limitation en eau.

Etant donné que la production des résidus de culture 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. Trois exemples sont présentés sur la figure 2.4.

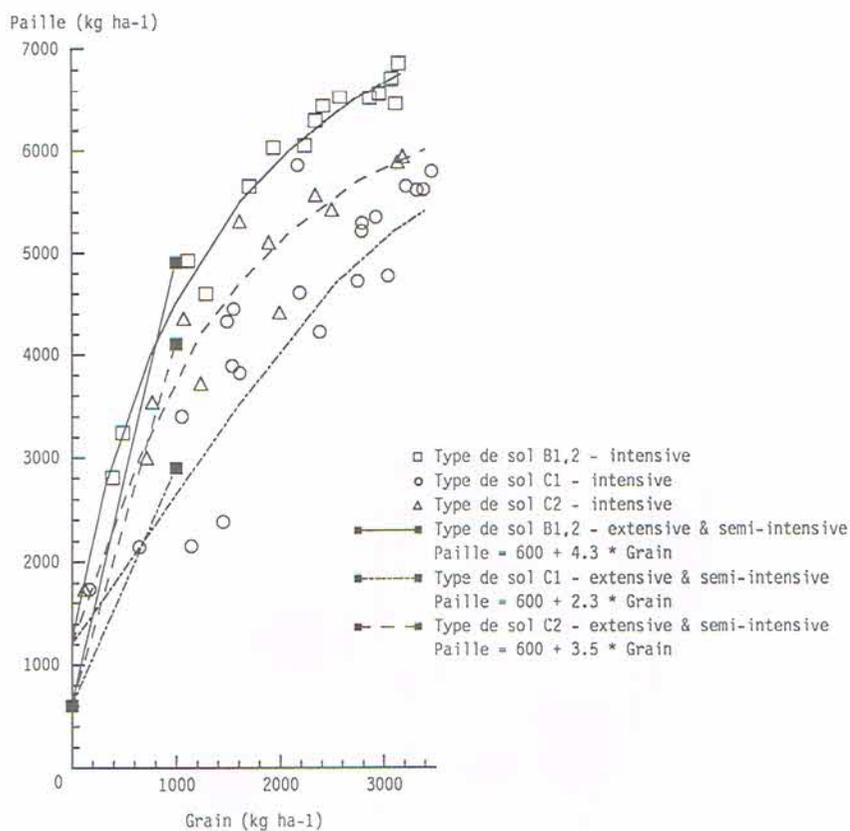


Figure 2.4. Production en paille de mil en fonction des rendements-cibles en grain et selon trois types de sol (van Duivenbooden, 1990a).

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 culture au rendement-cible (résidus = a \* 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 (tableau 2.3).

Tableau 2.3. Production de paille [S, MS kg ha<sup>-1</sup>] en tant que fonction du rendement [Yt, MS kg ha<sup>-1</sup>] des diverses activités du mil.

TYPE DE SOL	TECHNIQUE		
	EXTENSIVE (1-4)	SEMI-INTENSIVE (5)	INTENSIVE (6)
B1	S = 600 + 4.3*Yt	S = 600 + 4.3*Yt	S = 2.7*Yt
B2	S = 600 + 4.3*Yt	S = 600 + 4.3*Yt	S = 3300 + 1.3*Yt
C1	S = 600 + 2.3*Yt	S = 600 + 2.3*Yt	S = 1700 + 1.2*Yt
C2	S = 600 + 3.7*Yt	S = 600 + 3.7*Yt	-
D1	S = 300 + 3.0*Yt	S = 300 + 3.0*Yt	-
E1a	S = 100 + 2.7*Yt	-	-
E2a	S = 80 + 2.8*Yt	-	-
F1	S = 200 + 3.5*Yt	S = 200 + 3.5*Yt	S = 1830 + 1.3*Yt

Source: van Duivenbooden (1990a).

En ce qui concerne les consommations par les animaux des sous-produits des cultures de mil, d'après les résultats bruts ayant servi à valider Jansen & Gosseye (1986), il ressort que la répartition des fractions de la biomasse aérienne du mil, sans les grains, est (moyenne sur 51 valeurs tous traitements confondus): limbes (laminas): 25%, chaumes (tiges + gaines): 49%, plateaux de tallage (haut des racines et bas des tiges): 10% et rafles (épis - grains): 16%. Nous admettons que les plateaux de tallage et les rafles ne sont pas consommables: les plateaux sont trop durs et les rafles sont trop irritantes (poils). Donc il reste les limbes et les chaumes. Selon Quilfen & Milleville (1983), 100% des limbes sont consommés et 98% des chaumes sont consommés soit 100% consommables, étant donné qu'il y a 2% perdu en petits fragments dans le sol. Donc pour le mil, il y aurait 74% de la biomasse aérienne autre que les grains qui seraient consommables par les animaux,

soit 75%. Nous pouvons supposer qu'après récolte, 100% des résidus de récolte du mil sont accessibles pour les animaux. Cependant, il y a encore toujours quelques pertes, supposées valoir 10%.

Il a été tenu compte des pertes après moisson et les prix des produits commercialisés appliqués sont en principe ceux habituellement pratiqués quelque temps après la moisson. Le prix payé aux agriculteurs pour le mil est de 55 FCFA kg<sup>-1</sup>. Le prix de la paille n'a été ni calculé, ni inclus dans cette étude.

## 2.4 Besoins en éléments nutritifs

En se basant sur les résultats d'une étude bibliographique extensive (van Duivenbooden, 1990a), les taux minimaux d'azote, de phosphore et de potassium calculés sur la base du poids de l'extrait sec sont respectivement de 3.0, de 0.3 et de 10.0 g kg<sup>-1</sup> de MS pour la paille, et de 13.0, de 1.8 et de 4.0 g kg<sup>-1</sup> de MS pour le grain. C'est en se basant sur ces concentrations que la durée requise de la période de jachère et les besoins en fumures minérales et organiques ont été calculés, suivant la méthode décrite au chapitre 1. Les résultats sont présentés dans les tableaux 2.4 et 2.5.

## 2.5 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre.

Le semis a lieu après les premières pluies effectives (Dancette & Hall, 1979), généralement vers la mi-juillet; la moisson a lieu dans la première quinzaine d'octobre. Les besoins en main-d'oeuvre pour les différentes opérations, et en fonction des différentes techniques, sont discutés ci-après.

### 1. Nettoyage des champs

Le nettoyage des champs comprend le ramassage et le brûlage des résidus de la dernière récolte ou l'arrachage des arbres et buissons après une longue période de jachère. Il n'est pas clairement établi si les besoins en main-d'oeuvre de 5 dth ha<sup>-1</sup> indiqués par l'OMM (1988), correspondent à la première de ces opérations, ou à la seconde, ou associent les deux. En conséquence, les besoins en main-d'oeuvre pour la première opération ont été estimés à 1 dth ha<sup>-1</sup> (techniques 2 et 4) et pour la seconde à 5 dth ha<sup>-1</sup> (techniques 1 et 3).

### 2. Transport et épandage du fumier

A l'exception des techniques extensives 1 et 3, toutes les techniques utilisent le fumier comme intrant. Le fumier est transporté vers les champs pendant les mois précédant le début de la saison des pluies, soit sur la tête dans une calebasse (6 voyages par jour, 10 kg par voyage), soit à dos d'âne (4 voyages par jour, 40 kg par voyage), soit par charrette à deux roues à traction asine (3 voyages par jour, 100 kg par voyage).

Pour les techniques extensives, il a été supposé que 25% sont transportés à dos d'homme, 65% à dos d'âne et 10% par charrette, ce qui représente environ 150 kg dth<sup>-1</sup>. Pour les techniques semi-intensive et intensive, ces valeurs sont de 0, de 20 et de 80% respectivement, soit 270 kg dth<sup>-1</sup>. La quantité de fumier nécessaire dépend du type de sol et du rendement-cible (tableau 2.5).

Le fumier est réparti régulièrement sur le champ avant la préparation de sol. Si l'on dispose de suffisamment de temps, on pratique le broyage des gros morceaux. Il est admis que 400 kg de fumier peuvent être ainsi traités par homme et par jour.

Pour les techniques retenues, la main-d'oeuvre totale nécessaire pour le transport et l'épandage du fumier (tableau 2.5), dépasse la valeur de 15 dth ha<sup>-1</sup> rapportées par l'OMM (1988), mais les quantités de fumier sont en fonction des rendements-cibles.

### 3. Epandage de la fumure de fond

Pour les techniques semi-intensive et intensive, des engrais minéraux composés d'azote, de phosphore et de potassium sont épandus dans les champs juste avant les opérations de la préparation de sol. Les besoins en main-d'oeuvre rapportés sont de 1 dth ha<sup>-1</sup> (OMM, 1988; ORM, com. pers.) et sont utilisés dans le modèle-PL.

### 4. Préparation du sol

La préparation du sol peut être effectuée manuellement, requérant ainsi de 5 (van Heemst *et al.*, 1981) ou 12 dth ha<sup>-1</sup> (PIRT, 1983). Cette opération est associée aux techniques 1 et 2, mais étant donné que les fermiers utilisent les billons des opérations de sarclage de l'année précédente, les besoins en main-d'oeuvre pour cette opération ont été fixés à 3 dth ha<sup>-1</sup>. La seconde manière de préparer le sol est de pratiquer le labour en billons par traction bovine. Les besoins en main-d'oeuvre sont de (4 dth + 2 At) ha<sup>-1</sup> (PIRT, 1983; OMM, 1988), et sont comparables à ceux rapportés par van Heemst *et al.* (1981), soit (3.5 dth + 2 At) ha<sup>-1</sup>. Les premiers besoins en main-d'oeuvre sont utilisés pour les techniques 3 à 5. A noter que dans le cas du labour en billons, la moitié seulement de la zone est effectivement labourée. Si un semoir est utilisé (technique 6), la préparation du sol est tout d'abord effectuée à plat, ce qui représente (8 dth + 4 At) ha<sup>-1</sup>, puis en billon, ce qui représente un total de (12 dth + 6 At) ha<sup>-1</sup>.

### 5. Semis

Le semis est effectué dans des poquets et les besoins en main-d'oeuvre représentent 2 (PIRT, 1983), ou 5 (OMM, 1988), ou 10 dth ha<sup>-1</sup> (van Heemst *et al.*, 1981). La valeur indiquée par l'OMM est appliquée à la fois pour les techniques extensive et semi-intensive. Dans la technique intensive, un semoir est utilisé et il requiert (2 dth + 1 At) ha<sup>-1</sup> (Mbenque, 1987).

## 6. Premier sarclage

Les besoins totaux en main-d'oeuvre indiqués dans les différents documents pour le sarclage manuel sont: 22 dth ha<sup>-1</sup> (PIRT, 1983) ou 26 dth ha<sup>-1</sup> (OMM, 1988), et pour le sarclage à traction animale (10 dth + 2 At) ha<sup>-1</sup> (PIRT, 1983) ou (13 dth + 4 At) ha<sup>-1</sup> (OMM, 1988). En termes de besoins en main-d'oeuvre, le premier sarclage exige plus de la moitié du temps total nécessaire pour l'ensemble des opérations de sarclage (OMM, 1988). En conséquence, les besoins en main-d'oeuvre pour le premier sarclage manuel ou à traction animale ont été fixés à 15 dth ha<sup>-1</sup> et (10 dth + 2 At) ha<sup>-1</sup>, respectivement.

Le buttage exigeant (5 dth + 2 At) ha<sup>-1</sup> (PIRT, 1983) coïncide avec le sarclage. En conséquence, cette opération n'est pas dissociée du sarclage proprement dit.

Jusqu'à présent, les herbicides n'ont pas été couramment appliqués dans les systèmes de culture du mil, mais une telle application pourrait constituer une alternative attrayante dans l'avenir en ce qui concerne la lutte contre les adventices particulièrement réfractaires. Dans la version actuelle du modèle-PL cependant, cette option n'a pas été incluse.

## 7. Epannage de la première fumure de couverture

La première fumure de couverture en place, i.e. creuser un trou pour y mettre l'engrais et le couvrir ensuite, requiert 4 dth ha<sup>-1</sup> pour les techniques semi-intensive et intensive.

## 8. Première pulvérisation d'insecticides

Dans la technique intensive, une pulvérisation phytosanitaire est requise. Il faut une heure pour pulvériser un hectare (travail effectif). Si l'on inclut le transport du matériel et de l'eau, les besoins en main-d'oeuvre représentent 0.5 dth ha<sup>-1</sup>.

## 9. Second sarclage

Bien que l'OMM (1988) rapporte l'utilisation de la traction animale pour le second sarclage, le danger de dommages que cette façon de faire peut administrer à la culture est généralement considéré comme étant trop élevé. En conséquence, le second sarclage est supposé être effectué manuellement, les besoins en matière de main-d'oeuvre pour le sarclage manuel, i.e. 12 dth ha<sup>-1</sup> (OMM, 1988), étant alors applicables pour toutes les techniques de production du mil.

## 10. Seconde fumure de couverture

La seconde fumure de couverture n'est appliquée que dans la technique intensive, et requiert 4 dth ha<sup>-1</sup>, comme dans le cas de la première fumure.

### 11. Seconde pulvérisation

Comme pour la première pulvérisation, 0.5 dth ha<sup>-1</sup> est requis pour la technique intensive.

### 12. Récolte

Dans les techniques extensives, la récolte du mil est effectuée manuellement avec un couteau à mil, cet outil étant de meilleure qualité dans les techniques semi-intensive et intensive. Aucune donnée détaillée sur les besoins en main-d'oeuvre en fonction du rendement n'est disponible. Il est supposé dans cette étude que les besoins en main-d'oeuvre sont d'abord fonction du rendement puis du nombre d'épis à récolter, étant donné que le poids du grains par épis est fonction du taux d'application des engrais (van Duivenbooden & Cissé, 1989; Gosseye, obs. pers.). Les besoins en main-d'oeuvre pour la récolte sont calculés comme suit:

$$\text{MdO-R} = \frac{Y}{\text{GPP}} * \frac{1}{\text{VR}} \quad (12)$$

où

MdO-R = les besoins en main-d'oeuvre pour la récolte [dth ha<sup>-1</sup>]

Y = rendement [kg ha<sup>-1</sup>]

GPP = grain par panicule [kg épis<sup>-1</sup>]

VR = vitesse de récolte [épis dth<sup>-1</sup>]

En se basant sur un nombre de 38 000 épis ha<sup>-1</sup> (Gosseye, obs. pers.) et sur les besoins en main-d'oeuvre rapportés de 5 dth ha<sup>-1</sup>, le taux de récolte pour les techniques extensives est d'approximativement 8 000 épis dth<sup>-1</sup>. Pour les techniques semi-intensive et intensive, ce taux est fixé à 10 000 épis dth<sup>-1</sup>, sur la base de l'utilisation d'un couteau à mil de meilleure qualité et de la densité plus élevée des épis. Pour les techniques extensives et les deux techniques plus intensives, le poids du grain par épis est fixé à 12 et 19 g, respectivement (Gosseye, obs. pers.).

La substitution de ces valeurs dans l'équation 12, donne:

$$\text{MdO-R} = B * Y \quad (13)$$

où

B = 0.010 pour les techniques extensives [dth kg<sup>-1</sup>]

0.005 pour la technique semi-intensive [dth kg<sup>-1</sup>]

0.005 pour la technique intensive [dth kg<sup>-1</sup>]

Les besoins en main-d'oeuvre pour les différentes techniques sont présentés au tableau 2.5.

### 13. Transport des épis, battage et vannage

Dans la Région, le battage et le vannage sont rarement effectués directement après la moisson (OMM, 1988), bien que cela soit le cas au Méma Dioura. D'une manière générale, les épis sont empaquetés et transportés des champs à la ferme. Cependant, particulièrement dans le sud de la Région, on a observé une tendance croissante à transporter également la paille à la ferme ou vers un lieu de stockage. Dans la version actuelle du modèle-PL, le battage au champ et le transport de la paille n'ont pas été inclus. Les besoins en main-d'oeuvre pour le transport, le battage et le vannage des épis (panicule en réalité) est fonction des rendements (nombre d'épis et poids du grain par épis) et du matériel utilisé. Les valeurs calculées sont données au tableau 2.5. Les calculs des besoins en main-d'oeuvre pour ces opérations sont basés sur les considérations données ci-après.

Nous avons déduit de nos observations que chaque paquet assemblé dans la Région, requérant environ 0.25 h à deux ouvriers pour être terminé, contient environ 1 350 épis.

Il a été supposé qu'un ouvrier peut faire 4 voyages par jour en portant un paquet sur la tête (y compris son assemblage). A dos d'âne, 3 paquets peuvent être transportés 4 fois par jour, avec une charrette à traction asine, 6 paquets 3 fois par jour, et avec un char à boeufs 10 paquets 3 fois par jour. Pour les techniques extensives 1 et 2 (sans traction animale), le transport est seulement manuel à raison de 65 kg dth<sup>-1</sup>. Pour les techniques extensives 3 et 4, le transport est supposé être effectué à raison de 50% à dos d'âne et 50% par charrette à traction asine, ce qui donne 240 kg dth<sup>-1</sup>. Pour la technique semi-intensive, le transport est effectué uniquement par charrette (460 kg dth<sup>-1</sup>). Pour la technique intensive, le transport est effectué uniquement par char à boeufs (770 kg dth<sup>-1</sup>).

Le battage et le vannage sont des activités qui prennent beaucoup de temps. Le PIRT (1983) estime que de 40 à 60 kg dth<sup>-1</sup> peuvent être traités. Pour le battage uniquement, van Heemst *et al.* (1981) ont rapporté 9.4 dth t<sup>-1</sup> (= 106 kg dth<sup>-1</sup>), mais la raison de cette différence reste obscure. La valeur moyenne indiquée par le PIRT a été appliquée dans cette étude.

Les besoins en main-d'oeuvre pour le stockage du produit de la récolte n'ont pas été compris dans cette étude.

La main-d'oeuvre totale nécessaire pour les techniques extensives est de 61.5 dth ha<sup>-1</sup> (tableau 2.4) pour un sol de type C1; cette valeur correspond à celle mentionnée par le PIRT (1983), mais est un peu plus élevée que celle de 49 indiquée pour le Burkina Faso (Roth, 1986). La valeur de (55.5 dth + 4 At) ha<sup>-1</sup> pour la technique 3 avec traction animale, dépasse quelque peu les (50 dth + 8 At) ha<sup>-1</sup> indiqués par le PIRT (1983), mais souligne l'intrant traction animale moins élevé de cette dernière technique. Par ailleurs, l'épandage de fumier dont il est tenu compte dans cette étude accroît substantiellement les besoins totaux en main-d'oeuvre.

Les besoins en main-d'oeuvre sont répartis sur les différentes périodes de l'année (sous-section 1.3.1), comme indiqué dans le tableau 2.4.

## 2.6 Intrants monétaires

### 2.6.1 Amortissements

#### 1. Charrues

Le nombre de charrues requis, comme défini dans le modèle-PL, est le maximum calculé pour n'importe quelle période (sous-section 1.3.1). Par exemple, le temps nécessaire à la préparation du sol dans les techniques extensives 3 et 4 et la technique semi-intensive ( $2 \text{ At ha}^{-1}$ ), correspond à un besoin de 1 charrue pour 10 ha. De même, pendant la période du premier sarclage, les besoins en charrues sont de 1 pour 7.5 ha. En conséquence, cette dernière valeur est appliquée dans le modèle-PL. Pour la technique intensive, cependant, le rapport maximal est applicable à la période de préparation du sol, i.e. 1 charrue pour 3.33 ha.

En outre, l'accessibilité aux charrues peut constituer un problème. Cette situation a été reproduite dans le modèle-PL en interdisant l'échange de charrues entre les zones agro-écologiques. Par ailleurs, dans une zone, l'échange est supposé être limité, ce qui a eu pour conséquence d'accroître le nombre requis de charrue de 25%.

En appliquant le prix d'achat et la longévité du matériel comme indiqué dans l'annexe 1 (tableau A1.1), le taux d'amortissement s'élève à  $1\,670 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  pour les techniques 3, 4 & 5 et à  $5\,260 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  pour la technique 6.

#### 2. Petit matériel

Le petit matériel utilisé pour les différentes techniques de production du mil, consiste en différents types de houes, en un couteau et en un couteau spécial à mil, de meilleure qualité pour les deux techniques plus intensives. Le prix d'achat de chacun de ces outils est mentionné dans le tableau A1.1 (annexe 1) et le taux d'amortissement total est évalué entre 500 (PIRT, 1983) et  $700 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (OMM, 1988), cette dernière valeur étant appliquée dans cette étude pour les techniques extensives. Pour les techniques semi-intensive et intensive, ce taux est évalué à  $1\,000$  et  $1\,500 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , respectivement, selon la qualité du matériel utilisé.

#### 3. Semoir

Pour la technique intensive, un semoir est utilisé. Etant donné les restrictions de temps pendant la période de semis, on estime qu'un semoir est nécessaire pour couvrir 5 ha. En se basant sur le prix d'achat et la longévité du matériel (tableau A1.1) et en tenant compte des 25% de compensation pour l'inaccessibilité, le taux d'amortissement a été évalué à  $1\,600 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

#### 4. Pulvérisateur

La technique intensive prévoit l'utilisation d'un pulvérisateur. On estime que chaque foyer dispose d'un pulvérisateur pour 5 ha. En conséquence, sur la base du prix d'achat et de la longévité de ce matériel (tableau A1.1), le taux d'amortissement a été évalué à 1 200 FCFA ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>.

#### 2.6.2 Coûts des opérations

##### 1. Semences

Conformément au CRD (1985), environ 2% du rendement est retenu en graines qui sont réservées comme semences pour la saison suivante, ce qui excède la quantité de 10 kg ha<sup>-1</sup> rapportée par le PIRT (1983) si le rendement est supérieur à 500 kg ha<sup>-1</sup>. Cependant, cette quantité semble trop élevée étant donné la pratique habituelle dans les techniques extensives où 4 à 5 graines sont placées par poquet, pour environ 12 500 poquets ha<sup>-1</sup> (densité de plantation 0.9 \* 0.9 m) et un poids par 1 000 graines d'environ 7 g (= 0.43 kg ha<sup>-1</sup>) (Gosseye, obs. pers.). En tenant compte des pertes possibles en jeunes plantes dues à la sécheresse et d'un nouveau semis pour les remplacer, on estime que l'intrant nécessaire applicable à toutes les techniques est de 1 kg de graines, évalué à 60 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

##### 2. Pesticides

Les parasites du mil les plus communs sont: *Raghuva albipunctella* (ver de l'épi vert), *Acigona ignefusalis* (borer de la tige) et *Sesamia calamistis* (borer rose). Les maladies cryptogamiques relativement les plus importantes sont: *Sclerospora graminicola* (maladie de l'épi vert), *Tolyposporium penicillariae* (charbon du mil) et *Claviceps fusiformis* (ergot du mil) (Gahukar, 1989). Cependant, une lutte contre ces parasites n'est habituellement pas effectuée dans la Région.

Pour les pesticides de protection des semis, le PIRT (1983) mentionne dans son rapport un intrant de 23 FCFA ha<sup>-1</sup> et l'OMM (1988) un intrant de 100 FCFA ha<sup>-1</sup>. Étant donné que la première valeur est considérée comme insuffisante, ce type d'intrant a été évalué à 100, 250 et 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour chacune des techniques extensives, semi-intensive et intensive, respectivement.

Pour la technique intensive, on a estimé qu'une pulvérisation est pratiquée pendant la saison; les coûts ont été évalués à 6 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Le coût des pesticides du stockage des grains n'a pas été inclus dans cette étude.

En conséquence, les coûts des pesticides sont de 100, 250 et 6 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour les techniques extensives, semi-intensive et intensive, respectivement.

Les intrants monétaires totaux sont de 860, de 2 530, de 2 980 et de 16 120 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour les techniques extensives (1 et 2), extensives (3 et 4), semi-intensive et intensive, respectivement (tableau 2.4).

## 2.7 Besoins en boeufs

Du fait de l'utilisation de la traction animale pour la préparation du sol ainsi que le sarclage dans les techniques de production 3, 4, 5 et 6, et de l'utilisation d'un semoir à traction animale dans la technique 6, il est nécessaire d'inclure des boeufs comme intrants dans ces techniques. De même que pour les besoins en charrues, les besoins en boeufs sont quantifiés sur la base du rapport le plus élevé des besoins en attelages de boeufs pendant une période donnée en fonction du temps disponible. En conséquence, les besoins en boeufs pendant cette période sont deux fois les besoins en attelages. Pour les techniques 3 et 4 et les techniques 5 et 6, ces besoins s'élèvent respectivement à 0.27 et 0.70 boeuf ha<sup>-1</sup>.

## 2.8 Tableau des intrants-extrants

Les intrants et extrants des techniques de production de mil revêtant une importance particulière pour le modèle-PL sont mentionnés dans le tableau 2.4.

Tableau 2.4. Tableau des intrants-extrants des techniques de production du mil sur sol Cl.

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*	5	-	6	-	-	-	-
Fumier [kg MS]*	0	1 930	0	2 290	2 530	2 530	1 930
Engrais N [kg]*	0	0	0	0	12	12	96
Engrais P [kg]*	0	0	0	0	0	0	12
Engrais K [kg]*	0	0	0	0	0	0	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	15.5	12
1 Fumure de fond	-	-	-	-	1	1	1
1 Préparation du sol	3	3	4.+ 2 At	4.+ 2 At	4.+ 2 At	4.+ 2 At	12.+ 6 At
1 Semis	5	5	5	5	5	5	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
3 Sarclage 2	12	12	12	12	12	12	12
3 Fum.de couverture 2	-	-	-	-	-	-	4
3 Pulvérisation 2	-	-	-	-	-	-	0.5
4 Récolte*	5	5	6	6	5	5	12
6 Transport, battage & vannage	16.5	16.5	13.5	13.5	19.5	19.5	46
<b>Total</b>	61.5	75	55.5 + 4 At	72.5 + 4 At	77. + 4 At	77. + 4 At	117.+ 9 At

.../...

Tableau 2.4. Suite.

CARACTERISTIQUE	EXTENSIVE			SEMI-INTENSIVE			INTENSIVE
	1	2	3	4	5	6	
<b>INTRANTS MONETAIRES [FCFA]</b>							
Amortissement	700	700	700	700	1 000	1 500	
Petits matériel	-	-	1 670	1 670	1 670	5 260	
Charrue	-	-	-	-	-	1 600	
Semoir	-	-	-	-	-	1 200	
Pulvérisateur	-	-	-	-	-	-	
<i>total partiel</i>	700	700	2 370	2 370	2 670	9 560	
<b>Coûts des opérations</b>							
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>]b</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>.

\* Variable en fonction de l'activité, voir tableau 2.4.

Tableau 2.5. Rendements-cibles maximaux et rendements correspondant en paille du mil [MS kg ha<sup>-1</sup>]. En fonction de ces maximums, les besoins en fumier [MS kg ha<sup>-1</sup>], ainsi qu'en fumures minérales [N, P, K, kg ha<sup>-1</sup>]; le rapport années de jachère par année de culture (RJC); les besoins en main-d'oeuvre [dth ha<sup>-1</sup>] pour le transport et l'épandage des fumures organiques (MdO-TEF); pour la récolte (MdO-R) et pour le transport, le battage et le vannage des produits de la récolte (MdO-TBV).

TECHNIQUE 1							
Activité	i1	i2	i3	i4	i5		
Type de sol	B1	B2	C1	C2	D1		
Grain <sup>a</sup>	500	250	500	340	500		
Paille <sup>a</sup>	2 750	1 680	1 750	1 850	1 800		
Fumier	0	0	0	0	0		
N	0	0	0	0	0		
P	0	0	0	0	0		
K	0	0	0	0	0		
RJC	5	5	5	5	4		
MdO-TEF	0	0	0	0	0		
MdO-R	5.0	2.5	5.0	3.5	5.0		
MdO-TBV	16.5	8.5	16.5	11.5	16.5		
TECHNIQUE 2							
Activité	i6	i7	i8	i9	i10		
Type de sol	B1	B2	C1	C2	D1		
Grain <sup>a</sup>	500	250	500	340	500		
Paille <sup>a</sup>	2 750	1 680	1 750	1 850	1 800		
Fumier	2 540	1 840	1 930	1 640	1 700		
N	0	0	0	0	0		
P	0	0	0	0	0		
K	0	0	0	0	0		
RJC	-	-	-	-	-		
MdO-TEF	23.5	17.0	17.5	15.0	15.5		
MdO-R	5.0	2.5	5.0	3.5	5.0		
MdO-TBV	16.5	8.5	16.5	11.5	16.5		
TECHNIQUE 3							
Activité	i11	i12	i13	i14	i15	i16	i17
Type de sol	B1	B2	C1	D1	E1a	E2a	F1
Grain <sup>a</sup>	600	300	600	600	600	600	600
Paille <sup>a</sup>	3 180	1 890	1 980	2 100	1 720	1 760	2 300
Fumier	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0
RJC	6	6	6	4	6	8	6
MdO-TEF	0	0	0	0	0	0	0
MdO-R	6.0	3.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
MdO-TBV	13.5	6.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5

.../...

Tableau 2.5. Suite.

<b>TECHNIQUE 4</b>							
Activité	i18	i19	i20	i21	i22	i23	i24
Type de sol	B1	B2	C1	D1	E1a	E2a	F1
Grain <sup>a</sup>	600	300	600	600	600	600	600
Paille <sup>a</sup>	3 180	1 890	1 980	2 100	1 720	1 760	2 300
Fumier	3 010	2 150	2 290	2 060	2 830	5 290	3 280
N	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0
RJC	-	-	-	-	-	-	-
MdO-TEF	28.0	20.0	21.0	19.0	26.0	48.5	30.0
MdO-R	6.0	3.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
MdO-TBV	13.5	6.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
<b>TECHNIQUE 5</b>							
Activité	i25	i26	i27	i28			
Type de sol	B1	B2	C1	F1			
Grain <sup>a</sup>	940	650	960	1 000			
Paille <sup>a</sup>	4 630	3 400	2 800	3 700			
Fumier	3 210	3 040	2 530	3 880			
N	14	15	12	21			
P	0	0	0	0			
K	18	2	0	0			
RJC	-	-	-	-			
MdO-TEF	20.0	19.0	15.5	24.0			
MdO-R	4.5	3.0	5.0	5.0			
MdO-TBV	19.0	13.0	19.5	20.0			
<b>TECHNIQUE 6</b>							
Activité	i29	i30	i31	i32			
Type de sol	B1	B2	C1	F1			
Grain <sup>a</sup>	2 340	1 630	2 390	1 810			
Paille <sup>a</sup>	6 230	5 500	4 570	4 260			
Fumier	2 020	2 150	1 930	2 020			
N	102	107	96	102			
P	10	5	12	6			
K	102	72	56	36			
RJC	-	-	-	-			
MdO-TEF	12.5	13.5	12.0	12.5			
MdO-R	11.5	8.0	12.0	9.0			
MdO-TBV	45.0	31.5	46.0	35.0			

a) En année normale et en zone pluviométrique I.

### 3. RIZ

(N. van Duivenbooden)

#### 3.1 Introduction

Dans la Région, la riziculture est pratiquée dans des lames d'eau de différentes profondeurs. On distingue trois types de riz:

- a. Le riz d'immersion faible (riz irrigué) cultivé dans une lame d'eau de 0 à 0.25 m;
- b. Le riz d'immersion moyenne cultivé dans une lame d'eau de 0.25 à 1 m et qui se subdivise lui-même en:
  - b1. riz d'immersion intermédiaire cultivé à une profondeur de 0.25 à 0.50 m;
  - b2. riz d'immersion semi-profonde, entre 0.5 et 1.0 m.
- c. Le riz d'immersion profonde cultivé dans une lame d'eau de plus de 1 m. Des variétés spécifiques connues sous le nom de riz flottant sont également incluses dans ce type; elles peuvent être cultivées dans des lames d'eau pouvant atteindre jusqu'à 6 m (Courtois, 1988, Diarra, IER-Mopti, com. pers.).

Deux espèces de riz sont cultivées, *Oryza sativa* et *Oryza glaberrima*. Le riz flottant peut être soit *O. sativa*, soit *O. glaberrima*, tandis que pour les autres types, seul *Oryza sativa* est utilisé.

Environ 25 variétés de *O. glaberrima* sont disponibles dans la Région (ADRAO, 1985). Selon Diarra (com. pers.) plusieurs variétés d'*O. sativa*, introduits à partir du XVI<sup>ème</sup> siècle, sont à l'origine des riz flottants cultivés actuellement, ce qui explique leurs rendements relativement élevés (annexe 2, tableau A2.1). Etant donné que le risque d'égrenage est très élevé lorsque le grain est mûr (jusqu'à 50%, Diarra, com. pers.), les risques de pertes de récolte sont considérés comme étant trop élevés; nous n'avons donc pas introduit *O. glaberrima* dans cette étude. Les variétés de *O. sativa* essentiellement utilisées par les paysans sont BH2, DM16, Khao Gaew, D52-37 et FRRS43-3 (Diarra, com. pers.). La variété DM16 est préférée à la variété Khao Gaew (de Frahan *et al.*, 1989). Les cycles de croissance varient entre 120 et 170 jours (ADRAO, 1980; 1985; 1986; Gosseye, 1982), le cycle le plus court ayant lieu dans le nord (environ 120 jours; Schreurs, 1989). Dans cette étude, le cycle de croissance est fixé à 140 jours pour servir de base à la formulation du calendrier de travail. Les variétés IR 15-29 et IR 15-61 sont recommandées dans des conditions où l'alimentation hydrique est assurée par irrigation (ORM, citée par de Frahan *et al.*, 1989). Cependant, la disponibilité en semences (e.g. DM16) est l'une des contraintes entravant la culture du riz dans la Région (ESPR, 1988c; de Frahan *et al.*, 1989).

Cinq méthodes de riziculture ont été relevées dans la Région:

1. la riziculture hors-casiers, sans maîtrise de l'eau, simplement basée sur la crue des fleuves (Viguié, 1928a);
2. la riziculture de casiers avec submersion partiellement contrôlée;
3. la riziculture irriguée avec maîtrise totale de l'eau, généralement pratiquée dans

- des petits périmètres villageois irrigués (PPIV);
4. la riziculture de mare dans des dépressions où la récupération des eaux de ruissellement est importante, permettant la culture de riz à cycle court, les riz Cobé;
  5. la riziculture de décrue, soumises à l'alternance des crues et des décrues de certains lacs (riz Cobé).

Bien qu'importantes pour les producteurs qui les pratiquent, ces deux derniers types de riziculture sont relativement peu importants dans la Région et même dans le Sahel, tant du point de vue de la superficie cultivée que de la production (Viguié, 1937; Guillaume, 1960; Bono & Marchais, 1966). Donc, seules les trois premières techniques de production rizicole ont été retenues dans cette étude (sections 3.2, 3.3 et 3.4).

## 3.2 Riziculture hors-casiers

### 3.2.1 Description générale

Dans cette technique de production, également dénommée riziculture sans maîtrise de l'eau, le riz à cycle long est cultivé dans des rizières basses (en terme de hauteur de crue des fleuves), tandis que le riz à cycle court est cultivé dans des rizières hautes afin de satisfaire les besoins alimentaires lorsque le stock de riz est épuisé et que les variétés à long cycle ne peuvent pas encore être récoltées (culture de soudure). Les paysans ont noté que, dans la Région, le riz flottant est progressivement remplacé par le riz dressé (de Frahan *et al.*, 1989).

La croissance du riz dépend des précipitations jusqu'à ce que la crue commence, cette dernière pouvant avoir lieu ou trop tard ou trop rapidement (excédant  $5 \text{ cm d}^{-1}$ ) (de Frahan *et al.*, 1989). Les niveaux d'eau varient de moins d'un mètre dans les rizières hautes ou d'un à trois mètres dans les rizières basses (Bidaux, 1971), mais les paysans tentent de maintenir un niveau maximal de 1.5 à 2 mètres (Viguié, 1938a). Pour des informations plus détaillées quant à tous les types de riziculture hors-casiers, se référer à Viguié (1937; 1938). La fertilité du sol est maintenue par des périodes de jachère. Dans le passé, ces périodes de jachère ont duré de 1 à 2 ans après 3 à 5 ans de culture (Viguié, 1937). Cette technique est en conséquence considérée comme étant extensive.

### 3.2.2 Environnement

La riziculture hors-casiers est pratiquée dans la partie sud de la zone deltaïque et de moins en moins en remontant vers le nord. La technique de riziculture hors-casiers a été définie pour des sols de type E1b dans les zones pluviométriques II, III et IV, de type E2b dans les zones II et III et de type F3b dans la zone II.

### 3.2.3 Rendement

Les rendements de la riziculture hors-casiers varient considérablement suivant les espèces (*O. sativa* ou *O. glaberrima*), les variétés utilisées et les pratiques agricoles. Des rendements situés entre 500 et 700 kg ha<sup>-1</sup> ont souvent été rapportés: e.g. 675 kg ha<sup>-1</sup> en moyenne (Banque Mondiale citée par de Jong *et al.*, 1989). Ces rendements sont très inférieurs à ceux obtenus dans le passé et qui atteignaient entre 700 et 1 500 kg ha<sup>-1</sup> (Viguié, 1938a), mais les raisons de ces différences sont encore inconnues. Dans cette étude, le rendement-cible d'une année normale (rapport 1, chapitre 4) a été fixé à 600 kg ha<sup>-1</sup>. Pour calculer la diminution de rendement et la réduction de la zone cultivée lors d'une année sèche, le même facteur de réduction que pour la technique semi-intensive 1 appliquée à la riziculture de casiers, a été utilisé (sous-section 3.3.3). En conséquence, le rendement-cible d'une année sèche est de 80 kg ha<sup>-1</sup>.

Étant donné que nous ne disposons d'aucune donnée quant à la production de paille, celle-ci a été estimée sur la base de l'indice de récolte qui est de 0.20 comme pour le riz de casiers (technique semi-intensive 1).

La fraction de paille non consommée par les animaux a été fixée à 10%, mais si l'on tient compte du fait que 70% seulement sont en réalité disponibles aux animaux (le reliquat est utilisé comme carburant ou pour la fabrication de briques), la disponibilité en paille-fourrage représente 63% de la production de paille totale.

Le prix reçu par les paysans pour leur paddy a été fixé à 90 FCFA kg<sup>-1</sup>.

### 3.2.4 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

Le semis a lieu pendant la période allant de fin juillet à début août, et la moisson a lieu de décembre à janvier. Les besoins en main-d'oeuvre pour les différentes opérations sont examinés ci-dessous.

#### 1. Préparation du sol

La préparation du sol, autrefois effectuée manuellement avec des houes (Viguié, 1938a), est actuellement surtout effectuée en culture attelée avant le début de la saison des pluies.

Selon l'ORM (1989a), la préparation du sol avec une charrue à boeufs exige (8 dth + 4 At) ha<sup>-1</sup>. Le PIRT (1983) estime ces besoins en main-d'oeuvre à (10 dth + 5 At) ha<sup>-1</sup>. Ces deux estimations sont deux fois plus élevées que celles de l'ESPR (1988a) qui est par contre considérée comme étant trop basse. En conséquence, les besoins en main-d'oeuvre indiqués par l'ORM ont été appliqués dans cette étude.

#### 2. Semis

Le semis à la volée est pratiqué, ce qui demande 1 dth ha<sup>-1</sup> environ (ORM, com. pers.). Les besoins en main-d'oeuvre de 2 dth ha<sup>-1</sup> rapportés par le CRD (1985) sont considérés comme étant trop élevés.

### 3. Désherbage

Le désherbage n'est pas toujours pratiqué du fait du manque de main-d'oeuvre (les besoins en main-d'oeuvre pour les cultures pluviales sont également élevés pendant la même période); 51% des paysans sarclent les rizières au moment où l'eau arrive (Diarra, 1988). Il est recommandé de sarcler deux fois, mais étant donné les risques que représentent les crues, les paysans se montrent assez peu disposés à le faire. Un désherbage au moins est nécessaire, et en tenant compte des besoins en main-d'oeuvre pour le désherbage dans la culture pluviale, il devrait avoir lieu dans les 28 à 42 jours après la levée (Diarra, 1988). Les besoins en main-d'oeuvre pour la riziculture hors-casiers ont été estimés à 20 dth ha<sup>-1</sup> (PIRT, 1983). Dans cette étude, les besoins en main-d'oeuvre ont été fixés à 50% de cette dernière estimation, soit 10 dth ha<sup>-1</sup>, vu qu'il est admis que seulement 50% des paysans le pratique.

### 4. Expulsion des oiseaux

Nous ne disposons pas de données quant à la main-d'oeuvre nécessaire pour effrayer les oiseaux. Van Heemst *et al.* (1981) ont indiqué une main-d'oeuvre de 126 dth ha<sup>-1</sup>. Pour la Région, il est supposé que ce travail est principalement effectué par les enfants. En outre, il est assumé que 25% seulement des champs sont effectivement protégés; en conséquence, les besoins en main-d'oeuvre ont été fixés à 1 dth ha<sup>-1</sup>.

### 5. Récolte

Le riz devrait être récolté dès que possible après maturation pour éviter les pertes. L'ORM (1988a; 1988b) a rapporté un délai de récolte par hectare de 6 à 15 jours, mais cette dernière valeur n'est cependant pas à recommander. En conséquence, dans cette étude, il a été supposé un délai de récolte de 10 jours.

Cette activité inclut non seulement le coupage proprement dit, mais également l'assemblage et la mise en meule. En supposant que les besoins en main-d'oeuvre sont identiques à ceux requis pour la récolte du riz irrigué (sous-section 3.4.4), i.e. 13 dth 1 000 kg<sup>-1</sup>, les besoins en main-d'oeuvre pour le rendement-cible (sous-section 3.2.3.) sont de 8 dth ha<sup>-1</sup>.

### 6. Battage, vannage et mise en sacs

Le battage manuel est effectué deux fois, mais ne peut avoir lieu que pendant quelques heures par jour et cette opération prend donc beaucoup de temps. En incluant le vannage et la mise en sacs, les besoins en main-d'oeuvre pour toutes ces opérations sont de 40 dth 1 000 kg<sup>-1</sup> (ORM, com. pers.). Pour cette technique, et en tenant compte des pertes de récolte de 10%, les besoins en main-d'oeuvre sont de 21.5 dth ha<sup>-1</sup>. Ils sont supérieurs aux besoins rapportés dans la littérature et qui sont de 2 (CRD, 1985), ou de 6 (PIRT, 1983), ou de 8 dth ha<sup>-1</sup> (ESPR, 1988b).

## 7. Transport

Il est supposé que la distance moyenne à parcourir est de 6 km et que le transport n'a lieu qu'à dos d'âne: 3 voyages à 70 kg par voyage et par jour, soit l'équivalent de 210 kg dth<sup>-1</sup>. En conséquence, les besoins en main-d'oeuvre sont de 2.5 dth ha<sup>-1</sup>, i.e. qu'ils sont plus élevés que les besoins en main-d'oeuvre rapportés par ailleurs: (1 dth + 1 At) ha<sup>-1</sup> (PIRT, 1983) et 1 dth ha<sup>-1</sup> (ESPR, 1988a; ORM, com. pers.).

## 8. Labour de fin de cycle

A la fin de la période de végétation, il est nécessaire d'effectuer un labour de fin de cycle afin d'éviter que les rhizomes des adventices ne s'étalent. Ce labour n'est effectué que par 25% environ des paysans (Diarra, 1988). Bien qu'une participation plus élevée soit considérée comme étant nécessaire, cette valeur de 25% est utilisée dans la version actuelle du modèle-PL, ce qui représente un besoin en main-d'oeuvre de (2 dth+ 1 At) ha<sup>-1</sup>.

Le besoin total en main-d'oeuvre de 54 dth ha<sup>-1</sup> (tableau 3.1, section 3.6) correspondent aux données relevées dans la littérature: 37 (ESPR, 1988b; 1988c), ou 48 (CRD, 1985), ou 53 (PIRT, 1983), ou 65 dth ha<sup>-1</sup> (Banque Mondiale citée par de Jong *et al.*, 1989). Les besoins en main-d'oeuvre sont répartis sur les diverses périodes de l'année (sous-section 1.3.1), comme indiqué au tableau 3.1.

### 3.2.5 Intrants monétaires

#### 3.2.5.1 Amortissements

##### 1. Charrue

Si l'on tient compte des besoins en attelages de boeufs pour la préparation du sol (4 At ha<sup>-1</sup>) et du délai au cours duquel cette préparation du sol doit être effectuée (20 jours), le nombre de charrues nécessaire est de 0.2 ha<sup>-1</sup>. Comme pour les techniques de production du mil, il a été tenu compte de l'accessibilité aux charrues en accroissant les besoins de 25%. Vu le prix d'achat (annexe 1, tableau A1.1) et la longévité de 5 années, le taux d'amortissement est égal à 3 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

##### 2. Petit matériel

Le petit matériel comprend une houe, une faucille et un couteau. Les prix sont indiqués dans l'annexe 1, tableau A1.1, mais comme nous ne disposons pas d'informations détaillées quant au nombre de ces outils par paysan et par hectare, les frais d'amortissement de ce petit matériel a été estimé au même niveau que celui calculé pour le riz irrigué, soit 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (PIRT, 1983).

### 3.2.5.2 Coûts des opérations

#### 1. Semences

La densité des semis lorsque ce dernier est effectuée à la volée est de 70 kg ha<sup>-1</sup> (ADRAO, 1986; de Frahan *et al.*, 1989) ce qui est bien inférieur aux 120 kg ha<sup>-1</sup> rapportés par le PIRT (1983), ou aux 100 à 140 kg ha<sup>-1</sup> rapportés par Bidaux (1971). L'ORM (com. pers.) estime que 90% des paysans utilisent 70 kg ha<sup>-1</sup> et les 10% restants, 120 kg ha<sup>-1</sup>, ce qui donne une moyenne de 75 kg ha<sup>-1</sup>. Etant donné que le prix des semences est de 100 FCFA kg<sup>-1</sup> (ORM, com. pers.), cet intrant équivaut à 7 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 2. Pesticides

Bien que nous ne disposions pas de données concernant l'utilisation actuelle de pesticides, il a été estimé qu'ils sont mélangés aux semences juste avant le semis. Le coût a été estimé à 100 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, comme dans le cas des techniques extensives de production du mil.

En conséquence, les intrants monétaires totaux de cette technique de production sont de 11 600 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (tableau 3.1).

Les besoins en éléments nutritifs et en boeufs dans le cadre de cette technique sont discutés aux sections 3.5 et 3.6.

## 3.3 Riziculture de casiers

### 3.3.1 Description générale

Il existe au total 15 casiers ORM (ainsi appelés parce qu'ils sont gérés par l'ORM) couvrant une superficie totale de 44 140 ha (y compris les digues, les mares, les routes, les canaux et les sols ne pouvant pas être inondés), dont 33 156 ha peuvent être utilisés pour la riziculture. En outre, trois casiers sont utilisés comme pâturages (annexe 2, tableau A2.2).

L'avantage de ce type de riziculture réside dans le fait qu'il est possible de contrôler la crue, à condition que la crue soit suffisamment haute et survienne au bon moment. Le désavantage est que les casiers n'ont pas été nivelés, ce qui engendre des variations du niveau de l'eau. Cela peut avoir des conséquences si la crue n'est pas suffisamment haute. Le rapport entre la superficie semée et la superficie cultivable a présenté des variations de 48 et 70% au cours de la période de 1972 à 1988, avec des moyennes de 62 et 58% pour une crue basse (année sèche) et une crue normale (année normale), respectivement (tableau A2.3, annexe 2). Etant donné que la hauteur de la crue peut être insuffisante, le rapport entre la superficie récoltée et la superficie semée peut varier également, avec des moyennes de 16% pour une année sèche et de 75% pour une année normale (tableau A2.3). En conséquence, 10% de la superficie cultivable est récoltée pendant une année sèche, contre 43% pendant une année normale.

Dans des conditions favorables, le niveau d'eau atteint de 0.6 à 1.3 m pour les sols plus bas, destinés à la riziculture flottante, et de 0.3 à 0.6 m pour les sols plus hauts, destinés à la riziculture dressée. Le rapport des surfaces à riz flottant sur les surfaces à riz dressé est d'environ 2.5:1 (ORM, com. pers.). Les paysans appliquent environ 100 kg ha<sup>-1</sup> d'engrais NP juste avant les opérations de préparation du sol et 50 kg ha<sup>-1</sup> d'urée plus tard (ORM, com. pers.).

Dans cette étude, deux techniques semi-intensives de riziculture en casiers (PR1 et PR2) sont définies, avec des rendements-cibles différents et par conséquent des intrants différents (e.g. besoins en main-d'oeuvre et engrais chimiques).

### 3.3.2 Environnement

La riziculture en casiers est essentiellement concentrée dans la partie centrale et sud de la zone deltaïque et n'est pas pratiquée dans la partie nord (de Frahan *et al.*, 1989). Les techniques de riziculture de casiers sont définies pour les types de sol F3b dans la zone pluviométrique II (Delta Central seulement).

### 3.3.3 Rendement

Les rendements de la riziculture de casiers varient considérablement en fonction de la variété utilisée, de la structure du sol, de sa fertilité, du niveau et du degré de maîtrise des crues. La moyenne pondérée (riz paddy), établie à la suite d'expérimentations menées à la station expérimentale IER-Mopti (ex ADRAO) avec différentes variétés, a oscillé entre 2 480 (BH2) et 3 720 kg ha<sup>-1</sup> (D52-37) (tableau A2.4, annexe 2). Dans les champs des paysans, cette moyenne allait de 1 880 (Khao Gaew) à 2 540 kg ha<sup>-1</sup> (DM16), i.e. des valeurs incontestablement plus élevées que les valeurs de 770 (entre 0 et 1 500) et 1 280 (entre 931 et 1 818) kg ha<sup>-1</sup> rapportées par l'ORM pour les années sèches et les années normales, respectivement (tableau A2.3).

Le rendement pour la première technique semi-intensive (PR1) est principalement déterminé par la fertilité naturelle des sols, plus quelques épandages d'engrais minéraux. Le rendement-cible pour une année normale est basé sur le rendement moyen dérivé des données de l'ORM (tableau A2.3); il s'élève approximativement à 1 300 kg ha<sup>-1</sup>. En tenant compte du faible rendement par hectare et du faible pourcentage de récolte de la superficie semée (tableau A2.4), le rendement-cible d'une année sèche a été fixé à 170 kg ha<sup>-1</sup> ( $800/1\ 300 * 16/75 * 1\ 300$ ).

Le rendement-cible pour la seconde technique (PR2) est basée sur le rendement de la moyenne pondérée la plus élevée des différentes variétés (sur la base d'expérimentations d'épandage d'engrais) pour trois niveaux d'eau. Pour les niveaux d'eau, profond, moyen et peu profond, les variétés produisant les plus hauts rendements ont été FRRS-43-3, FRRS-43-3 et DM16, avec des rendements de 3 190, de 3 540 et de 3 830 kg ha<sup>-1</sup>, respectivement (tableau A2.4), soit une moyenne de 3 520 kg ha<sup>-1</sup>. Etant donné que le niveau du rendement-cible dans les conditions d'exploitation des paysans est probablement moins élevé que celui obtenu à la station expérimentale, il a été fixé à 80 % de la moyenne. Ce rendement-cible

d'environ 2 800 kg ha<sup>-1</sup> pour une année normale est quelque peu plus élevé que les rendements obtenus chez les paysans (tableau A2.4). En appliquant le même facteur utilisé pour la technique PR1 pour calculer la diminution de rendement et la réduction de la superficie récoltée, le rendement-cible pour une année sèche est fixé à 370 kg ha<sup>-1</sup>.

En se basant sur les résultats d'une recherche bibliographique effectuée par van Duivenbooden (1990a), l'indice de récolte est fixé à 0.20 pour la technique PR1, et à 0.25 pour la technique PR2.

### 3.3.4 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

Le semis a lieu pendant la période allant de fin juillet à début août (Koli *et al.*, 1983; ADRAO, 1986) et la récolte a lieu en décembre et janvier. Les besoins en main-d'oeuvre pour les diverses opérations sont examinés ci-dessous.

#### 1. Entretien des digues

A l'heure actuelle, l'entretien des digues est placé sous la responsabilité de l'ORM qui perçoit une redevance des paysans (sous-section 3.3.5). En conséquence, aucune main-d'oeuvre paysanne n'est attribuée à cette opération.

#### 2. Epannage de la fumure de fond

Un engrais minéral composé d'azote et de phosphore est appliqué à la volée juste avant la préparation du sol. Les besoins en main-d'oeuvre pour les deux techniques sont de 1 dth ha<sup>-1</sup>, conformément aux besoins en main-d'oeuvre pour la technique de production du mil (section 2.5).

#### 3. Labour de début de cycle

Ce premier labour est effectué en culture attelée (bovine). Les mêmes besoins en main-d'oeuvre que pour la riziculture hors-casiers sont donc appliqués (8 dth + 4 At) ha<sup>-1</sup>.

#### 4. Transport et épannage de fumier

Il est supposé que la distance moyenne à parcourir est de 8 km et que dans la technique PR1, 70% du transport est effectué à dos d'ânes ainsi que 30% par charrettes tirées par des ânes, tandis que dans la technique PR2, ce transport est entièrement assuré par des charrettes asines. Chaque voyage prend approximativement le même temps pour les deux moyens de transport, mais étant donné les différences de temps au chargement et au déchargement, il a été estimé que deux voyages pour une charrette et trois pour un âne sont effectués par journée de travail. Il a été en conséquence évalué que la quantité de fumier transportée par jour varie selon la technique appliquée; elle est de 150 kg dth<sup>-1</sup> pour la technique PR1, et de 600 kg dth<sup>-1</sup> pour la technique PR2. En conséquence, les besoins en main-

d'oeuvre sont, pour chacune de ces techniques, respectivement de 7.5 dth ha<sup>-1</sup> et de 7 dth ha<sup>-1</sup>.

Les besoins en main-d'oeuvre pour les opérations d'épandage du fumier ont été évalués, comme pour le mil, à un taux de 400 kg dth<sup>-1</sup>, ce qui correspond à 3.0 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique PR1 et à 10.5 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique PR2.

En conséquence, le besoin en main-d'oeuvre total pour ces opérations est de 10.5 et de 17.5 dth ha<sup>-1</sup>, respectivement pour les techniques PR1 et PR2.

#### 5. Semis

Un semoir était utilisé dans le passé, mais étant donné que cet outil n'était pas approprié vu qu'il était trop léger par rapport à la structure de la surface du sol, il a été abandonné (ORM, com. pers.). La version actuelle du modèle-PL ne prévoit pas l'utilisation d'un meilleur semoir. En conséquence, les besoins en main-d'oeuvre pour le semis à la volée sont identiques à ceux calculés pour la riziculture hors-casiers, soit 1 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 6. Hersage

Après semis, le sol est hersé par traction bovine; les besoins en main-d'oeuvre sont de (1 dth + 0.5 At) ha<sup>-1</sup> (ORM, com. pers.).

#### 7. Premier désherbage

L'intensité de la lutte contre les adventices est l'un des facteurs déterminant du rendement. Il est nécessaire de sarcler dans les 35 jours après la levée puis encore une fois dans les 65 jours après la levée (ADRAO, 1986). A l'heure actuelle cependant, ce premier désherbage n'est pas effectué par tous les paysans. Dans cette étude, il a été supposé que pour la technique PR1, le premier désherbage n'est pas effectué, du fait des besoins en main-d'oeuvre élevés pour les autres cultures menées simultanément.

Afin de fixer des ordres de grandeurs, le désherbage des rizières de riz pluvial exige de 15 à 30 ou 49 dth ha<sup>-1</sup> (Côte d'Ivoire, Courtois, 1988), 30 dth ha<sup>-1</sup> (Mali, Vallée, 1980), 31 dth ha<sup>-1</sup> (Sierra Léone, Courtois, 1988), 32 dth ha<sup>-1</sup> (Libéria, Courtois, 1988) et 53 dth ha<sup>-1</sup> (Nigéria, Courtois, 1988). En ce qui concerne la riziculture de casiers, les besoins en main-d'oeuvre pour le sarclage sont de 20 dth ha<sup>-1</sup> pendant la phase pluviale et de 10 dth ha<sup>-1</sup> pendant la phase sous eau de crue (ORM, com. pers.). L'ESPR (1988a) estime les besoins en main-d'oeuvre à 21 dth ha<sup>-1</sup>; cette valeur correspond à celle rapportée par le CRD (1985) et qui est de 20 dth ha<sup>-1</sup>. Dans cette étude, les besoins en main-d'oeuvre pour le premier désherbage dans la technique de production PR2 ont été fixés à 20 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 8. Première fumure de couverture

Les besoins en main-d'oeuvre pour l'épandage de cette première fumure de couverture sont de 1 dth ha<sup>-1</sup> pour les deux techniques.

## 9. Second désherbage

Pour la technique PR1, les besoins en main-d'oeuvre pour cette opération sont très élevés étant donné qu'il s'agit là en fait d'un premier désherbage: les besoins sont estimés à 35 dth ha<sup>-1</sup>. Pour la technique PR2, les besoins en main-d'oeuvre sont fixés à 10 dth ha<sup>-1</sup>. Pour les deux techniques, cette opération comprend le fauchage qui est effectué sur 10% des champs.

## 10. Deuxième fumure de couverture

Cette opération n'est pas appliquée dans la première technique (PR1). En ce qui concerne la technique PR2, les besoins en main-d'oeuvre sont fixés à 1 dth ha<sup>-1</sup>.

## 11. Expulsion des oiseaux

L'expulsion des oiseaux est ici aussi pratiquée, comme dans le cas de la riziculture hors-casiers mais dans de cas-ci pour tous les champs. Donc, les besoins en main-d'oeuvre sont de 3 dth ha<sup>-1</sup>.

## 12. Récolte

Cette opération comprend non seulement le coupage proprement dit, mais aussi l'assemblage et la mise en meule. Afin de fixer des ordres de grandeur, la récolte et le transport du riz pluvial exige, selon Courtois (1988), de 30 à 36 dth ha<sup>-1</sup> (Côte d'Ivoire), 47 dth ha<sup>-1</sup> (Libéria), 82 dth ha<sup>-1</sup> (Nigéria) et 84 dth ha<sup>-1</sup> (Sierra Léone). Pour la riziculture de casiers, l'ESPR (1988a) a rapporté des besoins en main-d'oeuvre de 10 dth ha<sup>-1</sup>, alors que le CRD (1985) mentionne 23 dth ha<sup>-1</sup>. En supposant que les besoins en main-d'oeuvre sont identiques à ceux appliqués à la riziculture irriguée (sous-section 3.3.4), c'est-à-dire 13 dth 1 000 kg<sup>-1</sup>, les rendements-cible définis (sous-section 3.3.3) impliquent des besoins en main-d'oeuvre de 17 et 36.5 dth ha<sup>-1</sup> pour les techniques PR1 et PR2 respectivement.

## 13. Battage, vannage et remplissage des sacs

Le battage est effectué manuellement ou par une simple batteuse (Monoplace). Il est estimé que la fraction des récoltes qui est battue manuellement s'élève à 30% (ORM, com. pers.) et à 0%, respectivement pour les techniques PR1 et PR2. En conséquence, si l'on tient compte d'une perte de récolte de 10% et de besoins en main-d'oeuvre de 40 dth 1 000 kg<sup>-1</sup>, les besoins en main-d'oeuvre pour la technique PR1 sont de 14 dth ha<sup>-1</sup>.

La fraction battue mécaniquement s'élève donc à 70 et 100% pour les techniques PR1 et PR2, respectivement. La capacité de l'unité de battage est de 70 kg h<sup>-1</sup> (ORM, com. pers.) ou 560 kg dth<sup>-1</sup>. Il est supposé qu'il faut un ouvrier pour faire fonctionner la batteuse et un autre ouvrier pour remplir la machine. En conséquence, si l'on tient compte d'une perte de récolte de 10%, les besoins en main-d'oeuvre sont de 3 et 9 dth ha<sup>-1</sup> pour les techniques PR1 et PR2, respectivement.

En conséquence, le besoin total en main-d'oeuvre pour le battage est donc de

17 et de 9 dth ha<sup>-1</sup> pour les techniques PR1 et PR2, respectivement.

#### 14. Transport de la récolte

En supposant que le transport de la récolte est effectué dans les mêmes conditions que pour le fumier, mais en tenant compte d'un rapport poids/volume plus élevé, la quantité de paddy transporté par jour est estimée à 210 kg et à 800 kg dth<sup>-1</sup>, respectivement pour les techniques PR1 et PR2. En conséquence, les besoins en main-d'oeuvre sont de 4.5 et 3 dth ha<sup>-1</sup> pour les techniques PR1 et PR2, respectivement.

#### 15. Préparation du sol en fin de cycle

Deux types de préparation du sol sont pratiqués en fin de cycle, après la récolte: le labour de fin de cycle et le labour de reprise. Les besoins en main-d'oeuvre sont identiques à ceux du labour de début de cycle, mais comme ces opérations sont pratiquées respectivement par 50 et 15% des paysans uniquement (ORM, com. pers.), les besoins en main-d'oeuvre correspondent respectivement à (4 dth + 2 At) ha<sup>-1</sup> et (1 dth + 0.5 At) ha<sup>-1</sup>. Les besoins totaux en main-d'oeuvre de (5 dth + 2.5 At) ha<sup>-1</sup> sont appliqués pour les deux techniques.

Les besoins totaux en main-d'oeuvre de 104 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique PR1 et de 117 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique PR2 (tableau 3.1), sont plus élevés que ceux rapportés dans la littérature et qui varient de 41 ou 42 dth ha<sup>-1</sup> (ESPR, 1988a; 1988c) à 92.5 dth ha<sup>-1</sup> (ORM, com. pers.), en passant par 90 dth ha<sup>-1</sup> (de Jong *et al.*, 1989). La différence est probablement due aux différences de main-d'oeuvre utilisée pour le désherbage et pour le transport et l'épandage de fumier.

Les besoins en main-d'oeuvre sont répartis sur les diverses périodes de l'année (sous-section 1.3.1), comme indiqué dans le tableau 3.1.

### 3.3.5 Intrants monétaires

#### 3.3.5.1 Amortissements

##### 1. Dignes

La construction d'une digue principale pour un casier de 80 ha avec une superficie cultivable de 75% exige 5 800 dth, ou exprimé en surface cultivée, à environ 97 dth ha<sup>-1</sup> (Filleton & Monimart, 1989). Les frais de construction ont été d'environ 76 000 FCFA ha<sup>-1</sup> tandis que la longévité de la digue est d'environ 5 ans (Filleton & Monimart, 1989), ce qui implique un taux d'amortissement de 15 200 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Le coût d'une rizière ORM était de 150 000 FCFA ha<sup>-1</sup> en 1978 (ORM, com. pers.). Si l'on tient compte du taux d'inflation (5%, Banque Mondiale), cette même rizière coûterait actuellement 300 000 FCFA ha<sup>-1</sup>. Avec une bonne gestion et un entretien adéquat, la longévité de la digue peut être portée à 10 ans, ce qui

résulte en un taux d'amortissement de 30 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Cette somme est supposée être récupérée auprès les paysans, car malgré le fait que l'ORM porte la responsabilité de la digue, l'argent nécessaire doit bien venir de quelque part.

## 2. Charrue

Comme pour la riziculture hors-casiers, le taux d'amortissement pour les char-  
rues est de 3 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 3. Herse

Les besoins sont de 0.1 herse par hectare, vu la pratique du hersage en traction bovine (0.5 At ha<sup>-1</sup>) et la période réservée à cette opération (5 jours). Compte tenu du prix d'achat de 20 000 FCFA et d'une longévité de 5 ans (tableau A1.1), le taux d'amortissement calculé est de 400 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 4. Petit matériel

Le taux d'amortissement pour les frais de petit matériel est de 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 3.3.5.2 Coûts des opérations

#### 1. Semences

Comme pour la riziculture hors-casiers, la quantité de semences à employer a été fixée à 75 kg ha<sup>-1</sup>, soit l'équivalent de 7 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 2. Pesticides

Bien qu'aucune donnée ne soit disponible quant à la pratique actuelle en matière d'épandage de pesticides, il est supposé qu'ils sont mélangés aux semences juste avant le semis. Le coût est estimé à 250 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> comme pour la technique semi-intensive de production du mil.

#### 3. Battage

L'ORM compte 6 FCFA kg<sup>-1</sup> pour le battage mécanisé (ORM, 1988a); le coût de cette opération est donc de 2 100 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique PR1 et de 15 100 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique PR2.

#### 4. Entretien des digues

Ce travail est effectué par l'ORM; les paysans doivent verser une redevance pour ce service. Il est estimé, quelque peu arbitrairement à 5 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

En conséquence, les intrants monétaires totaux s'élevaient à 49 250 ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour les techniques PR1 de production du riz de casiers et à 62 250 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour les techniques PR2 de cette même production (tableau 3.1).

Les besoins en éléments nutritifs et en boeufs pour les deux techniques sont examinés aux sections 3.5 et 3.6.

### 3.4 Riziculture irriguée

#### 3.4.1 Description générale

La superficie d'un périmètre irrigué varie de 2 à 40 ha, la moyenne étant d'environ 18 ha. Dans la Région, la superficie totale est d'environ 434 ha (tableau A2.5, annexe 2), dont 90% peuvent être utilisés pour la riziculture (390 ha). Bien que cette technique de riziculture soit parfois pratiquée en rotation ou en combinaison avec l'arachide (ORM, 1989a), cette dernière culture n'a pas été incluse dans l'étude. Les niveaux d'eau varient de 0.15 à 0.25 m.

Des engrais chimiques sont généralement épandus (fumure de fond de phosphate d'ammonium: 100 kg ha<sup>-1</sup>, dosant 18-20-0 en N-P-K (= 18-46-0 en N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) et deux fumures de couvertures d'urée de 75 kg ha<sup>-1</sup> chacune, dosant 46% de N; ORM, com. pers.); le fumier d'étable est parfois appliqué (1 140 kg ha<sup>-1</sup>) (ORM, 1989a).

L'une des contraintes est la disponibilité en charrues (ORM, com. pers.).

#### 3.4.2 Environnement

Le riz irrigué est principalement cultivé dans la partie centrale, quelque peu dans la partie nord et sud et pas du tout dans la partie ouest de la zone deltaïque (de Frahan *et al.*, 1989). Dans les environs de Mopti, les petits périmètres irrigués villageois (PPIV) sont souvent dans un casier, e.g. PPIV de Kouna (ORM, 1989c) (tableau A2.2).

La technique de production du riz irrigué est définie pour les sols de type F3b dans la zone pluviométrique II (Delta Central). Etant donné que les types de sol des périmètres irrigués et leur étendue dans la Zone Lacustre ne sont pas connus, ces derniers sont considérés comme faisant partie du Delta Central.

#### 3.4.3 Rendement

Des données sur le rendement du riz irrigué dans la Région ne sont qu'en partie disponibles (tableau A2.6, annexe 2). Le rendement rapporté pour la première saison est relativement bas pour un certain nombre de raisons, l'une étant la faible dose d'engrais minéraux appliquée (azote en particulier) (ESPR, 1988c). Aucune explication n'est fournie pour le rendement très bas de 450 kg ha<sup>-1</sup> (de Jong & Harts-Broekhuis, 1989); il n'a donc pas été pris en compte pour le calcul de la moyenne pondérée. Sur la base des rendements rapportés et vu que le rendement

maximal de la saison des pluies excède celui de la saison sèche, le rendement-cible du paddy pour une année normale est fixé à  $4\ 000\ \text{kg ha}^{-1}$  pour la saison sèche et à  $5\ 000\ \text{kg ha}^{-1}$  pour la saison des pluies, ce qui représente un total de  $9\ 000\ \text{kg ha}^{-1}\ \text{a}^{-1}$ . Dans une année sèche, le rendement total est maintenu au même niveau.

En se basant sur les résultats de l'étude bibliographique effectuée par van Duivenbooden (1990a), l'indice de récolte est fixé à 0.43, cette valeur étant également utilisée pour calculer les rendements de paille.

#### 3.4.4 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

Le début de la saison des travaux varie selon l'année et l'endroit, i.e. depuis le début de la saison des pluies vers la fin juin (ORM, 1988a) à la mi-août (ORM, 1989b). Juin est considéré dans cette étude comme étant le début des cultures de riz de saison des pluies, et janvier comme le début des cultures de riz de saison sèche. Les besoins en main-d'oeuvre pour les différentes opérations applicables aux deux saisons, sont examinés ci-dessous.

##### 1. Pépinière

Cette opération comprend la construction de digues pour la pépinière, l'épandage du fumier à un taux d'environ  $2\ 700\ \text{kg ha}^{-1}$  (ORM, 1989a), la préparation du sol, son nivellement, l'alimentation hydrique et les semis, effectués avant le début des pluies. Pour un hectare de riz, une pépinière de 0.4 ha est requise (ORM, 1988b). Comme les plantes doivent être repiquées avant 45 jours, trois semis sont effectués entre 7 et 10 jours d'intervalle. Le repiquage peut avoir lieu plus tôt, mais pas avant le 20e jour après la levée. Un désherbage est effectué dans la pépinière après environ 35 jours.

Les besoins en main-d'oeuvre rapportés vont de 6 (ORM, 1988b) à  $10\ \text{dth ha}^{-1}$  (van Heemst *et al.*, 1981; RFMC, 1977);  $6\ \text{dth ha}^{-1}$  sont appliqués dans cette étude. Les besoins en main-d'oeuvre pour le nivellement du sol et l'alimentation hydrique ont été fixés à  $12\ \text{dth ha}^{-1}$  et pour l'épandage de la fumure de fond avant le repiquage à  $1\ \text{dth ha}^{-1}$ .

##### 2. Préparation du sol dans le champ principal

Cette opération inclut le labourage, l'entretien des digues, l'alimentation hydrique et l'application de la fumure de fond. le CRD (1985) rapporte des besoins en main-d'oeuvre de  $21\ \text{dth ha}^{-1}$ , contre  $40\ \text{dth ha}^{-1}$ , plus  $10\ \text{dth ha}^{-1}$  pour le nivellement du sol, rapportés par le RFMC (1977). Selon l'ORM (1988a), l'entretien a lieu pendant la saison de croissance. La préparation du sol avec une houe prend environ  $12\ \text{dth ha}^{-1}$  (ORM, com. pers.). Bien que cette estimation diffère considérablement de celle rapportée par van Heemst *et al.* (1981), cette dernière valeur sera appliquée dans cette étude.

Si l'on tient compte des besoins en main-d'oeuvre pour la préparation du sol, comme définis ci-dessus, ainsi que du rapport des superficies préparées à la houe et

à la charrue de 0.3:0.7 (ORM, com. pers.), les besoins en main-d'oeuvre sont de  $(9.5 \text{ dth} + 3 \text{ At}) \text{ ha}^{-1}$ .

Les besoins en main-d'oeuvre pour l'entretien des digues avant le début des pluies (cultures de saison humide) ont été estimés à  $15 \text{ dth ha}^{-1}$ . Les  $15 \text{ dth}$  restants sont utilisés plus tard dans la saison et répartis sur les différentes périodes de l'année, proportionnellement à la longueur de la période.

### 3. Repiquage

Après 30 jours environ (entre 20 et 45 jours) de croissance dans la pépinière, les plantules sont repiquées dans le champ principal. Les besoins en main-d'oeuvre rapportés pour cette opération sont de 20 à 25 (Asie,  $8 \text{ h dth}^{-1}$ ; Navasero *et al.*, 1986), de 30 (RFMC, 1977), de 35 (van Heemst *et al.*, 1981) et de 25 à  $55 \text{ dth ha}^{-1}$  (Viguié, 1938b). Afin de fixer des ordres de grandeurs, la plantation du riz pluvial exige de 20 à 24 (Côte d'Ivoire), 30 (Nigéria), 37 (Libéria) ou  $42 \text{ dth ha}^{-1}$  (Sierra Léone) (Courtois, 1988). Les besoins en main-d'oeuvre rapportés de  $163 \text{ dth ha}^{-1}$  pour la saison des pluies et de  $270 \text{ dth ha}^{-1}$  pour la saison sèche (ORM, 1988a; 1988b) comprennent l'entretien de la digue, le nivellement du sol et la mise en boue. Les besoins en main-d'oeuvre de  $123 \text{ dth ha}^{-1}$  indiqués par l'ORM (1989a) semblent relativement élevés, mais incluent probablement d'autres activités. Etant donné que des besoins en main-d'oeuvre excédant  $120 \text{ dth ha}^{-1}$  sont très élevés, comparés aux autres valeurs rapportées, les besoins en main-d'oeuvre pour le repiquage ont été fixés à  $35 \text{ dth ha}^{-1}$ .

### 4. Transport et épandage de fumier

Il est supposé que le transport est effectué au moyen d'une charrette améliorée, et que la distance à parcourir est d'environ 2 km, de sorte que 5 voyages par jour peuvent être effectués. En conséquence, les besoins en main-d'oeuvre pour le transport est de  $1 \text{ dth } 100 \text{ kg}^{-1}$ , ce qui correspond à  $2 \text{ dth ha}^{-1}$  pour la saison des pluies, et à  $2.5 \text{ dth ha}^{-1}$  pour la saison sèche.

Conformément aux besoins en main-d'oeuvre calculés pour l'épandage du fumier, et mentionnés à la section 2.5, la main-d'oeuvre nécessaire pour cette opération est de  $6 \text{ dth ha}^{-1}$  pour la saison des pluies et de  $7.5 \text{ dth ha}^{-1}$  pour la culture du riz de saison sèche.

En conséquence, la main-d'oeuvre totale nécessaire pour ces opérations est de  $8 \text{ dth ha}^{-1}$  pour la saison des pluies et de  $10 \text{ dth ha}^{-1}$  pour la culture du riz de saison sèche.

### 5. Irrigation

D'après l'ORM (1988a), les champs doivent être irrigués une fois tous les 6 jours pendant la saison sèche, mais en pratique cette opération a lieu 1 fois tous les 4 jours, tandis que pendant la saison des pluies, l'irrigation a lieu 1 fois tous les 7 jours, ou 1 fois tous les 13 jours (ORM, 1988b; ORM, 1989a).

L'irrigation demande environ 5 ou  $6 \text{ dth ha}^{-1}$  pendant la saison des pluies et  $11 \text{ dth ha}^{-1}$  pendant la saison sèche (ORM, 1988a; 1988b; 1989a), répartis sur les dif-

férentes périodes de l'année et proportionnellement à la longueur de la période. Bien qu'aucune information ne soit disponible quant à l'entretien de la pompe, cet entretien est supposé inclus.

#### 6. Premier désherbage

Cette opération devrait avoir lieu dans les 30 jours après le repiquage. Navasero *et al.* (1986) rapportent des besoins, en main-d'oeuvre totale pour le désherbage des rizières irriguées, de 44 à 50 dth ha<sup>-1</sup>, tandis que l'ORM (1988a; 1988b) rapporte de 26 (saison des pluies) à 29 dth ha<sup>-1</sup> (saison sèche). Comme pour la riziculture de casiers, les besoins en main-d'oeuvre pour le premier désherbage ont été fixés à 20 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 7. Première et deuxième fumure de couverture

Conformément aux données indiquées précédemment, cette opération demande 1 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 8. Deuxième désherbage

Comme pour la riziculture de casiers, cette opération demande 10 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 9. Pulvérisations de pesticides (les deux)

Comme pour la technique intensive de production du mil, chaque pulvérisation demande 0.5 dth ha<sup>-1</sup>; il est supposé que deux pulvérisations ont lieu par saison.

#### 10. Gardiennage

L'ORM (1989a) rapporte qu'un gardien est nécessaire pendant la saison de végétation (pour un périmètre irrigué de 19 ha), i.e. pour chaque saison de croissance, les besoins en main-d'oeuvre sont de 5 dth ha<sup>-1</sup>, répartis sur les différentes périodes de l'année, proportionnellement à la longueur de la période.

#### 11. Expulsion des oiseaux

Comme pour la riziculture de casiers, les besoins en main-d'oeuvre pour effrayer les oiseaux ont été fixés à 3 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 12. Récolte

Pour la récolte en Asie, Navasero *et al.* (1986) rapportent des besoins en main-d'oeuvre de 15 à 20 dth ha<sup>-1</sup>, tandis que van Heemst *et al.*, (1981) indiquent 12 dth ha<sup>-1</sup> et RFMC (1977) 40 dth ha<sup>-1</sup>. L'ORM (1988a; 1988b) rapporte 50 dth ha<sup>-1</sup> pour la saison des pluies et 60 dth ha<sup>-1</sup> pour la saison sèche (y compris la mise en meule). En associant les deux dernières valeurs rapportées par l'ORM au rendement, les besoins en main-d'oeuvre correspondent à 10 dth et 16 dth pour 1 000 kg

de paddy pour chaque saison respectivement. La moyenne est utilisée dans cette étude, ce qui correspond à un besoin en main-d'oeuvre pour la récolte de 52 dth ha<sup>-1</sup>, pendant la saison des pluies, et de 65 dth ha<sup>-1</sup>, pendant la saison sèche.

### 13. Battage et vannage

Le battage est entièrement effectué par une batteuse. Compte tenu de ses caractéristiques (sous-section 3.3.4) et en supposant qu'il se produit 10% de pertes à la récolte, les besoins en main-d'oeuvre sont de 13 dth ha<sup>-1</sup> pour la saison des pluies et de 16 dth ha<sup>-1</sup> pour la saison sèche.

### 14. Transport

En ce qui concerne le transport du paddy vers sa destination, il est estimé que 2 500 kg peuvent être transportés par ouvrier et par jour. En conséquence, les besoins en main-d'oeuvre pour le transport sont de 1.5 dth ha<sup>-1</sup>, pour la saison des pluies, et de 2 dth ha<sup>-1</sup>, pour la saison sèche.

La main-d'oeuvre totale requise de 214 dth ha<sup>-1</sup>, pour la saison des pluies, et de 237 dth ha<sup>-1</sup>, pour la saison sèche (tableau 3.1.) diffère des données mentionnées dans la littérature et qui présentent des variations de 175 à 189 dth ha<sup>-1</sup> (von Braun *et al.*, 1989) à 360 dth ha<sup>-1</sup> (saison sèche - ORM, 1988a), en passant par 200 dth ha<sup>-1</sup> (de Jong *et al.*, 1989) et 261 dth ha<sup>-1</sup> (saison des pluies - ORM, 1988b). Etant donné que les valeurs mentionnées par l'ORM s'expliquent par les besoins élevés en matière d'entretien de digue, il n'existe aucune raison de ne pas appliquer les besoins que nous avons calculés.

Les besoins en main-d'oeuvre sont répartis sur les diverses périodes de l'année (sous-section 1.3.1.), comme indiqué dans le tableau 3.1.

## 3.4.5 Intrants monétaires

### 3.4.5.1 Amortissements

#### 1. Périmètres irrigués

Des investissements en matière d'établissement de périmètres irrigués (construction de canaux, nivellement du sol, etc.) effectués en Afrique étaient de l'ordre 15 000 à 20 000 USD ha<sup>-1</sup> en 1986 (FAO citée par von Braun *et al.*, 1989), ce qui est l'équivalent de 4.5 à 6.0 million de FCFA. Cette irrigation nécessite en outre un apport en main-d'oeuvre d'environ 610 dth ha<sup>-1</sup> (Filleton & Monimart, 1989). Pour un projet d'irrigation en Gambie, les frais de nivellement du sol se sont élevés à environ 2 millions de FCFA ha<sup>-1</sup>, et les frais divers pour les travaux d'aménagement ont été d'environ 0.5 millions de FCFA ha<sup>-1</sup> (von Braun *et al.*, 1989). De Jong *et al.* (1989) évaluent ces frais à 1.5 million de FCFA ha<sup>-1</sup>, quand la main-d'oeuvre locale est impliquée, et à 2.5 millions de FCFA ha<sup>-1</sup>, sans faire

appel à la main-d'oeuvre locale. L'ORM (com. pers.) estiment ces coûts à 1.5 millions de FCFA ha<sup>-1</sup> et la contribution locale à environ 0.65 millions de FCFA ha<sup>-1</sup> (ORM, 1989b). Tenant compte de l'augmentation des prix, les investissements ont été estimés à 3 millions de FCFA ha<sup>-1</sup>. Étalée sur une période de 10 ans, cette évaluation entraîne un taux d'amortissement de 300 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ou de 150 000 FCFA ha<sup>-1</sup> pour la saison des pluies et pour la saison sèche.

## 2. Pompe à moteur

Le prix d'achat d'une pompe à moteur (STORK, 25 CV, 380 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) était d'environ 4 million FCFA en 1988 (Filleton & Monimart, 1989). L'ORM (1988a) rapporte un taux d'amortissement de 500 000 FCFA a<sup>-1</sup> (pour un périmètre irrigué de 19 ha), soit 26 300 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, contre 56 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> rapporté par l'ORM (com. pers.). Un taux d'amortissement de 50 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> est appliqué dans cette étude.

## 3. Charrues

Vu les besoins en attelages bovins pour la préparation du sol (70% de 4 At ha<sup>-1</sup> = 3 At ha<sup>-1</sup>) et la période de temps disponible pour la préparation du sol (15 jours), il faut 0.20 charrue par hectare. Comme pour les autres techniques, une correction a été faite pour tenir compte de l'inaccessibilité des charrues dans la Région. Etant donné le prix d'achat (tableau A1.1) et la longévité, le taux d'amortissement a été fixé pour la culture du riz à 3 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, pour la saison pluvieuse, et à 1 750 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, pour la saison sèche.

## 4. Petit matériel

Le coût du petit matériel a été estimé à 5 000 FCFA par saison pour un périmètre irrigué de 20 ha (ORM, 1988a; 1988b; 1989a); le taux d'amortissement est donc de 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 5. Pulvérisateur

Comme dans le cas de la technique intensive de production du mil, il est supposé qu'un pulvérisateur est disponible par 5 ha. En conséquence, compte tenu du prix d'achat et de la longévité (tableau A1.1), le taux d'amortissement est de 1 200 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 3.4.5.2 Coûts des opérations

#### 1. Semences

La dose de semis à employer varie de 29 à 32 kg ha<sup>-1</sup> au prix de 100 FCFA kg<sup>-1</sup> (ORM, 1988a; 1989a); L'ORM (1988a) rapporte également 41 kg ha<sup>-1</sup>. Dans cette étude, les besoins en semences ont été fixés à 35 kg par saison, ce qui, pour

deux récoltes par an, équivaut à 7 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 2. Entretien de la pompe à moteur et carburant

Les frais de carburant s'élèvent à environ 40 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Filleton & Monimart, 1989). Pendant la saison sèche, ils s'élèvent à 59 000 FCFA ha<sup>-1</sup> (ORM, 1988a), et pendant la saison des pluies ils varient de 20 000 à 34 000 FCFA ha<sup>-1</sup> (ORM, 1988b; 1989a). Le coût total est fixé dans cette étude à 86 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Les frais d'entretien s'élèvent à 9 600 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour des grandes réparations et à 6 400 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour l'huile et les filtres à huile (ORM, com. pers.), au total donc, 16 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Les frais totaux de 102 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> sont également répartis entre les deux récoltes.

## 3. Les pesticides

Des pesticides sont parfois appliqués pendant la saison de croissance (e.g. Carbufuran, Furandan SG) à un taux de 3 kg ha<sup>-1</sup> (ADRAO, 1986). Comme dans le cas de la technique intensive de production du mil, ces frais sont évalués à 6 000 FCFA ha<sup>-1</sup> saison<sup>-1</sup>. En outre, il a été supposé que des pesticides sont mélangés aux graines avant le semis, au même prix de 500 FCFA ha<sup>-1</sup> que pour la technique intensive de production du mil. Les frais totaux s'élèvent donc à 13 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 4. Battage

Le battage est effectué mécaniquement au prix de 6 FCFA kg<sup>-1</sup> (ORM, 1988a), ce qui correspond à 48 600 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 5. Frais d'entretien des digues et des périmètres irrigués

Etant donné que nous ne disposons pas d'informations quantitatives à ce sujet, les frais ont été estimés à 5 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, comme pour la riziculture de casiers.

Le coût total d'exploitation et de capital s'élève à environ 530 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (tableau 3.1), ce qui excède considérablement le montant indiqué par Denève et Reinder (cité par de Jong *et al.*, 1989) qui ont calculé qu'en 1986 les frais d'exploitation se sont élevés à 140 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Cette différence ne peut être expliquée étant donné que ce dernier chiffre n'est pas suffisamment détaillé.

### 3.5 Besoins en éléments nutritifs

Les résultats de l'étude bibliographique effectuée par van Duivenbooden (1990a) suggèrent que les teneurs minimales, par rapport au poids sec, d'azote, de phosphore et de potassium sont, pour toutes les techniques de production, de 10.0, de 1.3 et de 3.6 g kg<sup>-1</sup> pour le grain, et de 4.0, de 0.3 et de 10.0 g kg<sup>-1</sup> pour la paille, pour chaque élément respectivement. La période de jachère nécessaire, ainsi que les besoins en fumier et engrais, ont été calculés sur la base de ces teneurs suivant la méthode décrite au chapitre 1 (tableau 3.1).

Du fait que la fraction d'azote récupérée est relativement peu élevée (les processus engendrant les pertes sont relativement importants), un apport d'azote considérable est nécessaire pour compenser ces pertes, particulièrement en ce qui concerne le riz irrigué où environ 600 kg ha<sup>-1</sup> d'azote sont requises pour 2 récoltes par an. Il faut noter par ailleurs que le rapport des années de jachère par année de culture est approximativement 5 fois plus élevé que ce qui est habituellement pratiqué dans la Région. Cela est entièrement dû à la restriction de durabilité en termes d'éléments nutritifs. Comme mentionné précédemment, ces calculs sont basés sur des suppositions quelque peu sommaires quant aux cycles des éléments nutritifs dans le système sol-plante et il serait nécessaire de se procurer des données plus précises et détaillées afin de pouvoir appuyer les résultats obtenus.

### 3.6 Besoins en boeufs

La nécessité de la culture attelée pour la préparation du sol et le désherbage implique que les besoins en boeufs sont deux fois plus élevés, soit de 0.4 boeuf ha<sup>-1</sup>, pour toutes les techniques de production.

### 3.7 Tableau des intrants-extrants

Pour le modèle-PL, les intrants et les extrants utilisés dans le cadre des techniques de production du riz sont indiqués dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1. Tableau des intrants-extrants nécessaires pour les cinq techniques de production rizicole.  
Riziculture hors casiers sur des sols de type E1b. Autres techniques sur des sols de type F3b.

CARACTERISTIQUES	CASIERS			IRRIGUE		
	HORS CASIERS	CASIERS		IRRIGUE		SECHE
		PR1	PR2	PLUIE		
Traction animale	-	+	+	+		+
Fumure organique	-	+	+	+		+
Fumure minérale	-	+	+	+		+
Jachère	+	-	-	-		-
<b>INTRANTS</b> [ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]						
JACHERE/FUMIER/ENGRAIS						
Ratio ans jachère/ an de culture [-]	5 <sup>d</sup>	-	-	-		-
Fumier [kg MS]		1 130	4 220	2 340		2 970
Engrais N [kg]		129	214	268		339
Engrais P [kg]		8	10	20		26
Engrais K [kg]		68	88	72		97
<b>MAIN-D'OEUVRE</b> <sup>a</sup> [dth]						
6 Pépinière	-	-	-	6		6
6 Entretien des digues	-	-	-	15		15
6 Fumure de fond	-	-	-	1		1
6 Epannage de fumier	-	-	-	8		10
6 Préparation de sol 1	-	-	-	9.5 + 3 At		9.5 + 3 At
6 Nivellement de sol	-	-	-	12		12
6 Irrigation, entretien & gardiennage	-	-	-	7		-
1 Fumure de fond	-	1	1	-		-
1 Epannage de fumier	-	10.5	17.5	-		-
1 Préparation de sol 1	8 + 4 At	8 + 4 At	8 + 4 At	-		-
1 Semis	1	1	1	-		-
1 Hersage	-	1. + 0.5 At	1. + 0.5 At	-		-
1 Repiquage	-	-	-	35		35

.../...

Tableau 3.1. Suite.

CARACTERISTIQUES	HORS CASIERS		CASIERS		IRRIGUE	
	CASIERS		PRI	PR2	PLUIE	SECHE
1 Désherbage 1	-	-	-	-	7	-
1 Irr., entr. & gardien.	-	-	-	-	4	-
2 Désherbage 1	10	-	-	20	13	20
2 Fumure de couverture 1	-	1	1	1	1	1
2 Pulvérisation 1	-	-	-	-	0.5	0.5
2 Irr.- entr. & gardien.	-	-	-	-	3	-
3 Désherbage 2	-	35	-	10	10	10
3 Fumure de couverture 2	-	-	-	1	1	1
3 Pulvérisation 2	-	-	-	-	0.5	0.5
3 Irr.- entr. & gardien.	-	-	-	-	10	-
4 Expulsion des oiseaux	1	3	3	3	3	3
4 Irr.- entr. & gardien.	-	-	-	-	2	31
5 Récolte	8	17	-	36.5	52	65
6 Battage & vannage	22	17	17	9	13	16
6 Transport	2.5	4.5	3	3	1.5	2
6 Préparation de sol 2	2.+ 1 At	5.+ 2.5 At	5.+ 2.5 At	5.+ 2.5 At	-	-
<b>Total</b>	54.5 + 5 At	104.+ 7 At	117.+ 7 At	214.5 + 3 At	238.+ 3 At	
<b>INTRANTS MONETAIRES [FCFA]</b>						
<i>Amortissement</i>						
Charrue	3 500	3 500	3 500	1 750	1 750	
Petit matériel	500	500	500	250	250	
Herse	-	400	400	-	-	
Digue	-	30 000	30 000	-	-	
Périmètre irrigué	-	-	-	150 000	150 000	
Pompe à moteur	-	-	-	25 000	25 000	
Pulvérisateur	-	-	-	600	600	
<b>total partiel</b>	4 000	34 400	34 400	177 600	177 600	

.../...

Tableau 3.1.1. Suite.

CARACTERISTIQUES	HORS CASIERS		CASIERS		IRRIGUE	
		CASIERS	PR1	PR2	PLUIE	SECHE
<b>Coûts des opérations</b>						
Semences	7 500		7 500	7 500	7 000	7 000
Entretien des digues	-		5 000	5 000	2 500	2 500
Battage	-		2 100	15 100	21 600	27 000
Carburant & entretien de la pompe	-		-	-	51 000	51 000
Pesticides	100		250	250	6 500	6 500
<i>total partiel</i>	7 600		14 850	27 850	85 100	90 500
<i>Total</i>	11 600		49 250	62 250	262 700	268 100
BOEUFs [ox]	0.50		0.50	0.50	0.50	0.50
<b>EXTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]b</b>						
Grain [kg MS]	600		1 300	2 800	4 000	5 000
Paille [kg MS]c	2 400		5 200	8 400	4 890	6 110

a) Les chiffres précédant les opérations font référence aux périodes de l'année (sous-section 1.3.1) pour toutes les techniques, sauf pour la culture irriguée en saison sèche où tous les besoins en main-d'oeuvre se réfèrent à la période 6.

b) Pour une année normale en zone pluviométrique (530 mm).

c) Le taux moyen de N est de 5.2 g kg<sup>-1</sup> pour toutes les techniques, sauf pour le riz irrigué: 6.8 g kg<sup>-1</sup>.

d) Les autres types de sols sont E2b et F3b, avec les mêmes intrants et extrants que Elb, sauf en ce qui concerne la ratio années de jachère/an de culture qui est de 7.

## 4. SORGHO DE DÉCRUE

(P.A. Gosseye)

### 4.1 Introduction

Par sorgho, nous entendons *Sorghum bicolor* (syn. *S. vulgare*). Les autres noms vernaculaires en français sont: gros mil, grand millet, millet d'Inde, blé de Guinée. Les noms vernaculaires en anglais sont sorghum, great millet, Guinea corn, sorgo (Cérighelli, 1955; Purselove, 1975). Les cultivars utilisés pour les cultures de décrue sont, à notre connaissance, anciens et très adaptés à ce type de production. Selon Guillaume (1960), ils auraient des cycles allant de 150 à 250 d entre les semis ou repiquages s'étalant de mi-février à mi-mai et les récoltes s'étalant de fin août à fin octobre. Selon cet auteur, les cultivars de sorgho de décrue de la vallée du fleuve Sénégal ne conviennent pas à la vallée du Niger vu qu'ils demandent à être semés de novembre à décembre pour être récoltés de mars à avril (température de croissance et photopériode différentes).

Lors du développement de ce chapitre, nous ne parlerons pas de la culture strictement pluviale du sorgho. Dans la Région, le sorgho est à sa limite nord d'extension. En effet, le sorgho domine au-dessus de 1 000 mm a<sup>-1</sup> de pluviosité, cède progressivement la place au mil au fur et à mesure que la pluviosité diminue et est dominé par ce dernier au-dessous de 600 mm a<sup>-1</sup> pour disparaître sous 400 ou 450 mm a<sup>-1</sup> (Guillaume, 1960; Charreau & Poulain, 1963; Arnon, 1972; Rao & Willey, 1980). Or la Région a des pluies en année normale, du sud au nord, allant de 545 à 255 mm a<sup>-1</sup> (section 2.2, tableau 2.1). Cependant, profitant des ruissellements dus à la topographie ou de la forte capillarité de certains sols couvrant des nappes peu profondes, de petites cultures de sorgho de bas de pente ou de dépression sont possibles (Guillaume, 1960; Stoop & Pattanayak, 1979; Quilfen & Milleville, 1983). Mais les observations de terrain nous ont montré que ce type de culture ne réussit pas toujours (double risque: manque ou excès d'eau) et est de faible étendue. Donc, bien qu'elle soit importante, du point de vue du producteur qui la pratique, pour le modèle-PL nous considérons qu'elle est marginale. Comme le PIRT (1983), nous ne la prenons pas spécifiquement en compte sous 600 mm a<sup>-1</sup> et elle est implicitement incluse avec le mil exploitant par effet topographique les sols lourds.

Par contre au nord de la Région, surtout dans la Zone Lacustre, le sorgho est cultivé sur les lais (terrains que les eaux de rivière -alluvions- laissent à découvert en se retirant) grâce à l'exploitation du rythme des crues ainsi que des pluies. Ce mode de culture ne s'adresse pas seulement au sorgho mais aussi au mil et à d'autres cultures. Le chapitre sous rubrique traite de la culture des lais, dénommée "culture(s) de décrue", et ne traite pas de la culture de saison des pluies exploitant, par effet topographique, les terrains qui actuellement ne sont plus soumis à l'alternance des flux et reflux, ainsi qu'il est possible de voir dans le lac Niangaye par exemple.

Dans la Région, selon les dires des personnes interrogées (Boura, Cissé, Sanou, Sidibé, villageois de Koundioum et N'Gouma) et des références bibliographiques à notre disposition (Guillaume, 1960; WIP, 1980; Gabelle, 1986; Hesse & Thera, 1987; Aalbers, 1988), nous pouvons schématiser en cultures des berges et en cultures des fonds.

1. Cultures des berges des défluent et des marigots, sur pentes fortes: de haut en bas des berges et au fur et à mesure du reflux, d'abord très petites cultures de manioc (*Manihot esculenta*), puis cultures de patate douce (*Ipomoea batatas*) durant 3 mois et finalement, vers mars, semis d'arachide (*Arachis hypogaea*) récoltée 3 mois après; plus bas encore se trouvent des cultures fourragères de bourgou (*Echinochloa stagnina*); en haut à cheval sur la limite de crue se trouvent des cultures maraîchères irriguées à la calebasse, surtout l'échalote (*Allium cepa* var. *cepa*) et le tabac (*Nicotiana tabacum*). Pour le modèle-LP, nous ne prenons pas spécifiquement en compte ces types de productions avec les cultures de décrue mais elles sont incluses avec les cultures maraîchères (chapitre 8). Le bourgou est traité en tant que culture au chapitre 9 et en tant que pâturage naturel au chapitre 11.
2. Cultures des fonds de lacs et en moindre mesure des fonds de marigots, sur pentes faibles: de haut en bas et au fur et à mesure du reflux, d'abord cultures de manioc, puis cultures de patate douce suivies de cultures de sorgho ou de mil et finalement cultures d'arachide, de niébé (*Vigna unguiculata*), de maïs (*Zea mays*), de roselle (*Hibiscus sabdarifa*) et de gombo (*Hibiscus esculentus*). Les récoltes se font en sens inverse selon les maturités et l'arrivée des eaux. Les cultures de la courge (*Cucurbita* sp.) et de la pastèque (*Citrullus vulgaris*) se font normalement en association avec le manioc et la patate douce. Mais depuis les mauvaises crues elles ne sont plus pratiquées car il semble que les producteurs réservent les ressources hydriques aux productions principales jugées plus utiles. Les cultures de manioc, selon nos observations au lac Aougoundou, sont à cheval sur la limite de crue et se retrouvent au-dessus lorsque la capillarité du sol permet d'assurer un bon approvisionnement en eau mais les semis ne se feraient pas en saison des pluies vu les attaques des termites. Les semis du manioc (bouturage dans de petites fosses) sont réalisés en décembre et en janvier et les récoltes se font soit selon les besoins du producteur, disons à partir du mois d'août suivant, ou soit selon les pronostics sur le flux ainsi que sa réalité. Mais des pieds peuvent rester jusqu'à 5 ans en place; ils servent alors de parc à bois (source de boutures) et les tubercules récoltés servent à la fabrication d'empois d'amidon pour l'empesage des vêtements.

L'agriculture de décrue est toujours combinée à la culture du mil sur les sables limoneux exondés (section 2.2, sols CABO B2 = PIRT D7), parfois dénommée "culture dunaire", dont les résultats sont aléatoires; les combinaisons internes à l'agriculture de décrue et externes avec la culture exondée dépendent des tendances générales des régimes des crues ainsi que des pluies et des incitants économiques (Guillaume, 1960). Reprenant la conclusion de cet auteur, nous citons:

"Sous une apparente simplicité, les cultures de décrue de la vallée du Niger sont hérissées de difficultés. Leur succès dépend du régime hydraulique du fleuve pour la première partie de leur développement et du régime des pluies pour la

seconde partie. Elles pâtissent des irrégularités des deux régimes entre lesquels n'existe aucun rapport de dépendance. L'irrégularité de la production de décrue est accentuée par le fait que l'étendue des terres cultivables et leur productivité varient dans le même sens. Elle n'est qu'une compensation à des cultures d'hivernage très précaires et peu productives sous des pluviométries inférieures à  $400 \text{ mm a}^{-1}$ .

Pour éviter de trop sophisticationner le modèle-PL utilisé, ce type d'agriculture, en réalité très complexe, doit être réduit à quelque chose de plus manipulable. Pour ce faire, nous assimilons toutes les cultures de décrue à la culture du sorgho de décrue et d'après ce que nous en connaissons dans la Région, nous pourrions dire "la culture du sorgho et mil de décrue".

La culture du sorgho de décrue est très importante pour la Zone Lacustre. Selon WIP (1980), elle permet d'assurer jusqu'à 80% des productions céréalières de cette zone agro-écologique. Les chaumes ont les mêmes usages que ceux du mil, si ce n'est qu'en plus ils se prêtent à la vannerie.

Les façons de produire du sorgho de décrue sont apparemment simples et présenteraient de nombreuses petites variantes selon le producteur et/ou la localisation, ce qui n'est pas étonnant vu que c'est une agriculture d'adaptation à la fois aux crues, aux pluies et aux sols ainsi qu'à leur position. Cette adaptation se fonde sur une très bonne connaissance du milieu mais reste tributaire d'un pronostic sur des événements futurs peu prévisibles. Pour le modèle-PL, il est nécessaire de réduire toute cette diversité de variantes aux principales techniques de production du sorgho de décrue tout en tenant compte de la contrainte de durabilité (persistance de productions soutenues dans le temps) des différentes techniques décrites. Selon la combinaison de la présence ou de l'absence de 4 critères fondamentaux, 2 techniques de production du sorgho de décrue sont retenues. Les 4 critères sont les mêmes que ceux utilisés pour le mil (section 2.1) sous restriction que la jachère des cultures de décrue est plus complexe (Guillaume, 1960). D'une part, il y a la jachère "sèche" soit la mise au repos des lais lorsqu'ils sont cultivables après un reflux et d'autre part, il y a la jachère "d'inondation" soit la mise au repos de la terre lorsqu'elle est sous eau ce qui agit sur la structure du sol ainsi que sur la fertilité par limonage et apport de matières organiques, même s'ils sont faibles.

Les 2 techniques retenues pour le modèle-PL sont regroupées en 2 niveaux:

### Niveau extensif

Au niveau extensif, la technique, actuellement très utilisée, exploite le niveau intrinsèque de fertilité des sols: il n'y a pas utilisation de la culture attelée, il n'y a pas application de fumures organiques, il n'y a pas épandage de fumures minérales et la durabilité de la technique est assurée par l'emploi des jachères "sèches" et "inondées".

### Niveau semi-intensif

Au niveau semi-intensif, la technique, actuellement non-utilisée, exploite une augmentation du niveau intrinsèque de fertilité des sols mais n'utilise que les moyens actuels de production: il n'y a pas utilisation de la culture attelée, il n'y a pas application de fumures organiques, il n'y a pas emploi de la jachère "sèche", la durabilité de la technique est assurée par l'emploi de la jachère "inondée" et l'augmentation du niveau de disponibilité en éléments nutritifs est assuré par l'épandage de fumures minérales. Pour ce niveau technologique, le disponible en fumure organique est supposé être réservé à l'agriculture dunaire qui, très extensive, évince les formations à palmier doum (*Hyphaene thebaica*) et qui, souvent pratiquée au-delà des capacités des sols, les détruit ce qui laisse des jachères aux pâturages insignifiants. Ce niveau technologique implique que des infrastructures de contrôle des inondations des lais soient mises en place.

## 4.2 Environnement

Dans la Région, la culture du sorgho de décrue se pratique surtout dans la Zone Lacustre sous des pluviométries en années normales de 255 mm a<sup>-1</sup> ou en années sèches de 155 mm a<sup>-1</sup>, en zone pluviométrique IV (tableau 2.1, section 2.2), et très peu sous des pluviométries normales de 380 mm a<sup>-1</sup> ou sèches de 235 mm a<sup>-1</sup>, en zone pluviométrique III. En fait l'approvisionnement hydrique de cette culture n'est pas estimable directement sur la base des pluies vu qu'il a plusieurs origines. En saison sèche, après le reflux, la germination est assurée par l'eau du sol encore humide à mouillé, si non détrempé. Le début de la phase végétative ainsi que la survivance des plants sont assurés, sous des conditions assez rudes, par les réserves en eau du sol et les remontées capillaires des nappes peu profondes, remontées très dépendantes des types de sols. Lors de la saison des pluies, l'eau nécessaire à la fin de la phase végétative ainsi qu'aux phases de reproduction et de maturation provient directement des pluies et indirectement par la réception des ruissellements ("incoulement") ainsi que des infiltrations en provenance des parties hautes du relief. En effet, cette culture est située topographiquement sur des parties en contrebas du faible relief. Il est à noter que des diguettes sont parfois construites pour retenir ces eaux de ruissellement mais il faut éviter d'éventuelles asphyxies. Ces diguettes, et parfois des digues, servent aussi à retarder le flux lorsqu'il est trop précoce. Il est à noter que ces moyens de protection contre les crues hautes et/ou précoces favorisent l'absence d'inondation en cas de crues faibles (cas de la digue litigieuse de Koundioum).

Les lais exploités devraient se situer, selon Gadelle (1986), sur les franges moyennes à hautes des zones inondées par au moins 20 cm d'eau durant au moins deux mois, afin de reconstituer les stocks en eau utile (quantité d'eau utile = quantité d'eau à la capacité au champ - quantité d'eau au point de flétrissement) mais selon Guillaume (1960) ces cotes d'inondation dépendent très fort des propriétés hydriques des sols utilisés et il faut semer sous la cote de crue atteinte avant le 15 février en espérant que les crues suivantes ne noieront pas les cultures. Nous n'aborderons pas l'alternance de mise sous eau et de mise à sec du système lacustre

suite à la combinaison des apports dus aux séries de hautes ou basses crues avec les pertes dues à l'évaporation et aux infiltrations. Ce phénomène est finalement peu connu (Guillaume, 1960; Gadelle, 1986; Aalbers, 1988).

Selon Guillaume (1960), les sols utilisés pour ce type de culture sont les fonds de lacs et de marigots qui en coupe transversale ont des profils en cuvette. Les toposéquences schématiques sont, de bas en haut, argiles, limons argileux, limons, limons sableux, sables limoneux et parfois sables. La séquence provient des sédimentations d'éléments fins, d'autant plus importantes que le sol est situé bas, et des apports éoliens ainsi que du colluvionnement d'éléments grossiers provenant des dunes, d'autant plus important que le sol est situé haut. Dans les fonds des cuvettes argileuses se retrouvent aussi des argiles limoneuses et des argiles sableuses et sur les pentes se retrouvent aussi des argiles finement sableuses et des sables argileux. L'accumulation de matière organique et d'humus est d'autant plus importante que le sol est bas, c'est-à-dire longuement submergé. Donc, la typologie des terres est très complexe et la multiplicité des noms vernaculaires utilisés en témoigne. Nos observations de terrains confirment cette diversité, parfois visible sous la forme de véritable feuilletage de sols, et montrent des ensablements parfois importants. L'association des trois facteurs irréguliers dans l'espace et le temps, à savoir les crues, les pluies et le substrat, permet une certaine souplesse d'adaptation, demandant malgré tout beaucoup de connaissances du milieu, mais ne facilite ni une approche globale ni des possibilités d'intervention.

Plus les sols sont lourds (argileux et/ou limoneux), plus leur stock en eau utile est élevé, ainsi que leur capillarité, mais aussi leur tendance à l'engorgement est élevée et donc leur tendance à l'asphyxie. Plus les sols sont légers (sableux), plus leur fertilité intrinsèque est vite épuisée. Le sorgho est cultivé sur les sols lourds: il est plus exigeant en eau que le mil pour accomplir un cycle productif complet mais plus résistant que le mil à l'engorgement. Le mil par contre est cultivé sur les sols légers ou les sols lourds ensablés; il en serait de même pour le niébé (Gadelle, 1986). Les proportions entre sorgho et mil dépendent aussi des tendances des crues et des pluies.

La culture de décrue permet d'exploiter un milieu peu propice à la culture strictement pluviale, d'utiliser au mieux les eaux de pluies dès leur arrivées vu que des plantes bien enracinées sont présentes, d'élargir le spectre de productions (cultures) possibles, de minimiser les risques par "extensification", autrement dit semer de plus grandes surfaces et d'utiliser de la main-d'oeuvre lorsqu'elle est peu sollicitée par les autres activités culturelles.

L'appréhension de la diversité des sols brièvement décrite ci-dessus n'est pas possible par le modèle-PL si nous voulons qu'il reste manipulable. Donc schématiquement, nous la réduisons à une partie des limons alluvionnaires (CABO G = PIRT TI7 + TI4; rapport 1, chapitre 3). En amont du lac Débo, les limons alluvionnaires des bourrelets de berge (TI4) ne sont pas pris en compte vu que, d'une part, ils sont trop pentus et que, d'autre part, ils sont trop directement liés aux fluctuations des crues du fleuve en sa partie amont du lac Débo; de ce fait la chronologie des flux, reflux et pluies ne permet pas ce type d'agriculture. Les limons alluvionnaires presque plats (TI7) du nord du Delta Central, mais toujours en amont du lac Débo, sont également éliminés pour raison de synchronisation des flux, reflux et pluies non adaptée à la culture de décrue (Guillaume, 1960). Seuls sont considérés

les limons en aval du lac Débo mais tout n'est pas exploitable. En effet, l'exploitabilité des terres de décrues est limitée aux lais dont les positions et les surfaces changent tout le temps en fonction des irrégularités des crues. Le désagrément d'une adaptation constante à cette mouvance est partiellement "compensé" par le fait que la technique est durable vu la jachère "forcée" (technique extensive). Ce n'est plus le cas lorsque des moyens de contrôler l'inondation sont introduits (Guillaume, 1960; Gadelle, 1986) et où ne subsiste plus que la jachère "inondée" qui n'est pas suffisante pour maintenir à long terme la fertilité chimique des sols. Dans ce cas, nous sommes contraints d'introduire l'emploi de fumure minérale sans pour autant introduire d'autres techniques (technique semi-intensive). La relation entre l'intensité des crues (hauteur et durée) et les surfaces emblavables en cultures de décrue n'est pas connue. Donc, il n'existe pas de modèle dynamique (pluriannuel) qui lie les crues aux surfaces inondées et à la végétation aussi bien naturelle qu'anthropique. Finalement, pour la Zone Lacustre, nous ne pouvons pas imiter les effets annuels des crues vu la faiblesse des informations disponibles (rapport 1, chapitre 5). Pour le modèle-PL, nous supposons que ces superficies représentent 25% des TI7 en aval du lac Débo, ce qui représente pour le Gourma 30 km<sup>2</sup> et pour la Zone Lacustre 210 km<sup>2</sup>. Ces superficies sont donc celles des lais supposés théoriquement disponibles lors d'une année normale. Lors d'une année sèche, moins de superficies sont disponibles. Comme nous ne disposons d'aucune information permettant d'estimer cette réduction, nous supposons que les superficies sont constantes.

### 4.3 Rendement

Les productions végétatives élaborées à partir des réserves en eau du sol au cours de la saison sèche, c'est-à-dire entre le semis suivant le reflux et l'arrivée des pluies, sont faibles selon les informations qualitatives que nous avons pu recueillir. Selon nos estimations, elles sont de 300 kg ha<sup>-1</sup> de MS pour la technique extensive et de 400 kg ha<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive.

Selon Hesse & Thera (1987), le développement des plantes au cours de la saison sèche jusqu'au retour des pluies est contrôlé par le broutement des animaux. Aucune des autres sources écrites dont nous disposons ne mentionne ce fait mais une source orale le confirme. Cet aspect soulève des questions. En effet, le sorgho est caractérisé par la présence de dhurrine ou dhurroside qui est un hétéroside cyanogénique donnant par hydrolyse de l'acide hydrocyanique dont 0.5 g suffit à tuer un bovin adulte (Cérighelli, 1955; Purseglove, 1975; RFMC, 1980; Göhl, 1982). Trois facteurs influencent chacun les teneurs en dhurrine dans une plante de sorgho, à savoir l'âge, les conditions de croissance et le cultivar. Les jeunes plantes, les jeunes feuilles et les regains (repousses) en sont les plus riches; ces teneurs diminuent avec l'âge et sont très faibles à maturité; cette toxine est détruite par le séchage ou l'ensilage; les grains en sont exempts. Les plantes souffrant de sécheresse en sont plus riches; il en est de même pour les plantes bénéficiant d'une bonne nutrition azotée. Chaque cultivar a ses caractéristiques: Cérighelli (1955) reprenant Dumas et Viguier suggère que les cultivars de sorgho du Soudan Français en seraient très pauvres mais nous savons que les éleveurs de la Région connaissent la

toxicité de cette plante pour les animaux, ce qui n'empêche pas les accidents. Il semble que certains cultivars de sorgho de décrue de la Zone Lacustre de la Région en soient très pauvres. Dans ce cas, les animaux sont conduits volontairement sur les champs pour y pâturer, ce qui réduit la biomasse aérienne, donc diminue la transpiration et ainsi minimise les pertes du stock d'eau utile. Autrement dit, la survie des plantes jusqu'à la reprise des pluies est favorisée. Cette technique pourrait être également appliquée sur les champs de mil de décrue qui sont emblavés sur des terres plus légères ayant un stock d'eau utile plus faible et donc à mieux préserver. Elle a aussi pour effet que les plantules sont piétinées ce qui favorise le tallage, ainsi qu'anciennement pratiqué en Europe sur "les blés". Comme nous n'avons pas d'indication pour pouvoir généraliser cette pratique à toute la Région et que nous ne connaissons pas les caractéristiques de tous les cultivars de sorgho de décrue utilisés, nous appliquons la règle du bénéfice du doute en modélisation, c'est-à-dire prendre la position minimale soit se tromper en visant par le bas et non par le haut, et nous considérons pour toute la Zone Lacustre que ces champs ne sont pas broutés.

Selon Guillaume (1960), le sorgho de décrue a des rendements en grain de 1 500 à 2 000 kg ha<sup>-1</sup> si les conditions sont optimales. La moyenne est de 700 à 800 kg ha<sup>-1</sup>, oscillant entre 400 et 1 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Pour le modèle-PL et en année normale, les rendements-cibles sont estimés sur la base des résultats obtenus par simulation. Ils sont de 600 kg ha<sup>-1</sup> pour le système extensif et de 1 000 kg ha<sup>-1</sup> pour le système semi-intensif. Les rendements en paille sont de 4 650 et 5 450 kg ha<sup>-1</sup>, respectivement. Pour les années sèches, la réduction des rendements du sorgho de décrue est similaire à celle du mil. Pour le sorgho de décrue en année sèche, les rendements des techniques extensive et semi-intensive sont pour le grain respectivement de 360 et 660 kg ha<sup>-1</sup>.

Pour le mil, il est estimé que 75% des résidus après récoltes sont consommables par le bétail (section 2.3). Pour le sorgho, il est estimé que 45% des résidus après récolte sont consommables par le bétail: d'une part la biomasse aérienne totale du sorgho sans les grains après récolte est très semblable à celle du mil (Erenstein, 1990); d'autre part selon Quilfen & Milleville (1983), 100% des limbes mais seulement 40% des chaumes sont consommables vu leur dureté et nous estimons que les plateaux de tallage et les rafles sont également inconsommables. Mais tous ces résidus de sorgho ne sont pas accessibles. En effet, le flux recouvre entièrement ou partiellement les champs récoltés. Comme nous supposons que 50% des résidus sont accessibles aux animaux, il reste seulement 22.5% des résidus de récolte du sorgho de décrue consommables par les animaux.

#### 4.4 Besoins en éléments nutritifs

Selon les résultats d'une revue de la littérature faite par van Duivenbooden (1990a), les teneurs minimales (g kg<sup>-1</sup>) en N, P et K dans la matière sèche des grains et des pailles sont respectivement de 11.0, de 1.6 et de 2.5 ainsi que de 3.0, de 0.2 et de 6.0.

Sur la base de ces teneurs et en appliquant la méthode décrite au chapitre 1, la durée de la jachère et les besoins en fumures minérales sont calculés pour chaque technique, ainsi que présenté au tableau 4.1.

## 4.5 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

Selon Guillaume (1960) et Gadelle (1986), les semis de sorgho de décrue se font de la mi-février à la mi-mai et les récoltes se font de la fin août à la fin octobre, selon le cultivar. Comme les superficies emblavées sont très variables vu l'irrégularité des crues, il y a engagement de main-d'oeuvre par les producteurs lors des bonnes années lorsque de grandes surfaces de lais sont disponibles.

Les diverses opérations des deux techniques de production du sorgho sont données ci-après.

### 1. Nettoyage

Il n'y a pas nettoyage des champs vu que normalement les lais sont dépourvus de végétation. En effet, une des caractéristiques du T17 est d'être quasi nu de végétation. Mais la question est si cet état est une caractéristique intrinsèque de cette unité de sol-végétation ou si c'est le résultat d'une évolution sous l'influence de facteurs naturels et anthropiques. Si les champs ont été cultivés l'année précédente, nous admettons que les crues ont détruit les reliquats de culture et de toute façon, comme pour cette culture il n'y a pas utilisation de la charrue, il n'est pas nécessaire d'avoir des champs exempts de tous débris pouvant gêner le charruage. Selon Guillaume (1960), si après récolte les souches de sorgho ne sont pas détruites par les crues ou d'autres processus et qu'elles croissent sur des sols ayant de bonnes propriétés hydriques de rétention et de capillarité, il peut y avoir une deuxième récolte sans semis à partir des regains.

Pour le modèle-PL, le nettoyage des champs n'est pas inclus.

### 2. Transport et épandage du fumier

Si nous admettons qu'une fumure organique était appliquée, le mode de culture empêcherait l'incorporation au sol de cette dernière qui laissée en surface du sol serait inutile aux plantes et serait emportée par les premières pluies (sols de surfaces assez lisses et toujours en faible pente). De toute façon incorporée en surface, elle ne serait utilisable par les plantes qu'après le retour des pluies vu le dessèchement de la surface des sols. D'autre part, le maintien à long terme de la fertilité physique des sols à culture de décrue est assuré par au moins la jachère "inondée".

Pour les 2 techniques définies pour le modèle-PL, il n'y a pas d'application de fumures organiques.

### 3. Epandage de la fumure de fond

Si nous admettons qu'une fumure minérale était mise en place, au début du cycle de façon accessible aux racines, vu la profondeur de l'eau du sol, les semis en

profiteraient lorsque l'eau est encore abondante mais les stocks d'eau utile seraient aussi plus vite épuisés, ce qui risquerait de tuer les plantes avant la fin de la saison sèche. Comme le but est de disposer de plantes vivantes bien enracinées, dès la reprise des pluies, il ne faut pas appliquer de fumure en début de cycle ce qui permet, d'une part, de réduire la croissance et donc de sauvegarder le stock d'eau utile et, d'autre part, de diminuer le ratio parties aériennes/parties souterraines vu qu'en sol pauvre les racines sont favorisées lors de la croissance (équilibre de la balance fonctionnelle: van Keulen *et al.*, 1988).

Pour les 2 techniques, il n'y a pas épandage de fumure de fond avant semis.

#### 4. Préparation du sol

Selon Guillaume (1960) et Gabelle (1986), il n'y a aucune préparation du sol, étant donné que les semis se font au fur et à mesure du retrait des eaux et que les sols sont trop mouillés. Cependant, nous avons observé un labour léger, au lac Aougoundou, sur sol léger juste avant des semis de mil. En fait, il s'agissait plutôt d'un "sarclage pré-semis" pour détruire les adventices déjà présentes.

Pour le modèle-PL, la préparation du sol pour les cultures de décrue n'est pas incluse.

#### 5. Semis

Selon Guillaume (1960) et nos observations, pour semer le sorgho de décrue, il y a d'abord creusement de petites fosses écartées les unes des autres d'environ 80 à 100 cm. Au fond des fosses, à l'aide d'un bâton fousseur (bâton pointu à la tête alourdie: "tchoukawal"), il y a forage de petites cavités dans lesquelles les graines sont placées, ce qui fait que les semis sont très profonds; les fosses ne sont pas toujours creusées. Il peut y avoir aussi semis en pépinières arrosées au-dessus de la ligne de crue suivi d'un repiquage de plants de 20 à 30 cm au fur et à mesure de la décrue, ce qui permettrait d'étaler la récolte vu que les plants repiqués seraient un peu plus tardifs. Le creusement des fosses sert d'une part à atteindre le sol encore humide si la surface est déjà sèche et d'autre part à abaisser le niveau des plantes pour mettre leur racines le plus longtemps possible en contact avec l'eau du sol, la surface du sol servant aussi de "mulching". Si les sols sont légers ou intermédiaires, les graines sont couvertes avec de la terre prélevée sur place. Si les sols sont lourds, afin d'éviter les pourritures des graines, les graines sont couvertes avec de la terre sableuse apportée.

Pour les 2 techniques, le repiquage de plantes issues de pépinières n'est pas pris en compte et le semis de graines en place est estimé à 10 dth ha<sup>-1</sup>, ce qui est relativement élevé mais inclut la trouaison, le forage, le semis, la collecte de terre sableuse avec son transport et le recouvrement.

#### 6. Démariage et repiquage

Selon Guillaume (1960), il n'y a pas de démariage du sorgho de décrue. Selon nos informations orales il peut y avoir démariage et repiquage du sorgho de décrue. Au cours des semis assez étalés qui suivent le reflux, des pieds provenant des pre-

miers semis en haut sont prélevés et repiqués plus bas.

Mais comme cette opération n'est pas systématiquement exécutée, pour les 2 techniques, les temps de travaux du démariage et du repiquage sont fixés à 4 dth ha<sup>-1</sup>.

### 7. Premier sarclage

Selon Guillaume (1960) et nos informations orales, il y a un premier sarclage lors de la saison sèche et selon cet auteur, si les parcelles sont trop envahies, elles sont abandonnées. Ce premier sarclage est très important pour éviter les pertes d'eau utiles mais il n'est pas fait systématiquement sur toute la surface du champ et seulement les adventices sont enlevées. Ce rapide sarclage prendrait entre le tiers et le quart du temps nécessaire au sarclage du mil.

Donc pour les 2 techniques, les temps de travaux du premier sarclage sont fixés à 4 dth ha<sup>-1</sup>.

### 8. Epannage de la fumure de couverture

Pour la technique semi-intensive, il y a épannage en couverture de fumure minérale. Elle est mise en place au début de la saison des pluies lorsque les plantes sont encore jeunes mais bien enracinées et peuvent bénéficier d'apport d'eau pour achever leur cycle.

Comme il s'agit d'un épannage en place, c'est-à-dire qu'il y a trouaison, mise de la dose d'engrais et rebouchage, les temps de travaux de l'épannage de la fumure de couverture sont fixés à 4 dth ha<sup>-1</sup>.

### 9. Deuxième sarclage

Selon Guillaume (1960), il y a un deuxième sarclage lors du début de la saison des pluies. Selon nos informations orales, ce deuxième sarclage n'est pas toujours réalisé soit parce que les terres sont peu envahies par les adventices soit parce que la main-d'œuvre n'est pas disponible car entièrement mobilisée par les cultures strictement pluviales; quand ce deuxième sarclage a lieu, il est réalisé après le premier sarclage du mil pluvial.

Comme ce sarclage est plus soigné que le premier, vu qu'il vise aussi à un peu biner la terre, il est fixé pour les 2 techniques à 6 dth ha<sup>-1</sup>.

### 10. Récolte

La récolte du sorgho se pratique comme celle du mil (section 2.5, point 10) mais serait un peu plus rapide. Pour le mil sans outillage amélioré, le temps de récolte est de 100 kg dth<sup>-1</sup>. Comme nous admettons pour le sorgho qu'elle représente 75% du temps du mil, nous fixons pour le sorgho qu'elle serait de 135 kg dth<sup>-1</sup> lorsque la récolte se fait au niveau extensif et de 145 kg dth<sup>-1</sup> lorsque le niveau est semi-intensif, vu qu'il y a augmentation de l'efficacité du travail lorsque les rendements sont plus élevés. La récolte de la plupart du sorgho de décrue est réalisée avant la récolte des cultures pluviales et il n'y a qu'un très faible

chevauchement des deux récoltes.

Pour la technique extensive, le temps de travail de la récolte est fixé à 4.5 dth ha<sup>-1</sup> et pour la technique semi-intensive, il est fixé à 7.0 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 11. Transport des panicules

Le transport du sorgho se fait de la même manière que pour le mil (section 2.5, point 11), si ce n'est que le transport du sorgho de décrue s'effectue aussi par pirogue. En années normales, selon les dires, le transport serait effectué à raison de 40% à dos d'âne, de 20% en charrette, de 20% en pirogue et de 20% à tête d'homme.

Comme nous supposons que les efficacités des moyens de transport du grain en panicule sont les mêmes pour le sorgho que pour le mil, à savoir 65 kg dth<sup>-1</sup> à tête d'homme, 200 kg dth<sup>-1</sup> à dos d'âne, 300 kg dth<sup>-1</sup> en charrette-technique extensive et 460 kg dth<sup>-1</sup> en charrette-technique semi-intensive (même charrette et même volume transporté qu'en extensif mais panicules plus lourdes), et que l'efficacité de transport d'une pirogue moyenne est la même que celle d'une charrette-technique semi-intensive, les temps de transport sont donc de 245 kg dth<sup>-1</sup> ou 2.5 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique extensive et de 275 kg dth<sup>-1</sup> ou 3.5 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive. Le transport des épis de sorgho de décrue à lieu durant la récolte des cultures pluviales.

#### 12. Battage et vannage des panicules

Le battage et le vannage du sorgho se font de la même manière que pour le mil (section 2.5, point 11), si ce n'est pour le sorgho de décrue que le battage ainsi que le vannage sont plus rapides.

Pour le battage et le vannage, nous supposons que les temps de travaux du sorgho représentent 75 kg dth<sup>-1</sup> ou 8 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique extensive et 13 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive sans moyens améliorés. En année normale le battage et le vannage du sorgho de décrue est fait au fur et à mesure des besoins, ce qui revient à dire qu'il est postposé après les récoltes des cultures pluviales.

Les besoins en main-d'oeuvre totaux par campagne agricole du sorgho de décrue sont de 39.0 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique extensive et de 51.5 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive (tableau 4.1). Les besoins en main-d'oeuvre sont répartis selon les différentes périodes de l'année (sous-section 1.3.1), ainsi que montré au tableau 4.1.

## 4.6 Intrants monétaires

### 4.6.1 Amortissements

Nous ne considérons pas les coûts des éventuels aménagements hydro-agricoles qui pourraient être exécutés pour contrôler les crues. Toutefois signalons que ces aménagements doivent palier deux risques non prévisibles, à savoir l'excès et le manque d'eau, ce qui complique la conception et augmente les coûts (WIP, 1980; Gabelle, 1986).

Pour le modèle-PL, les éventuelles charges du capital annuel des infrastructures n'ont pas été prises en compte.

Tout le matériel de la culture du sorgho de décrue se réduit au petit matériel dont les coûts annuels sont estimés à 700 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique extensive et à 1 000 pour la technique semi-intensive.

### 4.6.2 Coûts des opérations

#### 1. Semences

Pour les semences, nous estimons que la distance de plantation moyenne est de 90 \* 90 cm à raison de 5 graines par poquet ce qui fait 61 730 graines ha<sup>-1</sup>. Selon Purselove (1975) 1 000 graines de sorgho pèsent de 14 à 40 g. Pour l'étude, nous supposons que 1 000 graines font 30 g. Donc la dose de semences est de 1.85 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> à raison de 55 FCFA kg<sup>-1</sup>. En valeur majorée, nous retenons 150 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 2. Pesticides

Pour les pesticides de traitement des semences, nous estimons que leur emploi représente 100 FCFA ha<sup>-1</sup> pour la technique extensive et 250 FCFA ha<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive.

## 4.7 Tableau des intrants-extrants

Le tableau 4.1 donne les intrants et les extrants pour les 2 techniques définies pour le modèle-PL.

Tableau 4.1. Tableau des intrants-extrants des techniques de production du sorgho de décrue sur sol G.

CHARACTERISTIQUE	EXTENSIVE	SEMI-INTENSIVE
Traction animale	-	-
Fumure organique	-	-
Fumure minérale	-	+
Jachère	+	-
<b>INTRANT [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>		
<b>JACHERE/FUMIER/ENGRAIS</b>		
Ratio ans jachère/ an de culture [-]	13	-
Fumier [kg MS]	-	-
Engrais N [kg]	-	105
Engrais P [kg]	-	15
Engrais K [kg]	-	59
<b>MAIN D'OEUVRE<sup>a</sup> [dth]</b>		
6 Semis	10.0	10.0
6 Repiquage	4.0	4.0
6 Sarclage 1	4.0	4.0
1 Fumure de couverture	-	4.0
3 Sarclage 2	6.0	6.0
3 Récolte	4.5	7.0
4 Transport	2.5	3.5
6 Battage & vannage	8.0	13.0
<i>Total</i>	39.0	51.5
<b>INTRANTS MONETAIRES [FCFA]</b>		
<i>Amortissement</i>		
Petit matériel	700	1 000
<i>Coûts des opérations</i>		
Semences	150	150
Biocides	100	250
total partiel	250	400
<i>Total</i>	950	1 400
BOEUFS [ox]	-	-
<b>EXTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]<sup>b</sup></b>		
Grain [kg MS]	600	1 000
Paille [kg DMS] <sup>c</sup>	4 650	5 450

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

<sup>b</sup> En année normale en zone pluviométrique I (530 mm).

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

## 5. FONIO

(P.A. Gosseye)

### 5.1 Introduction

Par fonio, nous entendons *Digitaria exilis*. Les autres noms vernaculaires en français sont: fonio blanc, fundi, petit mil. Les noms vernaculaires en anglais sont fonio, fundi, hungry rice (Portères, 1955; Purseglove, 1975; Baudet, 1981).

Selon Portères (1955), la culture du fonio est localisée en Afrique de l'Ouest et serait très ancienne mais, pour diverses raisons, elle est en régression. Dans les zones de forte concentration de culture du fonio, c'est-à-dire le Fouta Djallon et le haut-bassin sénégal-nigérien, il existe une vaste gamme de cultivars adaptés à diverses textures et richesses de sols. Leurs cycles de croissance vont de très hâtifs à très tardifs, soit de 60 à 150 d. En dehors de ces zones, la gamme est plus restreinte: au sud du 12<sup>e</sup> parallèle N, il existerait encore un choix de cultivars dont des tardifs, tandis qu'au nord, le choix se limiterait seulement à des cultivars très hâtifs ou hâtifs, soit de 60 à 90 d. Mais la longueur des cycles de croissance dépend de la date de semis. En effet, le fonio serait photosensible à jour court, c'est-à-dire lorsque la longueur du jour diminue entre 11 h 50 et 11 h 30. Au nord, il n'y aurait que de 1 à 4 cultivars par aire de culture et la Région en fait partie. Nous admettons que, dans la Région, seulement un cultivar est utilisé. Ajoutons que les fortes pluies ne dérangent pas la fécondation de cette céréale car elle est cléistogame (Cérighelli, 1955; Portères, 1955).

Le but principal de la culture de cette céréale pluviale est de produire du grain destiné à la consommation humaine. Selon Portères (1955) et Purseglove (1975), dans les zones de forte concentration de culture, il s'agit d'une culture principale, tandis que dans les autres zones, il s'agit d'une culture secondaire ou d'accompagnement. Entre les 12<sup>e</sup> et 15<sup>e</sup> parallèles N, le fonio ne joue plus qu'un rôle de "briseur de disette" ou de culture de soudure (Portères, 1955). Signalons que le fonio est une céréale exceptionnellement riche en méthionine (Baudet, 1981).

La paille sert, entre autres choses, de fourrage sur les champs ou après stockage, de source de sel de potasse après incinération, de matériel de bourrage des paillasses et d'additif aux briques en terre crue (Portères, 1955; Purseglove, 1975).

Dans la Région, la culture du fonio est principalement pratiquée dans le sud en culture secondaire.

Pour le modèle-PL, nous n'abordons pas l'éventuelle utilisation de la culture attelée qui aurait été essayée pour le fonio entre les années 1905 et 1933 (Portères, 1955).

Pour les buts de l'étude et les besoins du modèle-PL, nous ne décrivons quantitativement qu'une seule technique de production du fonio selon les 4 critères fondamentaux retenus pour définir une technique culturale (section 2.1). La technique retenue, actuellement utilisée, est du niveau extensif et exploite les niveaux intrin-

sèques de fertilité des sols: il n'y a pas d'utilisation de la culture attelée, il n'y a pas d'application de fumures organiques, il n'y a pas d'épandage de fumures minérales et la durabilité de la technique est assurée par l'emploi de la jachère.

## 5.2 Environnement

Selon Portères (1955), les zones de forte concentration de culture du fonio se situent sous des pluviométries de 900 à 1 000 mm a<sup>-1</sup> avec 4 ou 5 mois de pluies, et dans les massifs montagneux jusqu'à 1 400 ou 1 500 m d'altitude pour des pluviométries de 1 000 à 2 000 mm a<sup>-1</sup>. Au sud du 12e parallèle N, la culture du fonio descendrait jusqu'à la forêt et au nord, elle remonterait jusqu'au 14e. Cet auteur constate que plus cette culture est septentrionale, plus elle est pratiquée en position basse dans les bas-fonds. Finalement, il considère que la limite nord de cette céréale est sous 500 mm a<sup>-1</sup>. Purseglove (1975) considère que la limite nord est à 400 mm a<sup>-1</sup>. Donc, malgré sa réputation de culture résistante à la sécheresse, il s'agirait plutôt d'une culture de région relativement pluvieuse.

Pour la Région, elle est pratiquée au Sourou et au Séno Bankass, c'est-à-dire dans la zone pluviométrique I (ZP I) où les pluviométries sont de 545 mm a<sup>-1</sup> en année normale ou de 368 mm a<sup>-1</sup> en année sèche (tableau 2.1). Elle est aussi pratiquée sur le Plateau, et presque pas dans le Delta Central, c'est-à-dire dans la ZP II recevant 461 mm a<sup>-1</sup> en année normale ou 306 mm a<sup>-1</sup> en année sèche. Elle peut aussi parfois se rencontrer dans le Méma Dioura et le Séno Mango, c'est-à-dire dans la ZP III recevant 379 mm a<sup>-1</sup> en année normale ou 237 mm a<sup>-1</sup> en année sèche. Bien entendu, il est également toujours possible de la rencontrer plus au nord. Mais les ZP III et IV ne sont pas considérées pour la production du fonio dans le modèle-PL vu les trop grands risques de récoltes nulles ou quasi nulles. Nous considérons, pour le modèle-PL, qu'elle n'est pratiquée que dans les ZP I et II.

Selon Cérighelli (1955), le fonio s'accommode de sols peu fertiles à condition qu'ils soient perméables. Selon Portères (1955), dans les zones de forte concentration culturale et de forte diversité variétale, cette culture serait pratiquée sur des sols sableux à argileux. Mais certains cultivars tolèrent plus l'humidité et/ou les sols argileux et/ou les sols fertiles que d'autres, et les producteurs essaient de mettre en accord les qualités du cultivar utilisé avec l'écologie locale. Cependant, en général, les sols argileux ne lui conviennent pas, le fonio s'accommodant plutôt des sols sableux à limoneux quels que soient l'état d'empierrement et l'exposition. Dans la majorité des cas, on lui affecte les sables, ou les sables limoneux, ou les limons sableux bien drainants. Selon Purseglove (1975), le fonio peut croître sur les sols légers, pauvres, squelettiques ainsi que rocheux et les expériences de fumures sur le fonio ne sont pas concluantes, l'azote tendant à provoquer la verse et à favoriser les grains vides. Il semble qu'un sol riche favoriserait une diminution de l'indice de récolte (HI). Selon RFMC (1980), il peut pousser sur des sols allant de légers à lourds et de très pauvres à riches.

Il ressort de la lecture de Portères (1955) que, dans les zones de forte concentration de culture, il existe toute une gamme de cultivars utilisables sur un vaste choix de sols en ce qui concerne la texture et la richesse. Cependant, en général, ils

ne seraient pas emblavés sur les sols riches qui seraient d'abord appauvris par d'autres cultures plus exigeantes car la plupart des cultivars de fonio tendraient, en sol fertile, à produire plus de paille et moins de grains. Autrement dit, ce ne serait pas une tête de rotation. En dehors de ces zones, le fonio est plutôt une culture d'appoint, destinée à faciliter la soudure. Viguié cité par Portères (1955) constate la recrudescence de cette culture après des séries de mauvaises années, fait confirmé par de Jager (KIT, com. pers.) et Tembely (ORM, com. pers.). Donc, les superficies de cette culture augmentent non pas en prévision d'années sèches mais bien en réaction aux greniers vides du fait des récoltes désastreuses par suite de sécheresses. Le but est de produire quelque chose et non pas d'obtenir de bons rendements. Ce rôle est possible car les cultivars retenus sont de très hâtifs à hâtifs et auraient été retenus pour leur rusticité et non pour leur productivité. Cette rusticité leur permet de produire sur des sols pauvres, étant entendu que les sols plus fertiles sont toujours réservés à des cultures d'une part plus exigeantes et d'autre part considérées comme essentielles (cultures primaires ou de base). La pauvreté des sols emblavés en fonio est soit intrinsèque, soit temporaire en fin de succession culturale normale, soit définitive suite à un déséquilibre accentué et ancien entre les temps de jachère et de culture. Selon Portères (1949; 1955), le fonio peut encore produire sur des sols où le mil, pourtant plante réputée peu exigeante, ne peut plus produire. Cette rusticité permet aussi au fonio de produire avec une technique très extensive et relativement peu consommatrice de main-d'oeuvre. Notons que ces qualités, mal utilisées, deviennent des défauts: le fonio est souvent emblavé en dehors de toute succession culturale normale et cela en succession monophyte jusqu'à ne plus pousser, c'est-à-dire jusqu'à l'épuisement total du sol. De plus, son usage très extensif fait suite à des pratiques de feux courants, d'essartage et d'écobuage, les deux dernières étant essentiellement destructrices.

Dans la Région, le cultivar retenu, l'aurait été pour sa rusticité et non pour sa productivité. Donc, il doit être mis sur des sols pas trop fertiles sous peine de diminution du HI et ne pas recevoir de fumures organiques et minérales. La durabilité de la technologie est assurée par la jachère. Nous admettons que le fonio s'inscrit dans la succession normale du mil en technique 1 du niveau extensif, c'est à dire qu'il en prend la place en fin de rotation ou qu'il en prend complètement la place. Pour le modèle-PL, nous n'admettons pas les pratiques destructrices, même si elles sont actuellement d'usage courant.

### 5.3 Rendement

Selon Cérighelli (1955), les rendements en grains vêtus (en MS), c'est-à-dire avec les balles, sont de 800 à 2 000 kg ha<sup>-1</sup>. Portères (1955) donne que la moyenne pour l'Afrique de l'Ouest est de 400 kg ha<sup>-1</sup> et de 250 kg ha<sup>-1</sup> pour le Soudan Français, ces valeurs provenant des estimations officielles. Ci-après nous passons brièvement en revue divers résultats bibliographiques dont les auteurs sont cités par Portères (1955): Renoux & Dumas mesurent, en station expérimentale avec utilisation de la culture attelée, des rendements en grains vêtus de 800 à 1 000 kg ha<sup>-1</sup> pour des cultivars hâtifs et de 1 500 à 2 000 kg ha<sup>-1</sup> pour des cultivars tardifs; Bidaut mesure, en station avec culture attelée, un rendement de 783 kg ha<sup>-1</sup> pour

un cultivar semi-tardif; Boyd donne des rendements en successions monophytes de 168 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> en moyenne pour cinq ans sur sol pierreux, de 175 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour trois ans sur sol sableux et de 162 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour sept ans sur bon sol de bas-fond; Crieg obtient 3 600 kg ha<sup>-1</sup> en station tandis que Rae n'enregistre que 57 kg ha<sup>-1</sup>; Dapoinne obtient 200 kg ha<sup>-1</sup> avec culture attelée et 500 kg ha<sup>-1</sup> avec simple grattage; une autre valeur donnée est de 166 kg ha<sup>-1</sup>; Froment enregistre, avec culture attelée, des rendements de 172, de 195 et de 204 kg ha<sup>-1</sup>; Faulkner & Mac Kie rapportent 600 kg ha<sup>-1</sup>.

Portères (1955) conclut, qu' en dehors des stations, il est sage de ne compter normalement, bon an mal an, que sur 200 kg ha<sup>-1</sup> environ mais, qu'avec des variétés tardives bien conduites, il est possible d'obtenir 500 kg ha<sup>-1</sup> voire 1 000 kg ha<sup>-1</sup>. Cissé (1975) citant Johnston donne de 400 à 600 kg ha<sup>-1</sup> avec possibilité d'atteindre 1 000 kg ha<sup>-1</sup>, citant Gaudy donne 500 kg ha<sup>-1</sup> et conclut une compilation de statistiques par des rendements moyens de 366 kg ha<sup>-1</sup> pour le Burkina Faso, de 400 kg ha<sup>-1</sup> pour le Mali, de 181 kg ha<sup>-1</sup> pour le Niger, de 330 kg ha<sup>-1</sup> pour le Sénégal et de 355 kg ha<sup>-1</sup> en moyenne pour les 8 pays étudiés. Purselglove (1975) donne des rendements de 150 à 200 kg ha<sup>-1</sup> sur sol pauvre et de 600 à 800 kg ha<sup>-1</sup> sur sol de fertilité moyenne. Il signale également que des valeurs de plus de 1 000 kg ha<sup>-1</sup> ont été mesurées. Au Mali, en station et avec épandage de 50 kg ha<sup>-1</sup> d'engrais "complexe coton", la SRCVO (1988), travaillant avec 11 cultivars guinéens et 1 cultivar "local", a mesuré en 1987 à Sotuba une moyenne de 904 kg ha<sup>-1</sup> allant de 633 à 1 183 kg ha<sup>-1</sup>, à Cinzana une moyenne de 639 kg ha<sup>-1</sup> allant de 379 à 850 kg ha<sup>-1</sup> et des résultats inexploitable à Koro (en 5e Région) où la pluviométrie était de 231 mm a<sup>-1</sup> selon la DRA. Dans les mêmes conditions, la SRCVO (1989) a mesuré en 1988 à Cinzana une moyenne de 1 204 kg ha<sup>-1</sup> allant de 1 000 à 1 295 kg ha<sup>-1</sup> et à Koro une moyenne de 263 kg ha<sup>-1</sup> allant de 105 à 710 kg ha<sup>-1</sup>, la pluviométrie de Koro étant de 489 mm a<sup>-1</sup> selon la DRA. La SRCVO constate que le cultivar "local" est le plus performant.

Selon Portères (1955), le rendement du décorticage des graines de fonio au pilon est de 80 à 85% de grains nus, soit de 15 à 20% de balles.

Sur la base de la revue bibliographique des rendements donnée ci-dessus, nous constatons qu'en dehors des stations les rendements sont de l'ordre de 200 à 400 kg ha<sup>-1</sup>. Donc, pour le modèle-PL, nous fixons les rendements-cibles en année normale, pour les zones pluviométriques I et II respectivement, à 375 et 250 kg ha<sup>-1</sup> de grains vêtus, c'est-à-dire 300 et 200 kg ha<sup>-1</sup> de grains nus. N'ayant pas exécuté de simulations de croissance pour le fonio, les réductions de production en année sèche du mil en ZP I et II sont également appliquées aux productions du fonio, soit qu'elles ne représentent, respectivement pour les ZP I et II, plus que 52 et 55% de celles obtenues en année normale. Donc, en année sèche, les productions du fonio sont, en ZP I et II, de 195 et de 140 kg ha<sup>-1</sup> de grains vêtus soit de 156 et de 112 kg ha<sup>-1</sup> de grains nus, respectivement.

Froment, cité par Portères (1955), donne des ratios grain/paille (les deux en kg ha<sup>-1</sup>), de 172/350, de 195/460 et de 204/570, ce qui donne des indices de récolte (HI) de 0.33, de 0.30 et de 0.27. Cissé (1975) mesure en phytotron sur sol sableux un HI moyen de 0.33 allant de 0.23 à 0.45, sur sol limoneux un HI moyen de 0.26 allant de 0.18 à 0.37 et sur sol argileux un HI moyen de 0.27 allant de 0.18 à 0.36. Pour le modèle-PL, nous retenons la valeur de 0.30. Donc, sur la base des

rendements-cibles, les productions en pailles sont, respectivement pour les ZP I et II, de 875 et de 585 kg ha<sup>-1</sup> en année normale et de 455 et de 330 kg ha<sup>-1</sup> en année sèche.

Le prix obtenu par les paysans, en grains vêtus, est de 70 FCFA kg<sup>-1</sup>.

## 5.4 Besoins en éléments nutritifs

Sur la base des résultats d'une revue de la littérature faite par van Duivenbooden (1990a), les teneurs minimales (g kg<sup>-1</sup>) en N, P et K dans la MS des grains nus (décortiqués) sont de 12.3, de 2.1 et de 2.8 et celles de la paille sont de 8.7, de 0.3 et de 12.0, respectivement.

Ces teneurs permettent de calculer (sous-section 1.4.1) les temps nécessaires de jachère, ce qui donne sept ans de jachère par année de culture.

## 5.5 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

Selon nos observations, le semis du fonio a lieu en fin juillet ou début août, vers le premier sarclage du mil. Selon Purseglove (1975), la récolte du fonio a lieu de septembre à octobre; selon nos observations, elle a toujours lieu avant celle du mil.

A notre connaissance, il n'existe pas, ou presque pas, de données bibliographiques concernant les besoins en main-d'oeuvre de la culture du fonio. Les valeurs données ci-dessous ont été estimées principalement sur la base de renseignements oraux recueillis au cours de l'étude, en prenant la culture du mil comme base de comparaison.

### 1. Nettoyage

Si la culture du fonio est inscrite dans une succession normale de culture du mil, le temps de nettoyage est de 1 dth ha<sup>-1</sup>. Si la culture est une succession monophyte qui prend la place du mil (technique 1), le temps de nettoyage de la jachère en tête de rotation est de 20 dth ha<sup>-1</sup> et les cultures qui suivent n'ont plus besoin que d'un simple nettoyage demandant 1 dth ha<sup>-1</sup>.

Selon le même raisonnement que pour le mil (section 2.5), le temps moyen de nettoyage d'une succession normale de fonio est fixé à 5 dth ha<sup>-1</sup>.

### 2. Transport et épandage du fumier

Pour le modèle-PL, il n'y a pas d'application de fumier sur les champs destinés à être emblavés en fonio. La durabilité de la technique est assurée par l'emploi de la jachère. Le fumier est réservé pour des cultures principales, comme le mil, vu que nous avons admis que le fonio est une céréale d'accompagnement ou secondaire.

### 3. Epandage des fumures minérales

Il est admis qu'il n'y a pas d'épandage de fumures minérales pour la technique de production du fonio retenue pour le modèle-PL.

### 4. Préparation du sol

Mis à part les essais de cultures attelée, il n'y a pas à proprement parler de labour pour le fonio. Juste avant les semis, il y a un grattage (remuage des deux à trois premiers centimètres du sol) manuel à la houe. Ce grattage superficiel semble suffisant, surtout si la terre a déjà été travaillée. Le fonio serait toujours cultivé à plat (Portères, 1955). Selon le même auteur, le grattage, précédant immédiatement les semis, est réalisé dès les premières pluies ou un peu avant. Selon Purseglove (1975) le grattage a lieu de juin à juillet. Selon nos informations, le grattage a lieu après le semis du mil, vers la période du premier sarclage du mil.

Le temps de travail du grattage est estimé être très sommaire et est fixé à 4 dth ha<sup>-1</sup> (van Heemst *et al.*, 1981).

### 5. Semis

Le fonio est toujours semé à la volée, sauf en cas d'expérimentation en station. Selon Portères (1955), le nettoyage, la préparation du sol et le semis demandent de 20 à 25 dth ha<sup>-1</sup>. Le semis a lieu immédiatement après le grattage, vers le premier sarclage du mil. Le semis est suivi, mais pas toujours, d'un très léger hersage manuel avec des branches.

Pour le modèle-PL, le temps de travail du semis est estimé à 1 dth ha<sup>-1</sup>.

### 6. Sarclage

Portères (1955) dit que généralement le fonio n'est pas sarclé. Cependant, selon cet auteur, il serait préférable d'effectuer un sarclage en cas de semis dense et deux en cas de semis clair, ce qui demanderaient de 20 à 30 dth ha<sup>-1</sup>. Selon Purseglove (1975), le fonio n'est, le plus souvent, pas sarclé vu que les semis denses permettent d'éviter la compétition. Selon nos observations des champs de fonio, il serait très difficile de faire un sarclage mais un désherbage manuel serait à la rigueur envisageable, à moins que le fonio ne soit semé en ligne.

Mais pour la technique retenue pour le modèle-PL, ce sarclage n'a pas de raison d'être. Le grattage, ayant lieu bien après le début de la saison des pluies, remue non seulement la surface du sol pour préparer le lit de semences mais détruit aussi toute la végétation qui a déjà germé. De plus, les fortes doses de semences permettent d'étouffer les éventuelles nouvelles germinations d'adventices. Donc, pour la technique retenue, nous admettons qu'il n'y a pas de sarclage.

### 7. Récolte

Nous n'entrerons pas dans tous les détails des techniques de récoltes données par Portères (1955). Selon nos observations, la récolte du fonio est très similaire à

celle du riz, si ce n'est qu'à maturité le fonio est très souvent couché, ce qui ne facilite pas la moisson et a rendu les essais de fauchage, tant manuel que mécanique, peu concluants (Renoux & Dumas, cité par Portères, 1955). Après la coupe des panicules avec un couteau ou une faucille, les javelles sont montées en meulons près du lieu de récolte pour achever la dessiccation. Vu la déhiscence des caryopses, il est préférable de manipuler le fonio en panicules lorsqu'il est humide pour éviter les pertes de grains (Cissé, 1975) mais cela a pour conséquence que le séchage après la coupe doit être fait dans de bonnes conditions, d'où les meulons et non des meules, pour éviter les détériorations qualitatives, et parfois quantitatives, du produit suite à l'échauffement (Portères, 1955).

Pour le modèle-PL, nous estimons que les temps de travaux de la récolte sont de 8 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 8. Transport, battage et vannage des panicules

Nous n'entrerons pas dans tous les détails des opérations de transport, battage et vannage du fonio données par Portères (1955). Selon nos observations, il n'y a pas de transport des panicules de fonio vers un lieu de stockage ou de battage. Le battage et le vannage sont exécutés à proximité du meulon monté après la récolte et sont très similaires à ceux du riz. Selon Portères (1955), les aires de battage sont toujours soigneusement préparées pour éviter d'incorporer aux grains des particules de terre. Mais selon nos observations, il n'y aurait pas de préparations très particulières et c'est aux vanneuses à livrer un produit propre qui, malgré tout, n'est jamais exempt de sable. Cet auteur mentionne le dépiquage par foulage du fonio mais au Mali, nous n'avons jamais vu l'application de cette technique, ni pour aucune des autres céréales d'ailleurs, si ce n'est le dépiquage du mil en le roulant au camion. Les grains sont stockés vêtus et sont décortiqués au pilon et au mortier au fur et à mesure des besoins. Sur les marchés, les grains sont vendus soit vêtus soit nus. Portères (1955) donne que la récolte, le battage, le vannage et le transport demandent environ 20 dth ha<sup>-1</sup>.

Le battage, le vannage et le transport du fonio ont lieu peu après sa récolte vers début octobre, mi-octobre. Pour le modèle-PL, nous estimons les temps de battage et de vannage à 15 dth ha<sup>-1</sup> et celui du transport des grains à 2 dth ha<sup>-1</sup>, ce qui fait au total 17 dth ha<sup>-1</sup>.

Pour le temps total de travail du fonio, Portères (1955) donne de 60 à 75 dth ha<sup>-1</sup> et nous obtenons un total de 35 dth ha<sup>-1</sup> (tableau 5.1). La différence entre l'auteur précité et nos estimations provient du fait que cet auteur inclut les sarclages tandis que pour notre étude ils ne sont pas exécutés et nous admettons que la préparation du sol est très sommaire.

Les besoins en main-d'oeuvre sont répartis selon les différentes périodes de l'année (sous-section 1.3.1), ainsi que montré au tableau 5.1.

## 5.6 Intrants monétaires

### 5.6.1 Amortissements

Pour la culture du fonio, la seule charge du capital annuel est celle du petit matériel dont les coûts annuels sont estimés à 700 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 5.6.2 Coûts des opérations

#### 1. Semences

Selon Cérighelli (1955), Portères (1955), Cissé (1975) et Purseglove (1975) 1 000 graines de fonio pèsent de 0.4 à 0.7 g. Les doses de semis sont, selon Cérighelli (1955), de 35 kg ha<sup>-1</sup>. Selon Portères (1955), elles sont de 15 à 20 kg ha<sup>-1</sup> pour les cultivars tardifs et de 30 à 40, voire 50 kg ha<sup>-1</sup>, pour les cultivars hâtifs mais des doses de 25 voire de 120 kg ha<sup>-1</sup> sont signalées; cet auteur estime que, en culture attelée bien conduite avec semis en lignes et avec 2 sarclages, des doses de 3 à 5 kg ha<sup>-1</sup> seraient suffisantes; en culture manuelle il estime que des doses de 10 à 20 kg ha<sup>-1</sup> seraient suffisantes. Selon Purseglove (1975), elles sont de 10 à 20 kg ha<sup>-1</sup>. La SRCVO (1988; 1989) utilise des doses de 15 kg ha<sup>-1</sup>. De très hautes doses de semences de l'ordre de 40 kg ha<sup>-1</sup> nous sont confirmées par KIT/Mali-Sud (de Jager, com. pers.). Cérighelli (1955) indique une profondeur de semis de 1 cm. Portères (1955) a fait des études sur les conditions de germination du fonio: l'optimum est de 2 cm de profondeur et 30 °C, la germination étant favorisée par la lumière. Les jeunes plantules ont un équilibre parties aériennes/parties souterraines qui serait en faveur de l'exploitation des sols légers et pauvres. Le fonio aurait une croissance juvénile très lente, ce qui fait qu'il est peu compétitif vis-à-vis des adventices. Selon cet auteur et nos informations (de Jager, com. pers.), les hautes doses de semis permettent d'assurer rapidement une très forte couverture du sol en plantules de fonio et ainsi étouffer les adventices, de pallier les fortes pertes de semences dues aux oiseaux et autres prédateurs vu que les graines sont en surface, et d'assurer d'autres vagues de germination après des à-coups de sécheresse vu la dormance des graines.

Pour le modèle-PL, la dose de semis est fixée à 35 kg ha<sup>-1</sup> à raison de 90 FCFA kg<sup>-1</sup>, estimation basée sur le fait que le cours du fonio suivrait celui du riz (Cissé, com. pers.), ce qui fait que les semences sont estimées à 3 150 FCFA ha<sup>-1</sup>.

#### 2. Pesticides

Les pestes du fonio sont principalement un cryptogame (*Phyllacora sphaerosperma*, syn. *Sphaerodothis sphaerosperma*), des oiseaux, le rat-palmiste, les singes ainsi que les strigas. Ces dernières sont des scrophulariacées hémi-parasites (Portères, 1955). Selon Portères (1949), nous citons:

"les strigas (*Striga hermontica* et *S. senegalensis*) ne sont que des parasites facultatives et vivent facilement en autotrophie. Elles sont extrêmement sensibles à la déficience ou à la robustesse des plantes capables de leur servir d'hôtes.

Or la vigueur de ces plantes cultivées ne fait que traduire la qualité du complexe cultural édapho-climatique. Les attaques sur pénicillaire (mil), sorgho, maïs, riz, fonio, etc. ne s'observent que sur les cultures maigres. Ce n'est pas le pullulement de striga qui détermine l'affaiblissement de la culture mais l'état déficient de celle-ci qui provoque l'extension du parasite."

Selon cet auteur, la cause principale de ces infestations est la surcharge des sols, autrement dit l'usure des sols. La sécheresse, les déséquilibres minéraux et les mauvaises conduites culturales favorisent également ce parasite en mettant les cultures en position de faiblesse. Les moyens de lutte sont la jachère, la jachère cultivée (*Cassia occidentalis*) et l'apport de fumier par pacage ou transport. Il y aurait des différences de comportement selon les cultivars de la culture infestée. Sans vouloir entrer dans les détails de ce sujet, nous pouvons confirmer que la jachère et le fumier sont de bons moyens de lutte contre ce parasite car des producteurs du village de Dalonguébougou (Arrondissement de Doura, 4<sup>e</sup> Région), nous l'ont démontré, preuves à l'appui. Comme pour le modèle-PL nous n'admettons pas "l'overcropping", ce parasite n'est pas considéré, même si dans la réalité, sa présence indique qu'il y a déjà surcharge.

Pour le modèle, nous considérons les frais de traitements phytosanitaires des semences à 100 FCFA ha<sup>-1</sup>.

Les intrants monétaires totaux pour la technique de production définie sont de 3 950 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (tableau 5.1).

## 5.7 Tableau des intrants-extrants

Le tableau 5.1 donne les intrants et les extrants pour la technique du fonio définie pour le modèle-PL.

Tableau 5.1. Tableau des intrants-extrants de la technique de production du fonio sur sol C1.

CARACTERISTIQUES	EXTENSIVE
Traction animale	-
Fumure organique	-
Fumure minérale	-
Jachère	+
<b>INTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	
JACHERE/FUMURES	
Ratio ans de jachère/ an de culture [-]	7
Fumier [kg MS]	-
Engrais N [kg]	-
Engrais P [kg]	-
Engrais K [kg]	-
MAIN-D'OEUVRE <sup>a</sup> [dth ha <sup>-1</sup> ]	
6 Nettoyage	5
Fumure de fond	-
2 Préparation du sol	5
2 Semis	1
Sarclage	-
Fumure de couverture	-
3 Récolte	8
3 Battage & vannage	15
3 Transport	2
<b>Totaux</b>	<b>35</b>
INTRANTS MONETAIRES [FCFA]	
Amortissement	
Petit matériel	700
Coûts des opérations	
Semences	3 150
Pesticides	100
<b>Totaux</b>	<b>3 950</b>
BOEUFS [ox]	-
<b>EXTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	
Grain [kg MS]	375
Paille [kg MS] <sup>c</sup>	875

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

b) Lors d'une année normale en zone pluviométrique I (530 mm).

c) Le taux moyen de N est de 11.3 g kg<sup>-1</sup>

## 6. NIEBE

(P.A. Gosseye)

### 6.1 Introduction

Par niébé, nous entendons *Vigna unguiculata ssp. unguiculata* (syn. *V. sinensis*, *V. catjang*). Les autres noms vernaculaires en français sont entre autres: haricot, haricot kundé, haricot mongette, haricot dolique, dolique, dolic, dolique de Chine, dolique mongette, catjang, caupi. Les noms vernaculaires en anglais sont entre autres: cowpea, black-eye pea, southern pea, China pea, black-eye bean, catjang, lubia (Cérighelli, 1955; Van Den Abeele & Vandenput, 1956; Arnon, 1972; Purseglove, 1974; Westphal, 1974; Maréchal *et al.*, 1978; RFMC, 1980; Wien & Summerfield, 1984).

Selon Maréchal *et al.* (1978), le niébé serait originaire d'Afrique et aurait été domestiqué en Afrique de l'Ouest. Sur la base des informations données par ces auteurs, nous estimons que tous les cultivars utilisés dans la Région seraient du cv-gr. *unguiculata*. Arnon (1972) considère que le niébé (*Vigna unguiculata*) est la légumineuse la plus cultivée d'Afrique tandis que Purseglove (1974) considère qu'il vient en deuxième position après le haricot (*Phaseolus vulgaris*). Selon ces deux derniers auteurs et Sinha (1980), le niébé est une culture de pays chauds (température journalière moyenne de 20 à 35 °C) humides à semi-arides. Il a la réputation d'être résistant à la sécheresse et tolérant quant au type de sol mais il ne supporte pas l'engorgement.

Les deux buts principaux de cette culture (Arnon, 1972; Purseglove, 1974; FAO & DANIDA, 1977; RFMC, 1980; Sinha, 1980) sont d'une part la production de graines destinées à la consommation humaine et d'autre part la production de fanes destinées à l'affouragement du bétail. Comme cette plante est une légumineuse, elle est particulièrement intéressante par sa richesse en protéines. Rappelons que les graines de niébé sont farineuses (légumes secs), c'est-à-dire riches en hydrates de carbone et non en lipides. Un autre usage est la production de feuilles et jeunes pousses consommées en frais ou en sec comme légume-feuille. Cette légumineuse peut aussi être utilisée comme engrais vert (culture de sidération) et comme plante de couverture.

Les cultivars utilisés "traditionnellement" sont souvent mal sélectionnés. Les niébés cultivés dans la Région devraient avoir un cycle de croissance d'environ 75 d de longueur (50% de floraison 50 d après semis), c'est-à-dire compris entre 65 et 80 d. Le choix d'un cultivar, adapté aux conditions locales de croissance, devrait aussi tenir compte de la hiérarchie des buts recherchés. En effet en général, les cultivars peuvent être regroupés en cultivars grainiers, cultivars fourragers et cultivars mixtes, c'est-à-dire à deux fins. Parmi toutes les légumineuses à grains testées (*Cajanus cajan*, *Cyamopsis tetragonoloba*, *Lablab purpureus*, *Phaseolus acutifolius*, *Tylosema esculenta*, *Vigna aconitifolia*, *Vigna mungo*, *Vigna radiata*, *Vigna unguiculata* et *Vigna vexillata*) en culture exondée et en zone pluviométrique sem-

blable à la Région, le niébé est jusqu'à présent le plus prometteur mais des criblages plus poussés permettraient sans doute d'élargir le spectre des possibilités. Les niébés possibles pour la Région seraient en cultivars grainiers "CSIRO 45 581", "CSIRO 45 587", "TVx 1836-90E", "TVx 3236-01G" et "TVx 4661-07D"; les cultivars fourragers seraient "TVu 4945", "TVu 4949" et "TVx 3871-02F"; les cultivars mixtes seraient "KN 1" et "TN 88-63" (RFMC, 1980; Hulet, 1983b; 1984b; 1985c; 1985d; Hulet *et al.*, 1986; de Frahan *et al.*, 1989). Pour le modèle-PL, nous considérons que le cultivar utilisé est mixte et de cycle inférieur à 90 d de longueur, sous les conditions environnementales de la Région.

### Culture associée

Dans la Région, la culture du niébé est très liée à la culture du mil mais n'est considérée que comme une culture secondaire. Il est négligé au profit de la culture principale. De ce fait, les rendements sont très faibles et de l'ordre de 50 kg ha<sup>-1</sup> de grain (RFMC, 1980; de Frahan *et al.*, 1989).

Avant de définir les techniques de production du niébé utilisées par le modèle-PL, il est nécessaire de clarifier très brièvement pourquoi les cultures associées, tant celle du niébé que les autres, ne sont pas prises en compte pour le modèle-PL. Nous n'entrerons pas dans l'étude exhaustive de la culture associée versus la culture pure. En résumé, nous dirons que les cultures associées possèdent des avantages potentiels sur les cultures pures. Mais pour que ces avantages deviennent effectifs, il faut d'abord bien cibler le but (et non les buts), c'est-à-dire distinguer la culture principale de la culture d'accompagnement et définir l'objectif de l'association (savoir ce que l'on veut). Ensuite, il faut bien préciser les conditions éprouvées de réalisation de l'association, en évitant l'a priori implicite de "l'altruisme" et en se gardant des hypothèses et généralisations en cascade (savoir ce que l'on peut et comment le réaliser). Finalement, il faut remplir ces conditions tant du point de vue climatique (facteur non contrôlable si ce n'est par l'irrigation) qu'édaphique, que variétal et que cultural (avoir les moyens d'action et de contrôle). Satisfaire ce dernier point n'est pas toujours évident ne fût-ce que du fait de l'irrégularité des conditions pluviométriques aléatoires dans les régions semi-arides. Parmi les différents modes d'association, la compétition est d'autant moins accentuée que les cultures sont séparées dans le temps et/ou dans l'espace. La culture dérobée ("relay intercropping") est difficilement applicable en zone semi-aride (de 200 à 600 mm a<sup>-1</sup>), vu la brièveté de la saison de croissance. Une des voies les plus prometteuses en culture associée semble être la culture en bandes (culture en bandes alternes = "strip intercropping"). Elle est en fait un arrangement spatial étroit de cultures pures. Ceci permettrait certaines interactions entre les cultures mais laisserait la possibilité d'appliquer les façons culturales spécifiques à chaque culture. Une autre voie, apparemment intéressante, est la culture en couloir ("alley cropping"). C'est une variante de la culture intercalaire ("row intercropping") ou de la culture en strates (culture en strates ou en étages = "multi-storey cropping"). Elle associe un ligneux à une culture, généralement une céréale. Mais selon Cissé (CIPEA, com. pers.), bien que certaines modalités d'application en zone sub-humide soient connues et applicables, celles pour la zone semi-aride sont encore à l'abécédaire (annexe A3.1).

Notre expérience, confirmée par de Frahan *et al.* (1989), permet de conclure que les cultures pures en rotation facilitent énormément la maîtrise des conduites des cultures respectives, quant au choix variétal, aux opérations culturales -surtout lors de la récolte-, aux fertilisations ainsi qu'aux traitements phytosanitaires. Il est de plus en plus certain que, dans un but d'intensification des cultures, ce soit la solution la plus pragmatique, à défaut d'être la plus élégante intellectuellement (de Wit, 1960; de Wit & van den Bergh, 1965; de Wit *et al.*, 1966; Norman, 1975; Gosseye & Le Houérou, 1979; Gosseye *et al.*, 1979, 1983; Spitters, 1980; 1983a; 1983b; Hulet & Gosseye, 1982; 1984; 1986; BOSTID, 1983; Hulet, 1983a; 1984a; 1985a; 1985b; 1986; Gosseye & Hulet, 1984; Nair, 1984; Hien & Zigani, 1987; INRAN *et al.*, 1987; Kang & Wilson, 1987; Steiner, 1985; Genotte, 1987; Kang, 1989; Reynolds *et al.*, 1989; Alzouma, 1990). Pour le modèle-PL, il est considéré que le niébé est cultivé en culture pure.

#### Fixation d'azote

Il est également nécessaire de brièvement préciser qu'elles sont les exigences nutritives du niébé.

Comme le niébé est une plante de la famille des *Fabaceae* (*Leguminosae*) et de la sous-famille des *Faboideae* (*Papilionoideae*), il est capable d'établir une symbiose avec des bactéries aérobies du genre *Rhizobium* qui sont fixatrices d'azote. La possibilité de réaliser la symbiose efficace dépend, entre autre, du génome de la plante et de celui de la bactérie (souche). Pour le niébé, cela ne semble pas être un problème. Lors du début de la symbiose (nodulation), c'est-à-dire au début du cycle de la croissance, le symbiote est en phase parasite, ce qui retarde la croissance de la plante hôte par création d'une carence en azote. Des apports d'azote, au début de cycle (engrais starter), permettent de pallier cette faim d'azote mais retardent le début de la fixation. Si les conditions de croissance, tant édaphiques que climatiques, ne sont pas bonnes, le symbiote reste en phase parasite, et ne fixe donc pas d'azote. Des applications d'azote permettent cependant de corriger cette inefficacité. Si des productions très élevées sont recherchées, il est nécessaire de couvrir les besoins en azote de la culture par des engrais, les apports dus à la seule fixation ne suffisant pas (Arnon, 1972; FAO & DANIDA, 1977; Summerfield *et al.*, 1977; Maréchal *et al.*, 1978; Sinha, 1980).

Pour produire, le niébé, comme toutes les légumineuses, est exigeant en éléments nutritifs. Parmi les éléments primaires, à côté de l'azote, le phosphore est souvent cité comme étant en déficit pour les légumineuses, dans les régions semi-arides; le potassium est également très nécessaire à cette culture et, bien qu'il ne soit que rarement en déficit, il faut éviter de saper les réserves du sol. Les éléments secondaires ainsi que les oligo-éléments sont également importants surtout si l'on veut profiter au maximum des effets de la symbiose (Gros, 1967; Arnon, 1972; FAO & DANIDA, 1977; Haverman, 1986).

L'application de fumures organiques agit très positivement sur la croissance du niébé, non seulement par l'apport des éléments nutritifs mais aussi par l'amélioration de la fertilité physique des sols. L'apport de matière organique agit favorablement sur la nodulation et son efficacité fixatrice (Arnon, 1972; FAO & DANIDA, 1977; RFMC, 1980; Sinha, 1980).

Les légumineuses, en général, semblent ne pas tolérer les successions monophytes. De plus, il semblerait que ce soit un bon précédent cultural pour le mil car il provoquerait la germination du striga, sans lui-même y être très sensible.

Parmi toutes les possibilités techniques de production du niébé, nous pourrions retenir trois techniques, en culture pure, selon les 4 critères retenus pour définir une technique de production (section 2.1).

### **Niveau extensif**

Au niveau extensif, il est possible de produire du niébé sans utilisation de la culture attelée, sans application de fumures organiques, sans épandage de fumures minérales et en employant la jachère pour assurer la durabilité de la technique.

Non retenue pour le modèle-PL, cette technique a ses avantages et ses inconvénients. Parmi ces derniers il y a la durée de la jachère: elle est de sept ans par année de culture vu les besoins en phosphore de la culture et les possibilités de restauration des sols (van Duivenbooden, 1990a). Autrement dit, cette durée ne sera jamais respectée. De plus, comme nous admettons que le niébé ne supporte pas les successions monophytes et qu'il est une culture secondaire, il est normalement à insérer dans une rotation avec le mil. Nous rappelons que la contrainte de rotation n'est pas incluse dans le modèle-PL. Mais ce fait induit des déséquilibres nutritionnels (phosphore) pour le mil, qui reste, malgré tout, la culture principale.

Cette façon de procéder est actuellement pratiquée tant sous la forme de cultures pures que sous la forme de cultures associées. Mais elle n'est pas retenue pour le modèle-PL.

### **Niveau semi-intensif**

Au niveau semi-intensif, il est possible de produire du niébé avec utilisation de la culture attelée, sans application de fumures organiques, avec épandage de fumures minérales (phosphore) et avec emploi d'une très courte jachère.

Retenue pour le modèle-PL, cette technique, où de petites doses de phosphore sont épandues, vise, en premier lieu, à réduire le temps de jachère et à annuler l'effet de minage des réserves de phosphore du sol qui restent ainsi disponibles pour la culture principale. Le temps de jachère calculé devient, dans ce cas, de trois ans de jachère par année de culture. Mais cette valeur est "théorique" car le niébé devrait s'inscrire normalement dans une rotation normale avec le mil, bien que la contrainte de rotation ne soit pas incluse dans le modèle-PL. Si cette technique est appliquée en tête de rotation, nous pouvons raisonnablement escompter sur une certaine fixation d'azote, même minime. Cet apport d'azote est partiellement récupéré lors de la culture subséquente (Jones, 1974). En effet, le niébé utilise pour lui l'azote fixé et en fin de cycle, il ne reste dans le sol que l'azote racinaire (racines et nodules morts). Cet azote résiduel est disponible par la suite, sans qu'il y ait création d'un déséquilibre en phosphore ou d'un épuisement des réserves minérales du sol. Le fumier n'est pas utilisé pour cette technique et est réservé à la culture principale. En deuxième lieu, cette technique vise à produire, en quantités appréciables, d'une part des grains destinés à la consommation humaine et d'autre part

des fanes destinés au bétail.

### Niveau intensif

Au niveau intensif, il est possible de produire du niébé avec utilisation de la culture attelée, avec application de fumures organiques, avec épandage de fumures minérales ternaires et sans emploi de la jachère.

Retenue pour le modèle-PL, cette technique, où des quantités relativement fortes de fumures minérales sont appliquées, ainsi que des fumures organiques, est normalement à inscrire dans une rotation avec le mil, bien que la contrainte de rotation ne soit pas incluse dans le modèle-PL. Elle vise à produire de forts rendements tant en grains qu'en fanes. Ces dernières, ainsi que celles produites par la technique précédente, sont destinées à fournir un fourrage de qualité, particulièrement en fin de saison sèche, en vue de diverses intensifications de l'élevage.

## 6.2 Environnement

Le niébé a la réputation d'être résistant au déficit hydrique. En réalité, une fois installé, il est tolérant ("drought avoiding"). Durant la phase végétative, il répond à des stress hydriques par une diminution de la conductance stomatique, puis par une modification de l'orientation foliaire et finalement par une diminution de la surface foliaire, c'est-à-dire la perte des feuilles, avec arrêt de la croissance. Les effets d'un stress hydrique, en phase végétative, sont recouvrables. En phase générative, le niébé est exigeant en eau et est très sensible au déficit hydrique qui occasionne des chutes de rendements drastiques non recouvrables (Arnon, 1972; Purseglove, 1974; Sinha, 1980; Akyeampong, 1986; Wien & Summerfield, 1984; Alzouma, 1990).

Le niébé, selon Sinha (1980), se cultive entre les isohyètes de 250 à 1 000 mm a<sup>-1</sup>. Selon RFMC (1980), il se cultive de 300 ou 400 mm a<sup>-1</sup> à plus de 1 000 mm a<sup>-1</sup> mais sa zone de prédilection se situe entre 500 et 800 mm a<sup>-1</sup>. Selon Alzouma (1990), le niébé préfère les conditions humides et chaudes. Toujours selon cet auteur, bien qu'il soit utilisé comme aliment et fourrage en-dessous de 400 mm a<sup>-1</sup>, les cultivars fourragers préfèrent une pluviosité comprise entre 750 et 1 000 mm a<sup>-1</sup>.

Selon Westphal (1974), Maréchal *et al.* (1978) et Hulet (1983b; 1984b; 1985c; 1985d) et suivant les origines des niébés introduit à l'IITA ou au Mali (Hulet *et al.*, 1986), il apparaît que le niébé est très polymorphe, très plastique et que sa culture est pratiquée aussi bien en régions très pluvieuses qu'en régions sèches. De ce fait, au lieu de parler des exigences du niébé, il est préférable de définir par criblage un cultivar ou un groupe de cultivars pour une pluviométrie donnée, par exemple "TN 88-63" comme niébé à deux fins pour la Région. Selon Dancette (1979), un niébé de 75 d a besoin de 320 mm pour assurer un cycle de croissance, ce qui veut dire que la pluviométrie doit être supérieure à cette valeur.

Le niébé est réputé tolérant quant au type de sol. Il peut être cultivé sur des sols allant de légers à lourds. Mais cette tolérance, ainsi que celle aux pluviométries (total et variabilité), dépend du cultivar. Cependant, les meilleurs résultats sont

obtenus sur des sols biens drainants. L'engorgement du sol, même de très courte durée (de 3 ou 4 d) a des effets très néfastes sur les productions (Armon, 1972; Purseglove, 1974; FAO & DANIDA, 1977; Sinha, 1980; Alzouma, 1990).

En année normale, les sols limoneux alluviaux des fonds des lacs et des marigots (G = TI7) sont emblavés partiellement en cultures de décrue, dont le niébé. Ce type de culture est traité au chapitre 4. Lorsque ce type de sol (TI7) n'est plus inondé, c'est-à-dire suite à une succession d'années sèches, des cultures pluviales, dont le niébé, y sont pratiquées pour bénéficier des apports supplémentaires d'eau (ruissellement, infiltration et capillarité: sections 2.1 et 4.1). Bien que connaissant l'actualité de ces pratiques et leur importance cruciale pour ceux qui y sont contraints, nous ne les incluons pas dans le modèle-PL. En effet, nous travaillons à un niveau régional ( $\approx 88\,500\text{ km}^2$ ). A ce niveau, une agrégation est obligatoire pour une étude des utilisations agricoles des terres en vue d'une planification régionale. Il s'ensuit qu'il ne peut être rendu justice à toutes ces pratiques agricoles de compensation, ne fût-ce que par le fait qu'elles dépendent toutes de particularités spécifiques d'un endroit précis. Par contre, une étude faite au niveau de l'unité de production (quelques  $\text{km}^2$  et non plus quelques milliers de  $\text{km}^2$ ) peut inclure toutes ces stratégies de survie temporaires qui seront d'autant plus définissables avec précision que le milieu exploité est connu et/ou pauvre en alternatives.

Pour le modèle-PL, les sols qui seraient emblavables en niébé sont selon les zones agro-écologiques (sections 3.2, 3.3 et 3.4):

- les sables limoneux à nappe phréatique haute (B2 = D7) qui sont dans le Delta Central (64  $\text{km}^2$ ), le Méma Dioura (391  $\text{km}^2$ ), le Bodara (5  $\text{km}^2$ ), la Zone Lacustre (4 312  $\text{km}^2$ ), le Hodh (7  $\text{km}^2$ ) et le Méma Sourango (265  $\text{km}^2$ );
- les limons sableux (C1 = DA1, DA2, DA3, DA4, DA5, PS2 et PS3) qui sont dans le Sourou (2 327  $\text{km}^2$ ), le Séno Bankass (3 866  $\text{km}^2$ ), le Plateau (1 814  $\text{km}^2$ ), le Delta Central (375  $\text{km}^2$ ), le Méma Dioura (2 319  $\text{km}^2$ ), le Séno Mango (884  $\text{km}^2$ ), le Gourma (800  $\text{km}^2$ ), le Bodara (1 006  $\text{km}^2$ ), la Zone Lacustre (278  $\text{km}^2$ ), le Hodh (1 657  $\text{km}^2$ ), et le Méma Sourango (57  $\text{km}^2$ );
- les limons sableux gravillonneux (C2 = TR2 et TR6) qui sont dans le Plateau (3 354  $\text{km}^2$ ) et le Gourma (1 491  $\text{km}^2$ ); le TR1 du Gourma, qui est un limon sableux gravillonneux, n'est pas inclus;
- les limons argileux (D1 = PL4 et PL6) qui sont dans le Sourou (367  $\text{km}^2$ , = 15% de PL6), le Plateau (102  $\text{km}^2$ , = 100% de PL4), le Méma Dioura (594  $\text{km}^2$ , = 100% de PL4 et PL6) et le Gourma (208  $\text{km}^2$ , = 15% de PL4); les PL4 et PL6 du Séno Mango ne sont pas considérés ainsi que le PL4 du Bodara, du Hodh et du Méma Sourango; le TH5 du Delta Central, du Gourma et du Hodh, qui est également un limon argileux, n'est pas utilisé;
- les argiles limoneuses (F1 = PL9 et TH7) sont exploitables à 100% dans le Sourou (138  $\text{km}^2$ ), le Plateau (1 304  $\text{km}^2$ ) et le Gourma (109  $\text{km}^2$ ), tandis qu'elles sont inexploitable dans le Delta Central et le Méma Dioura; le TH3 et le TH6, qui sont également des argiles limoneuses, ne sont pas utilisées.

### 6.3 Rendement

Pour une année normale, les rendements-cibles en grains écosés de niébé sont donnés au tableau 6.1. Ces valeurs proviennent des simulations de croissance du niébé effectuées par Erenstein (1990) et van Duivenbooden (1990b). Notons pour la zone pluviométrique IV (ZP IV) et sur les sols D1 et F1, que les simulations donnent des rendements moyens d'environ 50 kg ha<sup>-1</sup> ce qui, pour le modèle-PL, est négligeable. En effet, la pluviométrie totale permettrait d'assurer des productions en ZP IV sur ces sols lourds mais les répartitions des pluies réduisent très souvent à néant ces productions. Les rendements en grains à l'écosage représentent 60% pour la technique semi-intensive et 70% pour la technique intensive. Ces dernières valeurs sont des estimations faites par van Duivenbooden (1990a), à partir de données fournies par Hulet. Le prix au producteur est estimé à 75 FCFA kg<sup>-1</sup> de grain écosé.

Tableau 6.1. Pour les 8 activités du niébé, dans les 4 zones pluviométriques (ZP) et en année normale, rendements-cibles en grains écosés [MS kg ha<sup>-1</sup>].

Activité	Sol	ZP I	ZP II	ZP III	ZP IV
Semi-intensive					
i 38	B2	.	500	250	130
i 39	C1	750	500	250	130
i 40	C2	.	450	230	.
i 41	D1	750	500	250	0
i 42	F1	750	500	250	0
Intensive					
i 43	B2	.	1 440	1 080	530
i 44	C1	1 540	1 260	860	350
i 45	F1	1 160	660	300	0

Sources: Erenstein, 1990; van Duivenbooden, 1990b.

0: valeur négligeable, trop petite, trace.

.: valeur impossible.

Pour une année sèche, le tableau 6.2 donne les rendements en grains écosés par rapport à ceux obtenus en année normale.

Pour une année normale et sur la base des résultats de simulations en technique intensive (pas de carences en éléments nutritifs, uniquement limitations hydriques), des régressions linéaires sont établies entre les productions en grains et les productions en fanes. Pour la technique semi-intensive, comme il n'existe pas d'informations pertinentes, il est supposé qu'au zéro de production en grain correspond moins de fanes qu'en technique intensive et que l'indice de récolte est moins élevé. Les équations de ces régressions linéaires sont données au tableau 6.3. Comme le modèle-PL n'utilise que des relations linéaires, elles sont utilisées pour déterminer les rendements en fanes à partir des rendements-cibles en grains. La

fane n'a pas de prix au producteur, pour cette étude.

Pour une année sèche, le tableau 6.4 donne les rendements en fanes par rapport à ceux obtenus en année normale.

Tableau 6.2. Pour les 8 activités du niébé et dans les 4 zones pluviométriques (ZP), pourcentage [%] que représentent les rendements en grains écosés pour une année sèche par rapport à une année normale.

Activité	Sol	ZP I	ZP II	ZP III	ZP IV
Semi-intensive					
i 38	B2	.	48	43	35
i 39	C1	54	41	32	25
i 40	C2	.	37	30	.
i 41	D1	50	31	24	100
i 42	F1	34	17	7	5
Intensive					
i 43	B2	.	48	43	35
i 44	C1	54	41	32	25
i 45	F1	34	17	7	5

Sources: Erenstein (1990); van Duivenbooden (1990b).

.: valeur impossible.

Tableau 6.3. Production en fanes sèches [S, kg ha<sup>-1</sup> de MS] en fonction du rendement en grains écosés cibles [Yt, kg ha<sup>-1</sup> de MS] selon les 2 techniques de production du niébé et les 5 sols.

SOL	SEMI-INTENSIVE	INTENSIVE
B2	$S = 300 + 3.0 * Yt$	$S = 1700 + 1.3 * Yt$
C1	$S = 200 + 2.0 * Yt$	$S = 770 + 1.2 * Yt$
C2	$S = 300 + 2.8 * Yt$	.
D1	$S = 90 + 2.9 * Yt$	.
F1	$S = 50 + 2.7 * Yt$	$S = 700 + 1.7 * Yt$

Source: van Duivenbooden (1990a).

.: valeur impossible

Tableau 6.4. Pour les 8 activités du niébé et dans les 4 zones pluviométriques (ZP), pourcentage [%] que représentent les rendements en fanes pour une année sèche par rapport à une année normale.

Activité	Sol	ZP I	ZP II	ZP III	ZP IV
Semi-intensif					
i 38	B2	.	70	63	56
i 39	C1	79	60	52	51
i 40	C2	.	66	53	.
i 41	D1	60	35	18	100
i 42	F1	50	34	21	17
Intensif					
i 43	B2	.	70	63	56
i 44	C1	79	60	52	51
i 45	F1	50	34	21	17

Sources: Erenstein (1990); van Duivenbooden (1990b).

..: valeur impossible.

## 6.4 Besoins en éléments nutritifs

Selon les résultats d'une revue de la littérature faite par van Duivenbooden (1990a), les teneurs minimales [ $\text{g kg}^{-1}$ ] en N, P et K dans la MS des grains sont respectivement de 35.0, de 3.0 et de 12.0. Celles des cosses sont respectivement de 11.0, de 0.7 et de 8.0. Celles des fanes sont respectivement de 13.0, de 0.9 et de 6.8.

Sur la base de ces teneurs et en appliquant la méthode décrite au chapitre 1, la durée de la jachère nécessaire ainsi que les besoins en fumures sont calculés pour chaque activité, ainsi que présenté au tableau 6.5.

## 6.5 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

La période de culture du niébé est assimilable à celle du mil. Donc, les moments des différentes opérations sont également assimilables à ceux du mil. Cependant, pour éviter des pertes de feuilles à la fin de la saison de croissance, suite à l'assèchement du sol, il est préférable de récolter le niébé avant le mil, disons vers la moitié ou la fin de septembre. La conséquence en est que des cultivars de moins de 90 d doivent être utilisés. Cette récolte précoce, tout en permettant de sauvegarder les productions fourragères, permet d'éviter la compétition pour la main-d'oeuvre lors de la récolte du mil. Attendre trop longtemps, pour récolter le niébé, ne donne pas plus de grains vu que les conditions de croissance, en fin de saison, ne sont plus propices à la grenaison qui, nous l'avons vu, est exigeante en eau. Cela a aussi pour conséquence, selon notre expérience, qu'une partie du four-

rage est perdue suite à la chute des feuilles qui est souvent soudaine et très rapide. Finalement, cela mène très souvent à ce que toute la force de travail est investie dans la culture principale. De ce fait, après la récolte de la culture principale, et trop tardivement, les fanes sont irrécupérables et seules les gousses non ouvertes sont récupérables. En effet les gousses sont déhiscentes et tendent à s'ouvrir lorsqu'elles sèchent, surtout en plein soleil. Les cultures pures facilitent énormément la récolte.

### 1. Nettoyage

Le temps de nettoyage de la jachère en tête de rotation est de 20 dth ha<sup>-1</sup> et les cultures qui suivent n'ont plus besoin que d'un simple nettoyage demandant 1 dth ha<sup>-1</sup>. Selon le même raisonnement que pour le mil (section 2.5, point 1), le temps moyen de nettoyage d'une succession normale du niébé en technique semi-intensive est fixé à 5 dth ha<sup>-1</sup> et à 1 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

### 2. Transport et épandage du fumier

Pour la technique semi-intensive, il n'y a pas d'application de fumures organiques.

Pour la technique intensive, le même mode de calcul que pour le mil est appliqué (section 2.5, point 2). Les temps de travaux sont donnés au tableau 6.5. Pour le sol C1 en zone pluviométrique I, il faut 8 dth ha<sup>-1</sup>.

### 3. Epandage de la fumure de fond

Pour la technique semi-intensive, le temps d'épandage de la fumure phosphatée de fond est fixée à 1 dth ha<sup>-1</sup>.

Pour la technique intensive, le temps d'épandage de la fumure complète de fond, qui contient de l'azote comme starter, est également fixé à 1 dth ha<sup>-1</sup>.

### 4. Préparation du sol

La préparation du sol demande 5 dth ha<sup>-1</sup> (van Heemst *et al.*, 1981), s'il s'agit d'un labour manuel très superficiel, et 12 dth ha<sup>-1</sup> (PIRT, 1983), si le labour manuel est profond. Pour la technique extensive, non retenue pour le modèle-PL, nous pouvons supposer que le labour manuel soigné n'est pas toujours appliqué et que les producteurs utilisent les billons résultant des sarclages de la culture précédente, ainsi que pour le mil (section 2.5, point 4), et dans ce cas, le temps moyen pour une rotation est estimé à 3 dth ha<sup>-1</sup>.

Pour la technique semi-intensive, nous considérons qu'il y a un labour en billons qui demande (4 dth + 2 At) ha<sup>-1</sup>.

Pour la technique intensive, le temps de travail de la préparation du sol est semblable à celui du mil intensif (section 2.5, point 4). Donc, il faut (8 dth + 4 At) ha<sup>-1</sup> pour le premier labour à plat afin de bien briser la croûte du sol sur toute la surface du champ et ainsi favoriser la pénétration maximale des eaux de pluies et il faut (4 dth + 2 At) ha<sup>-1</sup> pour le deuxième labour en billons, ces derniers étant

nécessaires pour éviter les engorgements en cas de fortes pluies. Le total pour les labours appliqués dans la technique intensive est de (12 dth + 6 At) ha<sup>-1</sup>.

Tableau 6.5. Pour les 8 activités du niébé, rendements-cibles maximaux [kg ha<sup>-1</sup> de MS] et rendements correspondant en fanes [kg ha<sup>-1</sup> de MS]. En fonction de ces maximums, calculs des besoins en fumures organiques [kg ha<sup>-1</sup> de MS] ainsi qu'en fumures minérales (N, P, K, kg ha<sup>-1</sup>); calcul du rapport années de jachère par année de culture (RJC); calcul des besoins en main-d'oeuvre [dth ha<sup>-1</sup>] pour le transport et l'épandage des fumures organiques (Mdo-TEF), pour la récolte (Mdo-R), pour le transport des produits de la récolte (Mdo-T) ainsi que pour l'écoassage et le vannage (Mdo-BV).

<b>Semi-extensive</b>					
ACTIVITE	i38	i39	i40	i41	i42
Sol	B2	C1	C2	D1	F1
Grain écosé	250	750	450	750	750
Fane+ cosse	1 050	1 700	1 560	2 270	2 080
Fumier	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0
P	1	6	4	5	5
K	0	0	0	0	0
RJC	3	3	3	3	3
Mdo-TEF	0	0	0	0	0
Mdo-R	15	31	21.5	31	31
Mdo-T	3	6	4.5	7	7
Mdo-BV	2	6	3.5	6	6
<b>Intensive</b>					
ACTIVITE	i43	i44	i45		
Sol	B2	C1	F1		
Grain écosé	1 080	1 540	500		
Fane+ cosse	3 100	2 500	1 750		
Fumier	1 450	1 130	1 090		
N	52	43	53		
P	11	19	12		
K	72	56	44		
RJC	.	.	.		
Mdo-TEF	11	8	8		
Mdo-R	41.5	56	44		
Mdo-T	7.5	8	7		
Mdo-BV	10	14.5	11		

Source: van Duivenbouden (1990a).

## 5. Semis

Le semis du niébé est fait en poquets et pour les deux techniques, il est considéré comme étant fait manuellement, ainsi que pour le mil, ce qui demande 5 dth ha<sup>-1</sup> (section 2.5, point 5).

## 6. Premier sarclage

Le niébé est très sensible à la compétition avec les adventices tant qu'il n'a pas couvert le sol (Arnon, 1972).

Pour les techniques semi-intensive et intensive, le temps de travail du premier sarclage est fixé à (10 dth + 2 At) ha<sup>-1</sup> (section 2.5, point 6).

## 7. Epannage de la fumure de couverture

Il n'y a pas d'épannage de fumure de couverture pour les deux techniques.

## 8. Pulvérisation des pesticides au stade végétatif

Le niébé est très parasité du semis au grenier. Comme le but de cette culture est d'atteindre les rendements-cibles, il est impératif de pulvériser des pesticides.

La première pulvérisation de pesticide en phase végétative, pour les deux techniques, demande 0.5 dth ha<sup>-1</sup> (section 2.5, point 8).

## 9. Deuxième sarclage

Le deuxième sarclage, comme pour le mil (section 2.5, point 9), ne peut pas être exécuté à l'aide de la traction animale sous peine d'endommager les cultures. Donc pour les deux techniques, le temps de travail du deuxième sarclage est fixé à 12 dth ha<sup>-1</sup>.

## 10. Pulvérisation des pesticides au stade génératif

Pour protéger la floraison et la grenaison, il est nécessaire de procéder à des pulvérisations. Le temps total de travail des deux pulvérisations pour la technique semi-intensive est de 1 dth ha<sup>-1</sup>. Le temps total de travail des trois pulvérisations pour la technique intensive est de 1.5 dth ha<sup>-1</sup>.

## 11. Récolte

Comme les cultures de niébé définies pour le modèle-PL, visent aussi bien à produire des grains que des fanes, il est nécessaire que les cultivars choisis soient rampants, ou à la rigueur semi-rampants, pour permettre la mise en balle. Celle-ci sert à emprisonner les feuilles dans l'entrelac des tiges et ainsi éviter les pertes de feuilles lors des manipulations ultérieures. En général, il y a un pied par balle s'ils sont de belle venue et plusieurs s'ils sont petits. Les cultivars rampants posent des problèmes de mécanisation de la récolte (Purseglove, 1974). Nous considérons

pour les deux techniques que la récolte est manuelle.

La récolte du niébé comprend deux composantes: la coupe des fanes et la cueillette des gousses. Ou bien les gousses sont d'abord cueillies sur les pieds de niébé en place; ensuite ces derniers sont coupés à la base, puis mis en balles et laissés sur les champs pour dessiccation avant transport et stockage; cette façon de procéder serait plutôt appliquée aux petits champs. Ou bien, les pieds de niébé sont coupés à la base, regroupés en tas où des travailleurs, généralement des femmes et des enfants, procèdent à la cueillette des gousses; ensuite les plantes sont mises en balles et mises à sécher sur les champs avant transport et stockage; cette façon de procéder serait plutôt appliquée aux grands champs.

Le tableau 6.5 donne les résultats des calculs pour les temps de récolte du niébé. Ces temps de récolte comprennent et la récolte des fanes et la cueillette des gousses. Pour les fanes, nous estimons que le temps de coupe est compris entre 5 et 10 dth ha<sup>-1</sup>, c'est-à-dire que nous fixons la valeur à 7 dth ha<sup>-1</sup>; cette dernière valeur est considérée comme indépendante des rendements. En effet, nous considérons que couper et transporter un nombre donné de pieds ne varie pas fort, que les plantes soient petites ou grosses. Pour les gousses nous supposons, sur la base de van Heemst *et al.* (1981), qu'il faut 24 dth par 750 kg de gousses (grains non écosés); donc le temps de récolte des gousses varie avec les rendements. Pour le sol C1 en zone pluviométrique I, le temps de récolte de la technique semi-intensive est de 31 dth ha<sup>-1</sup> et pour la technique intensive, il est de 56 dth ha<sup>-1</sup>.

## 12. Transport

Le temps nécessaire pour le transport des produits du niébé est calculé selon le même mode de raisonnement que pour le mil (transport par charrette, section 2.5, point 13), c'est-à-dire que le temps de travail du transport est dépendant des rendements. Le calcul est basé sur les suppositions suivantes: pour la technique semi-intensive il est possible de transporter 300 kg dth<sup>-1</sup> de gousses et 600 kg dth<sup>-1</sup> de fanes; pour la technique intensive il est possible de transporter 400 kg dth<sup>-1</sup> de grains et 600 kg dth<sup>-1</sup> de fanes. Le tableau 6.3 donne les temps de transport calculés pour les différentes activités du niébé. Nous considérons que le temps de stockage des grains et des fanes est compris dans le temps de transport de ces produits (de Frahan *et al.*, 1989). Pour le sol C1 en zone pluviométrique I, le temps de transport de la technique semi-intensive est de 6 dth ha<sup>-1</sup> et pour la technique intensive, il est de 8 dth ha<sup>-1</sup>.

## 13. Ecosage et vannage

L'écosage et le vannage du niébé doit être fait prudemment pour ne pas briser les grains, ce qui en diminue leur valeur et leurs possibilités de conservation (Arnon, 1972). En année normale, l'écosage du niébé est différé après les récoltes. Sachant que l'écosage et le vannage des gousses de niébé est plus rapide que le battage et le vannage du mil (section 2.5, point 13), nous l'assimilons en temps de travail au battage et au vannage du sorgho de décrue (section 4.5, point 11). Cela signifie que nous supposons que le temps de travail de l'écosage et du vannage du niébé est de 75 kg dth<sup>-1</sup> de grains écosés. Les temps de travaux calculés de

l'écossage et du vannage du niébé sont donnés au tableau 6.5 selon les différentes activités du niébé. Pour le sol C1 en zone pluviométrique I, le temps de l'écossage et du vannage de la technique semi-intensive est de 6 dth ha<sup>-1</sup> et pour la technique intensive, il est de 14.5 dth ha<sup>-1</sup>.

Les besoins totaux en main-d'oeuvre pour la technique semi-intensive au sol C1 en ZP I sont de (81.5 dth + 4 At) ha<sup>-1</sup> et pour la technique intensive ils sont de (129.5 dth + 8 At) ha<sup>-1</sup> ainsi que montré au tableau 6.6.

## 6.6 Intrants monétaires

### 6.6.1 Amortissements

#### 1. Charrue

Comme pour le mil (sous-section 2.6.1, point 1), l'amortissement des charrues utilisées en technique semi-intensive est de 1 670 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. En technique intensive, il est de 5 260 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 2. Petit matériel

Comme pour le mil (sous-section 2.6.1, point 2), l'amortissement du petit matériel est de 1 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et de 1 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

#### 3. Pulvérisateur

Comme pour le mil (sous-section 2.6.1, point 3), l'amortissement du pulvérisateur est de 1 200 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour les deux techniques.

L'amortissement total s'élève à 3 870 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et à 7 960 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

### 6.6.2 Coûts des opérations

#### 1. Semences

Mille graines de niébé pèsent en moyenne 195 g, valeur allant de 90 à 300 g (Purseglove, 1974; RFMC, 1980; Sinha, 1980). Selon de Frahan *et al.* (1989), la distance de plantation recommandée pour un niébé du type "TN 88-63" est de 80 \* 40 cm, ce qui fait 31 250 poquets par ha. En général, il est admis qu'il faut 3 graines par poquet (RFMC, 1980) mais par mesure de sécurité, nous faisons comme s'il y avait 5 graines par poquet. Donc la dose de semis du niébé est arrondie à 35 kg ha<sup>-1</sup>. Cela représente 2 630 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour les deux techniques.

## 2. Pesticides

Le niébé, plus que beaucoup d'autres cultures, est très parasité du semis au grenier. La floraison et la grenaison sont les deux moments où les attaques sont les plus fortes. Lors du stockage dans les greniers, il y a également des pertes parfois énormes, si non totales (Arnon, 1972; Purseglove, 1974; Messiaen, 1975; FAO & DANIDA, 1977; Sidibé & Vuong, 1980). Il est constaté que plus les productions sont élevées et plus les pertes sont importantes. Arnon (1972) remarque que beaucoup d'expériences de fertilisation sur le niébé sont invalidées par le fait que les pertes dues aux pestes évoluent dans le même sens que les réponses des cultures aux engrais. Arnon (1972) conclut: "thus fertilizers can be fully effective only if diseases and pests are controlled". Il est très souvent admis que, pour le niébé, l'emploi de pesticides est rentable étant donné les forts accroissements des rendements suite à leur emploi. De Frahan *et al.* (1989) donne que le "TN 88-63" cultivé convenablement dans sa zone d'adaptation produit 760 kg ha<sup>-1</sup> avec insecticide contre 50 ou 100 kg ha<sup>-1</sup> sans leur emploi. Cet auteur donne également des valeurs obtenues, au Mali, lors d'essais de traitements phytosanitaires: l'augmentation moyenne des rendements en grains de niébé est de 385%, valeur allant de 105 à 1 000%.

Au Mali, Hulet (1983b) a observé peu de maladies cryptogamiques, si ce n'est *Choanephora spp.* sur gousses lors d'épisodes pluvieux. Il a constaté une très forte augmentation des populations d'insectes au cours du déroulement de la saison de croissance. Donc sans emploi d'insecticides, plus les floraisons sont tardives et moins elles ont de chance d'arriver à maturité. Selon cet auteur, les insectes responsables de graves dommages sont par ordre décroissant d'importance: les thrips (*Megalurothrips sjostedti* ou *Sericothrips occipitalis*) qui détruisent les bourgeons floraux; une pyrale (*Maruca testulalis*) dont la larve fore les jeunes tiges, les hampe florales, les jeunes gousses et dévore les bourgeons floraux ainsi que les fleurs; plusieurs méloïdes, dont *Mylabris bizonata*, qui dévorent les fleurs; plusieurs punaises, dont *Anoplocnemis curvipes*, *Dysdercus supersticiosus*, *Nezera viridula*, qui piquent les jeunes gousses ce qui provoquent leur nécrose et chute; la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*) dont la larve infeste les grains dès les champs et qui occasionne des dégâts considérables lors du stockage; divers sauteriaux omniprésents durant toute la croissance ainsi que divers diptères. Il signale aussi le phanérogame parasite qu'est *Striga gesneroides* mais dont la présence est très faible et apparemment de peu d'effet. Signalons que le niébé a parfois la réputation d'attirer les caméléons, ce qui n'est pas étonnant vu la richesse en insectes des champs, non traités, de niébé. Selon Sinha (1980), le niébé, en de bonnes conditions de croissance et avec usage de pesticides, tend à avoir un comportement déterminé, ce qui regroupe la récolte. Donc pour notre étude, nous admettons comme impératif l'emploi des insecticides. Pour la protection des semis, il faut 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (sous-section 2.6.2, point 2). Pour la protection des cultures, il faut 9 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (3 pulvérisations de 0.5 l de produit à 6 000 FCFA l<sup>-1</sup>) pour la technique semi-intensive et 12 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (4 pulvérisations) pour la technique intensive. Les coûts de protection des stocks ne sont pas inclus dans cette étude. Donc les coûts des pesticides sont de 9 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et de 12 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

Les intrants monétaires totaux sont de 16 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et de 23 090 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

## 6.7 Besoins en boeufs

Suite à l'usage de la traction animale, des boeufs de labour sont comptabilisés dans les intrants (section 2.7). Pour la technique semi-intensive, ils sont de 0.33 ox ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> et pour la technique intensive, ils sont de 0.75 ox ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 6.8 Tableau des intrants-extrants

Les intrants et les extrants quantifiés pour les deux techniques de production du niébé sont listés au tableau 6.6.

Tableau 6.6. Tableau des intrants-extrants des techniques de production de niébé sur sol C1.

CARACTERISTIQUE	SEMI-INTENSIVE	INTENSIVE
Traction animale	+	+
Fumure organique	-	+
Fumure minérale	+	+
Jachère	+	-
<b>INTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>		
JACHERE/FUMIER/ENGRAIS		
Ratio ans jachère/ an de culture [-]		
Fumier [kg MS]	3	-
Engrais N [kg]	-	1 130
Engrais P [kg]	6	43
Engrais K [kg]	-	19
		56
BESOINS EN MAIN-D'OEUVRE <sup>a</sup> [dth]		
6 Nettoyage des champs	5	1
1 Transport & épandage fumier*	-	8
1 Fumure de fond	1	1
1 Préparation du sol	4.+ 2 At	12.+ 6 At
1 Semis	5	5
2 Sarclage 1	10.+ 2 At	10.+ 2 At
2 Pulvérisation 1	0.5	0.5
3 Sarclage 2	12	12
3 Pulvérisation 2	1	1.5
3 Récolte*	31	56
4 Transport*	6	8
6 Ecossage & vannage*	6	14.5
Total	81.5 + 4 At	129.5 + 8 At
INTRANTS MONETAIRES [FCFA]		
Amortissement		
Charrue	1 670	5 260
Petit matériel	1 000	1 500
Pulvérisateur	1 200	1 200
total partiel	3 870	7 960
Coûts des opérations		
Semences	2 630	2 630
Pesticides	9 500	12 500
total partiel	12 130	15 130
Total	16 000	23 090
BESOINS EN BOEUFs [ox]	0.33	0.75
<b>EXTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]<sup>b</sup></b>		
Grain (écossé) [kg MS]	750	1 540
Fane + cosses <sup>c</sup> [kg MS]	1 700	2 500

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

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

c) Le taux moyen de N est de 16.3 et 21.6 g kg<sup>-1</sup> respectivement pour les techniques semi-intensive et intensive.

\*) Varie en fonction de l'activité, voir tableau 6.5.

## 7. ARACHIDE

(P.A. Gosseye)

### 7.1 Introduction

Par arachide, nous entendons *Arachis hypogaea*. Les autres noms vernaculaires en français sont: cacahuète, pistache de terre. Les noms vernaculaires en anglais sont: groundnut, peanut, monkeynut (Van Den Abeele & Vandemput, 1956; Arnon, 1972; Purseglove, 1974; Ashley, 1984).

C'est une plante de pays chauds (de 25 à 35 °C) qui est cultivée, des zones semi-arides aux zones humides (de 400 à 1 200 mm a<sup>-1</sup>) et qui, bien que croissant sur beaucoup de types de sol, préfère les sols intermédiaires à légers bien drainants. Sa réputation de résistance à la sécheresse dépend du cultivar et du type de pluies, c'est-à-dire non seulement de leur total mais aussi de leur répartition (Mauboussin *et al.*, 1970; RFMC, 1980; Sinha, 1980; Ashley, 1984).

Le premier but de cette culture est la production de graines qui sont oléagineuses. Elles sont consommées entières sous diverses formes (arachide de bouche, arachide de confiserie) ou sous forme de pâtes. De l'huile en est extraite (arachide d'huilerie) et les tourteaux d'extraction servent à l'alimentation du bétail. Le deuxième but de cette culture est l'emploi des fanes comme aliment de bonne valeur pour les animaux. Les coques (les cosses des gousses) peuvent servir de combustible ou de paillage aux cultures (Van Den Abeele & Vandemput, 1956; Arnon, 1972; Purseglove, 1974; Ashley, 1984).

Les cultivars recommandés pour la Région, plus exactement pour le sud de la Région, sont "55-437" et "47-10" qui sont tous les deux de type "Spanish" (*Arachis hypogaea* ssp. *fastigiata* var. *vulgaris*), de port érigé, de cycle de 90 d de longueur et non dormant. Le cultivar "55-437" est réputé résistant à la sécheresse et a des besoins pluviométriques estimés allant de 350 à 500 mm a<sup>-1</sup> tandis que "47-10", qui est destiné à la confiserie, a des besoins pluviométriques estimés allant de 550 à 750 mm a<sup>-1</sup> (Mauboussin *et al.*, 1970; RFMC, 1980; Ashley, 1984; de Frahan *et al.*, 1989).

Dans la Région, la culture de l'arachide est très liée à celle du mil mais elle n'est considérée que comme une culture secondaire.

Avant de définir les techniques de production de l'arachide utilisées par le modèle-PL, il est nécessaire de clarifier très brièvement certains points.

L'arachide est peu cultivée en association avec le mil, bien que cela se fasse parfois dans la Région, ainsi que dans d'autres terroirs agricoles (Arnon, 1972; Baker, 1978; Reddy & Willey, 1981; Gregory & Reddy, 1982; Nambiar *et al.*, 1983). Par contre, en plus des champs emblavés en cultures pures, de petites parcelles d'arachides pures imbriquées dans les champs de mil se rencontrent et sont souvent assimilées à des cultures en association.

Comme pour le niébé (section 6.1), il est considéré pour le modèle-PL que l'arachide est cultivée en culture pure.

Sans entrer dans les spécificités de l'association symbiotique de l'arachide (Arnon, 1972; Purseglove, 1974; Ashley, 1984), nous pouvons dire que les apports en azote pour l'arachide répondent in fine aux mêmes principes que pour le niébé (section 6.1).

L'arachide a la réputation d'être imprévisible quant à ses réponses aux apports d'engrais. Cependant, elle est très exigeante en éléments nutritifs pour produire de forts rendements. Il semblerait que l'absence de réponse à certains apports serait due, entre autres, au fait que l'équilibre alimentaire de cette plante n'est pas réalisé. Le mode de placement des engrais influencerait également les réponses de l'arachide.

Pour assurer de bons rendements, l'arachide est exigeante en azote, en phosphore, souvent en carence dans les zones semi-arides, en potassium, en calcium, surtout en climat sec, en soufre et en autres éléments secondaires ainsi qu'en oligo-éléments.

Cependant, en plus de sa gourmandise, l'arachide peut aussi être très frugale. Elle a une excellente capacité d'extraction des éléments nutritifs due, entre autres, à sa capacité de faire des symbioses avec des mycorrhizes. De ce fait, elle est souvent utilisée non plus pour produire de forts rendements mais pour mettre en valeur des sols peu aptes ou devenus inaptes à porter d'autres cultures. Autrement dit, c'est une culture épuisante ("soil nutrient-depleting crop") qui est utilisée parfois pour miner les stocks en éléments nutritifs peu accessibles ou pour saper les dernières réserves. Comme de plus, quasi toutes les productions sont exportées des champs, elle est donc réputée défavorable à la conservation de la fertilité des sols.

Il est souvent admis que le mode d'épandage de la fumure appliquée à l'arachide est important et que ses besoins en éléments nutritifs doivent être satisfaits, non seulement, lors de sa culture mais également tout au long de la rotation. Comme la contrainte de rotation n'est pas incluse dans le modèle-PL, nous considérons que les apports d'éléments minéraux se font au début de sa culture, avant les labours (Piéri, 1971; 1986; Arnon, 1972; Jenny, 1973; 1974; Purseglove, 1974; Bromfield, 1975; Poulain, 1976; FAO & DANIDA, 1977; Thibout & Kéita, 1978; RFMC, 1980; SAFGRAD, 1981; Bertrand *et al.*, 1982; Ashley, 1984).

Parmi toutes les techniques possibles de production de l'arachide, nous pourrions retenir trois techniques, en culture pure, selon les quatre critères retenus pour définir une technique de production (section 2.1).

### Niveau extensif

Au niveau extensif, il est possible de produire de l'arachide sans utilisation de la culture attelée, sans application de fumures organiques, sans épandage de fumures minérales et en employant la jachère pour assurer la durabilité de la technique.

Cette première technique, comme pour le niébé, n'est pas retenue pour le modèle-PL (section 6.1). Cette façon de procéder est d'actualité, ainsi d'ailleurs que d'autres pratiques extensives. Mais elle n'est pas retenue pour des raisons qui peuvent s'inscrire dans la ligne de pensée de Tourte (1963), nous citons:

"... la fin recherchée n'est pas seulement la conservation du sol mais l'augmentation de sa productivité. Si l'agriculteur doit être le conservateur de son sol, il doit être également et nécessairement le producteur qui se soucie d'accroître ses rendements, ... et d'améliorer ses techniques, son équipement ... l'agriculteur se doit, avec des moyens donnés, de produire le maximum ... En même temps, il appartient au gouvernement de l'aider à se procurer et à accroître ces moyens".

### Niveau semi-intensif

Au niveau semi-intensif, il est possible de produire de l'arachide avec utilisation de la culture attelée, sans application de fumures organiques, avec épandage de fumures minérales (phosphore) et avec emploi d'une très courte jachère.

Cette deuxième technique, comme pour le niébé, est retenue pour le modèle-PL (section 6.1). Elle correspond à la fumure vulgarisée pour l'arachide au Mali (Vallée & Coulibaly, 1978). Cependant, nous admettons comme Poulain (1976) que cette solution simple peut amener à moyen terme, et a fortiori à long terme, une dégradation du potentiel de fertilité des sols. Les solutions simples sont partielles, intermédiaires, provisoires.

### Niveau intensif

Au niveau intensif, il est possible de produire de l'arachide avec utilisation de la culture attelée, sans application de fumures organiques, avec épandage de fumures minérales ternaires et sans emploi de la jachère.

Cette troisième technique, comme pour le niébé, est retenue pour le modèle-PL (section 6.1). Elle correspond à la fumure forte qui serait à vulgariser pour l'arachide au Mali (Vallée & Coulibaly, 1978).

L'arachide produite dans la Région est autoconsommée mais pour le producteur, elle peut être considérée comme culture de rente qui servirait à rentabiliser, même partiellement, les fumures dont les cultures vivrières bénéficieraient des effets résiduels (Piéri, 1973). Cette technique intensive s'inscrit dans la ligne de pensée de Piéri (1985), nous citons:

"De nombreux travaux ... tendent à prouver que seuls les systèmes de cultures intensifiées (thèmes lourds incluant traction animale, variétés améliorées, fumures fortes, rotation) permettraient de maintenir à terme l'équilibre minéral des sols".

Citant toujours cet auteur:

"De même qu'il ne serait pas concevable de préconiser un enrichissement indéfini des sols cultivés, il n'est pas raisonnable de penser qu'il y a un intérêt à appauvrir continuellement un sol".

La problématique particulière de la rotation (succession cyclique dans le temps, à période plus ou moins longue, de plantes sur un même terrain) et de l'assolement (répartition des cultures -et des jachères- d'une exploitation ou d'un groupe d'exploitation dans l'espace, au cours d'une même saison culturale) n'est pas

prise en compte par le modèle-PL. Le lecteur peut se référer, entre autres, à Tourte (1963), Jurion & Henry (1967), Jones (1971; 1973; 1976), Jones & Wild (1975), Piéri (1985).

## 7.2 Environnement

L'arachide est réputée résistante à la sécheresse mais en réalité tout stress hydrique diminue les rendements. La sensibilité au déficit hydrique est particulièrement forte lors de la floraison et de la grenaison (Arnon, 1972; Ashley, 1984). Selon RFMC (1980), toute fleur formée à partir de 20 d avant l'arrêt des pluies ne produit rien. Selon Pandey *et al.* (1984), les stress hydriques provoquent sur l'arachide, ainsi que sur le niébé, une diminution du nombre de gousses, une diminution du nombre de grains par gousse (les gousses tendent à être monoculaires dès que les conditions de croissance ne sont plus favorables) et une faible diminution du poids des graines. De plus, l'indice de récolte diminue linéairement avec l'augmentation du stress.

L'arachide est cultivée des zones semi-arides aux zones humides, soit de 400 à 1 200 mm a<sup>-1</sup>. Mais le choix du cultivar dépend de la pluviométrie (Mauboussin *et al.*, 1970; RFMC, 1980; Sinha, 1980). Selon Van Den Abeele & Vandenput (1956), l'arachide a besoin au minimum de 500 mm a<sup>-1</sup>, ce qui n'empêche pas qu'elle est cultivée jusque sous des pluviométries de 250 ou 300 mm a<sup>-1</sup>. Selon Arnon (1972), le minimum pluviométrique se situe vers 550 mm a<sup>-1</sup>. Selon Purseglove (1974), l'arachide a besoin au minimum de 500 mm a<sup>-1</sup>. Selon Dancette (1970; 1979), les arachides hâtives (90 d) ont besoin de 420 mm pour assurer un cycle, ce qui veut dire que la pluviométrie doit être supérieure à cette valeur. Selon Ashley (1984), les types "Spanish" nécessitent de 450 à 600 mm a<sup>-1</sup>, 450 mm a<sup>-1</sup> étant le minimum nécessaire à l'arachide. Mais l'arachide a besoin d'une période sèche pour achever la maturation de ses gousses, surtout si le cultivar est non dormant, ce qui est le cas de "55-437".

Etant donné ces considérations, nous estimons que pour les deux techniques retenues pour le modèle-PL, où des engrais sont épandus, seuls les zones agro-écologiques du Sourou et du Séno Bankass conviennent, c'est-à-dire la zone pluviométrique I (tableau 2.1). Il est possible de produire de l'arachide dans la zone pluviométrique II et au sud de la III mais les rendements deviennent de plus en plus faibles et aléatoires.

L'arachide croît sur presque n'importe quel type de sol. Mais les sols argileux sont à éviter ainsi que les sols qui peuvent subir un engorgement suite à leur texture ou leur position topographique. En effet, l'arachide ne supporte pas l'excès d'eau. Les meilleurs résultats s'obtiennent sur limons sableux bien drainants et aérés. La qualité des sols n'intervient pas seulement pour la croissance de l'arachide mais aussi pour l'établissement des gynophores ("pegs") qui sont géocarpiques: non seulement les gynophores doivent pénétrer le sol, ce qui influence la fructification, la grenaison et la qualité du produit, mais ils doivent aussi être récupérés sous forme de gousse à maturité sans difficultés et pertes excessives. Le pH doit être légèrement acide (de 6.0 à 6.4) mais pas inférieur à 5.0 sous peine de toxicité alu-

minique; il ne doit pas être alcalin (Arnon, 1972; Piéri, 1976; 1986; FAO & DANIDA, 1977; RFMC, 1980; Ashley, 1984).

Pour le modèle-PL, nous ne considérons que les sols C1 soit les limons sableux (CABO C1 = PIRT DA1, DA2, DA3, DA4, DA5, PS2 et PS3) qui dans le Sourou représentent 2 327 km<sup>2</sup> et dans le Séno Bankass 3 866 km<sup>2</sup>.

### 7.3 Rendement

Selon Sinha (1980) et Ashley (1984), la moyenne mondiale des rendements-coques oscille entre 800 et 900 kg ha<sup>-1</sup>. Ce dernier auteur signale que des rendements de 6 000 kg ha<sup>-1</sup> ont été obtenus en conditions expérimentales optimales.

Les rendements-cibles en gousses (grains + coques), en années normales, sont de 750 kg ha<sup>-1</sup> (525 + 225) pour la technique semi-intensive et de 1 375 kg ha<sup>-1</sup> (960 + 415) pour la technique intensive. En années sèches, ils sont respectivement de 125 (85 + 40; 17% d'une année normale) et de 250 kg ha<sup>-1</sup> (175 + 75; 18% d'une année normale).

Selon Mauboussin *et al.* (1970), le rendement maximal au décorticage de "55-437" est de 75%. Selon RFMC (1980), le rendement au décorticage de l'arachide va de 65 à 73%. Selon Ashley (1984), la valeur moyenne du ratio grains/gousses est de 0.70 et c'est cette valeur qui est retenue pour notre étude.

En années normales, les rendements en fanes sèches d'arachide sont de 920 kg ha<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive. Cette valeur est calculée sur la base d'un indice de récolte de 0.45. Ils sont de 1 125 kg ha<sup>-1</sup> pour la technique intensive, sur la base d'un indice de récolte de 0.55.

En années sèches, Les rendements en fanes sèches d'arachide sont de 727 kg ha<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et de 889 kg ha<sup>-1</sup> pour l'intensive. Ces valeurs sont basées sur la même diminution que celle obtenue pour les fanes de niébé en zone pluviométrique I sur sol C1, à savoir que les rendements en fanes en années sèches représentent 79% de ceux obtenus en années normales.

### 7.4 Besoins en éléments nutritifs

Selon les résultats d'une revue de la littérature faite par van Duivenbooden (1990a), les teneurs minimales [g kg<sup>-1</sup>] en N, en P et en K sont dans les grains respectivement de 43.2, de 22.2 et de 6.0. Dans les coques elles sont respectivement de 7.0, de 0.4 et de 4.0. Dans les fanes elles sont respectivement de 11.6, de 1.0 et de 3.4.

### 7.5 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

Le calendrier de culture de l'arachide est très semblable à celui du mil. De plus, le cultivar le mieux adapté à la Région, en zone pluviométrique, I est de 90 d ("55-437" selon de Frahan *et al.*, 1989). Donc, la culture du mil et celle de l'arachide sont en compétition tout au long de la saison de croissance.

### 1. Nettoyage

Le temps de nettoyage de la jachère en tête de rotation est de 20 dth ha<sup>-1</sup> et les cultures qui suivent n'ont donc besoin que d'un simple nettoyage demandant 1 dth ha<sup>-1</sup>. En appliquant le même raisonnement que pour le mil (section 2.5, point 1), le temps moyen de nettoyage d'une succession normale d'arachide est fixé à 5 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et à 1 dth ha<sup>-1</sup> pour l'intensive.

### 2. Préparation des semences

Avant de semer, il faut enlever les grains des coques vu que l'arachide est conservée en coque. Selon Arnon (1972) et RFMC (1980), ce décorticage doit se faire le plus soigneusement possible et au moment le plus proche du semis, soit maximum 10 d avant. En effet, les semences oléagineuses sont très sensibles aux pathogènes, sensibilité qui augmente avec les blessures, même très légères. Selon van Heemst *et al.* (1981) cette opération demande 6 dth ha<sup>-1</sup>. Selon RFMC (1980) ce décorticage demande 15 kg dth<sup>-1</sup>.

Pour le modèle-PL, nous utilisons, avec une marge de sécurité, 100 kg ha<sup>-1</sup> de semences (grains décortiqués). Donc, il faut 6.5 dth ha<sup>-1</sup>, en considérant que le nettoyage des semences, pour éliminer les mauvaises graines, est inclus dans cette valeur.

### 3. Transport et épandage du fumier

Pour notre étude, il n'y a pas d'application de fumures organiques sur l'arachide.

### 4. Epandage de la fumure de fond

Pour la technique semi-intensive, le temps d'épandage de la fumure phosphatée de fond est fixé à 1 dth ha<sup>-1</sup>.

Pour la technique intensive, le temps d'épandage de la fumure de fond complète est fixé à 1 dth ha<sup>-1</sup> (section 2.5, point 3).

### 5. Préparation du sol

Pour l'arachide un bon labour, si possible profond, est très important et souvent très rentable (amélioration du bilan hydrique, croissance racinaire et implantation des gynophores). Il se fait à plat. Le billonnage en général n'est pas utile, sauf sur les sols très superficiels ou trop lourds. De plus, pour les cultivars érigés, dont le "55-437" fait partie, il est même néfaste car il défavorise l'implantation des gynophores dans le sol (Arnon, 1972; Purseglove, 1974; Chopart & Nicou, 1976; Vallée & Coulibaly, 1978; RFMC, 1980).

Pour les deux techniques, le temps de travail de la préparation du sol est fixé à un labour à plat (section 2.5, point 4) sur toute la surface du champ. Donc, il est de (8 dth + 4 At) ha<sup>-1</sup>.

## 6. Semis

Des semis denses sont recommandés pour l'arachide afin de prévenir la rosette et regrouper la production. La densité pour un type hâtif est de  $40 * 15$  cm avec une (ou deux) semences par poquet (Van Den Abeele & Vandenput, 1956; Purseglove, 1974; Konaté & Boiré, 1980; RFMC, 1980).

Selon van Heemst *et al.* 1981, le temps de travail pour le semis de l'arachide est de  $11 \text{ dth ha}^{-1}$ . Cette valeur a été utilisée dans le modèle-PL.

## 7. Premier sarclage

Les sarclages sont très importants pour l'arachide. Elle est sensible à la compétition des adventices et, pour assurer de bons rendements, il est important d'améliorer le bilan hydrique. Le premier sarclage doit avoir lieu dès le 15e jour après le semis (Arnon, 1972; RFMC, 1980). Le désherbage chimique n'est pas pris en compte (Deuse & Hernandez, 1980).

Pour les 2 techniques, le temps de travail est de  $(10 \text{ dth} + 2 \text{ At}) \text{ ha}^{-1}$  (section 2.5, point 6).

## 8. Epannage de la fumure de couverture

Dans cette étude, il n'y a pas de fumure de couverture. Le phosphore et le potassium doivent toujours être mis au début du cycle et l'azote est pour l'arachide un starter qui est également mis au début du cycle.

## 9. Deuxième sarclage

Un deuxième sarclage est nécessaire à l'arachide. Non seulement, il sert les mêmes buts que le premier, mais il favorise aussi l'implantation des gynophores par ameublissement du sol. Ce deuxième sarclage se fait en début de floraison, soit de 30 à 40 jours après le semis. Il ne peut plus y avoir de sarclage après le début de la fructification sous peine d'endommager les jeunes fruits et ainsi diminuer les rendements (Van Den Abeele & Vandenput, 1956; RFMC, 1980).

Le deuxième sarclage, comme pour le mil (section 2.5, point 9), ne peut pas être exécuté à l'aide de la traction animale sous peine de détériorer la culture. Donc pour les deux techniques, le temps de travail du deuxième sarclage est fixé à  $12 \text{ dth ha}^{-1}$ .

## 10. Pulvérisation de pesticides

Pour la technique semi-intensive, nous admettons 2 pulvérisations, donc il faut  $1.0 \text{ dth ha}^{-1}$ . Pour la technique intensive, nous admettons 3 pulvérisations, donc il faut  $1.5 \text{ dth ha}^{-1}$ .

## 11. Récolte

La récolte de l'arachide se fait lorsque les 2/3 des gousses sont mûres. Si elle est faite trop tôt, il y a trop de produit immature dont une grande partie est irrécupérable et dont le reste est de médiocre qualité et de mauvaise conservation. Si elle est faite trop tard, les pertes dans les champs sont très importantes. Après l'arrachage et avant la cueillette des gousses, il est nécessaire de sécher les plantes rapidement, mais pas trop brutalement, et si possible à l'ombre. Il est impératif d'éviter toutes les pourritures possibles. La qualité du travail à la récolte influence non seulement la valeur des produits finaux (grains et fanes) mais aussi les possibilités d'attaques par le cryptogamme producteur d'aflatoxine (Van Den Abeele & Vandenput, 1956; Arnon, 1972; Purseglove, 1974; RFMC, 1980).

Nous n'admettons pas le battage des plantes séchées pour séparer les gousses parce que nous voulons récupérer le sous-produit de valeur que sont les fanes.

La récolte de l'arachide comprend deux composantes: l'arrachage des plantes puis la cueillette des gousses. Pour l'arrachage, nous estimons que le temps de travail est de 18 dth ha<sup>-1</sup> et que cette valeur ne varie pas avec les rendements vu que, quels qu'ils soient, il faut les enlever du sol. Pour la cueillette des gousses nous admettons, selon van Heemst *et al.* (1981), que le temps de travail est de 24 dth par 750 kg de gousses. Sur cette base, nous calculons les besoins en main-d'oeuvre pour la récolte de l'arachide selon les rendements.

Donc la récolte demande 42 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et 62 dth ha<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

## 12. Transport

Le temps nécessaire pour le transport des produits de l'arachide est calculé selon le même mode de raisonnement que pour le mil (transport par charrette, section 2.5, point 13). Il est basé sur les suppositions suivantes: pour la technique semi-intensive il est possible de transporter 300 kg dth<sup>-1</sup> de gousses et 600 kg dth<sup>-1</sup> de fanes; pour la technique intensive il est possible de transporter 400 kg dth<sup>-1</sup> de gousses et 700 kg dth<sup>-1</sup> de fanes.

Donc, pour la technique semi-intensive, le transport demande 2.5 dth ha<sup>-1</sup> pour les gousses et 1.5 dth ha<sup>-1</sup> pour les fanes, soit un total de 4 dth ha<sup>-1</sup>. Pour la technique intensive, il est de 3.5 dth ha<sup>-1</sup> pour les gousses et de 1.5 dth ha<sup>-1</sup> pour les fanes, soit un total de 5 dth ha<sup>-1</sup>.

Le décorticage et le vannage de l'arachide ne sont pas pris en compte pour le modèle-PL.

Les besoins totaux en main-d'oeuvre, pour la technique semi-intensive, sont de (100.5 dth + 6 At) ha<sup>-1</sup> et, pour la technique intensive, ils sont de (118 dth + 6 At), ha<sup>-1</sup> ainsi que montré au tableau 7.1.

## 7.6 Intrants monétaires

### 7.6.1 Amortissement

#### 1. Charrue

Selon le même mode de calcul que pour le mil (sous-section 2.6.1, point 1), l'amortissement annuel des charrues utilisées en technique semi-intensive est fixé à 2 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> et à 3 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

#### 2. Petit matériel

Comme pour le mil (sous-section 2.6.1, point 2), l'amortissement annuel du petit matériel est de 1 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et de 1 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

#### 3. Pulvérisateur

Comme pour le mil (sous-section 2.6.1, point 3), l'amortissement annuel du pulvérisateur est de 1 200 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour les deux techniques.

L'amortissement annuel total est de 4 700 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et de 6 200 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

### 7.6.2 Coûts des opérations

#### 1. Semences

Nous considérons une dose de semence de 100 kg ha<sup>-1</sup> (section 7.5, point 2) mais, par mesure de sécurité, nous basons les coûts sur 120 kg ha<sup>-1</sup>. Cela représente 170 kg de gousses à 75 FCFA kg<sup>-1</sup>, donc 13 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 2. Pesticides

L'arachide est sensible aux parasites du semis au grenier. La qualité du stockage influence aussi très fortement les teneurs en aflatoxines (Arnon, 1972; Purseglove, 1974; Diallo & Vuong, 1980; RFMC, 1980; SRCVO, 1980; de Frahan *et al.*, 1989). Ainsi, pour obtenir les rendements-cibles, il est nécessaire de protéger cette culture par l'emploi de pesticides.

Pour la protection des semis, il faut 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (sous-section 2.6.2, point 2). Pour la protection des cultures, il faut 6 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive (2 pulvérisations; sous-section 2.6.2, point 2) et il faut 9 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive (3 pulvérisations). Les coûts de protection des stocks ne sont pas inclus dans cette étude.

Les coûts totaux des pesticides ainsi utilisés sont de 6 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et de 9 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

Les coûts des opérations de la technique semi-intensive sont de 19 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> et de 22 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour l'intensive.

Les intrants monétaires totaux sont de 24 200 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et de 28 700 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

## **7.7 Besoins en boeufs**

Suite à l'usage de la traction animale, des boeufs de labour sont comptabilisés dans les intrants (section 2.7). Pour la technique semi-intensive, ils sont de 0.50 ox ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> et pour la technique intensive, ils sont de 0.50 ox ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## **7.8 Tableau des intrants-extrants**

Les intrants et les extrants quantifiés pour les deux techniques de production de l'arachide sont présentés au tableau 7.1.

Tableau 7.1. Tableau des intrants-extrants des techniques de production de l'arachide sur sol C1.

CARACTERISTIQUES	SEMI-INTENSIVE	INTENSIVE
Traction animale	+	+
Fumure organique	-	-
Fumure minérale	+	+
Jachère	+	-
<b>INTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>		
<b>JACHERE/FUMIER/ENGRAIS</b>		
Ratio ans jachères/ an de culture [-]	2	-
Fumier [kg MS]	-	-
Engrais N [kg]	-	37
Engrais P [kg]	3	11
Engrais K [kg]	-	21
<b>MAIN-D'OEUVRE<sup>a</sup> [dth]</b>		
6 Nettoyage	5	1
1 Préparation des semences	6.5	6.5
1 Fumure de fond	1	1
1 Préparation du sol	8.+4 At	8.+4 At
1 Semis	11	11
2 Sarclage 1	10.+ 2 At	10.+ 2 At
3 Sarclage 2	12	12
3 Pulvérisation de pesticides	1	1.5
4 Récolte	42	62
6 Transport	4	5
<b>Total</b>	<b>100.5 + 6 At</b>	<b>118.+ 6 At</b>
<b>INTRANTS MONETAIRES [FCFA]</b>		
<b>Amortissement</b>		
Charrue	2 500	3 500
Petit matériel	1 000	1 500
Pulvérisateur	1 200	1 200
<b>total partiel</b>	<b>4 700</b>	<b>6 200</b>
<b>Coûts des opérations</b>		
Semences	13 000	13 000
Pesticides	6 500	9 500
<b>total partiel</b>	<b>19 500</b>	<b>22 500</b>
<b>Total</b>	<b>24 200</b>	<b>28 700</b>
BOEUFS [ox]	0.50	0.50
<b>EXTRANTS [ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]<sup>b</sup></b>		
Grain non-écossé [kg MS]	750	1 375
Fanes sans cosses <sup>c</sup> [kg MS]	920	1 125

a) Les chiffres figurant devant les opérations font référence à la période de l'année (sous-section 1.3.1).

b) Pour une année normale dans la zone pluviométrique I (530 mm).

c) Le taux moyen de N est de 15.1 g kg<sup>-1</sup> pour la technique semi-intensive et de 19.7 g kg<sup>-1</sup> pour la technique intensive.

## 8. CULTURE MARAÎCHÈRE

(P.A. Gosseye)

### 8.1 Introduction

- Par culture maraîchère, il est entendu toutes les cultures de contre-saison qui:
- nécessitent des apports d'eau, c'est-à-dire dépendent d'une irrigation au sens large du mot;
  - sont pratiquées sur des superficies relativement restreintes;
  - reçoivent des fumures très élevées, comparativement aux autres cultures;
  - sont à haut taux de travail.

Cette définition est plus générale que la compréhension stricte de culture de légumes anciennement pratiquée dans les marais aménagés.

La culture maraîchère a essentiellement un but commercial et n'est que très peu destinée à l'autoconsommation, dans la Région. C'est donc une culture de rente dont le produit permet d'effectuer des achats pour améliorer l'ordinaire ou pour assurer la survie ainsi que de payer les impôts et parfois même de capitaliser, en animaux, des éventuels surplus en prévision des mauvais jours ou d'événements sociaux et sociologiques.

Du fait que les produits sont commercialisés, ceux, frais ou transformés, presque toujours en sec, supportant le mieux de mauvaises conditions de transport ou de stockage, sont de préférence choisis, tels l'échalote, le manioc, la patate douce ou le tabac. Les cultures maraîchères qualifiées de "traditionnelles" ont été adoptées, il y a plus ou moins longtemps, car elles répondent à ces exigences. Les produits périssables, tels que la laitue et la tomate, ne peuvent se développer que s'il existe un marché dans les environs immédiats, aisément accessible et susceptible d'absorber ces produits. Les cultures dites "modernes" sont souvent périssables. Leur expansion est donc soumise à l'évolution des conditions de marché à savoir l'accessibilité dans de bonnes conditions et la modification des habitudes alimentaires.

Finalement, les cultures "traditionnelles" sont toutes multipliables par les producteurs. Parmi les cultures "modernes", ce sont celles dont les semences sont autoreproductibles qui sont d'abord de préférence choisies. Pour la Région, l'évolution des cultures maraîchères semblerait avoir été très lente jusqu'en 1970 où elle se serait amorcée. Vers les années 1980, elle se serait accélérée, surtout depuis 1985 (annexe A4.1).

Nous ne décrivons pas toutes les cultures horticoles séparément et nous ne suivrons pas la répartition habituelle des cultures maraîchères en légumes feuilles, légumes fruits et légumes racines. Pour des raisons pratiques, nous avons choisi de regrouper les cultures maraîchères en deux activités de production:

- une première activité dénommée "échalote";

- une autre dénommée "autres cultures" incluant tout le reste; cependant, cette activité "autres cultures" peut être subdivisée en féculents, légumes divers, maïs, tabac et tomate, ce qui permet de réaliser une agrégation pondérée sur la base des informations disponibles.

Par activité, de brèves précisions seront apportées quant aux dénominations des plantes rencontrées le plus fréquemment en cultures maraîchères dans la Région (Cérighelli, 1955; Tindall, 1968; Terra, 1973; Messiaen, 1974; 1975; Purseglove, 1974; 1975; RFMC, 1980; De Bon, 1983; 1984; Yamaguchi, 1983; Technisem, 1986; 1987; Van Damme, 1986; Beniest *et al.*, 1987; Dupriez & De Leener, 1987; Rice *et al.*, 1986; Doumbia, 1988).

## 8.2 Environnement

Les cultures maraîchères sont essentiellement dépendantes d'un accès à l'eau d'arrosage. De ce fait, le choix des périmètres potagers est déterminé par la présence d'eau accessible et non pas par la nature des sols, ou par l'exposition, ou par d'autres considérations. La nature du sol n'est donc pas un critère de choix car l'usage intensif des fumures organiques permet, à la longue, d'améliorer la qualité intrinsèque des sols utilisés. Le fumier joue un rôle très important non seulement comme engrais (amélioration des qualités chimiques des sols) mais aussi comme amendement (amélioration des qualités physiques des sols), dont l'effet est augmenté par l'enfouissement des résidus de paillage en fin de cycle. La correction des qualités physiques des sols due au fumier, après quelques années de culture, permet de pallier les imperfections des sols horticoles qui, nous l'avons déjà dit, ne sont pas choisis pour leurs propriétés intrinsèques mais à cause de la proximité de l'eau.

Pour un périmètre donné, la facilité d'exhaure (profondeur de l'eau et moyens d'exhaure) et l'abondance de l'eau détermineront la superficie mise en culture.

Les points d'eau exploités sont les retenues des barrages, les mares naturelles parfois aménagées par surcreusement et/ou amélioration du déversoir, les mares artificielles ("effet ARSEG"), les céanes ("puisards"), soit des surcreusements permettant d'exploiter des nappes à très faible profondeur (fond de mare, inféroflux, nappe perchée), tous les types de puits et forages, les sources qui seraient souvent des résurgences d'inféroflux, les oueds, les marigots, les fleuves et les lacs.

Les cultures maraîchères se retrouvent dans toutes les zones agro-écologiques. Cependant, l'intensité de présence varie très fort d'une zone à l'autre. En effet, la disponibilité en terres arables et en eau, l'accès au marché, les habitudes ainsi que l'augmentation de la densité de population influencent une éventuelle augmentation des superficies horticoles. Ces facteurs sont en perpétuelle évolution.

- Pour le Sourou, la culture maraîchère commence à se développer le long des marigots où des limons argileux (F1 = TH3) sont exploités.
- Pour le Séno Bankass et le Séno Mango, cette culture serait pratiquée le long du Plateau par exploitation des oueds ou de leurs inféroflux résiduels, mais aux autres endroits elles sont rares, vu la profondeur de l'eau. Les sols exploités sont divers mais plutôt lourds, ensablés ou non, vu que ce sont des bas-fonds.

- Pour le Plateau, cette culture vient actuellement en tête de liste par l'intensité de présence: elle semble y être pratiquée depuis très longtemps près des sources mais les nombreux aménagements hydrauliques, surtout les barrages depuis le barrage Griaule datant de 1948, en ont permis une vaste expansion. Les sols exploités seraient surtout des limons argileux (F1 = PL9), souvent enrichis par du sable en surface et des limons sableux gravilloneux (C2 = TR2). Mais d'autres sols sont exploités. Il est important de souligner la création de jardins suspendus en terrasse par apports manuels de terre (PL9) sur des dalles rocheuses (X = X5) et dans des murets en pierres sèches.
- Pour le Delta Central, cette culture était anciennement peu pratiquée, exception faite peut-être des environs de Djenné, mais actuellement elle se développe, surtout autour des centres urbains. Les sols exploités sont lourds du type limoneux (G = TI4) le long des cours d'eau.
- Pour le Méma Dioura, le Bodara, le Hodh et le Méma Sourango, cette culture est quasi inexistante vu la profondeur de l'eau.
- Pour le Gourma, cette culture est toujours été pratiquée dans les parties "collines" (Dyoundé, etc.) où il y a des sources mais elle est en expansion dans les parties "plaines". Les sols exploités sont très variés. Aux pieds des collines, il s'agirait, entre-autre, de limons argileux (F1 = PL9) ensablés, de limons sableux gravilloneux (C2 = TR2) et de cônes de déjections très sableux et caillouteux. En plaine, il s'agirait plutôt de sols lourds, parfois ensablés, des bas-fonds (mares, marigots, nappes perchées).
- Pour la Zone Lacustre, cette culture est pratiquée depuis longtemps comme culture de décrue sur les limons (G = TI7) mais les profondes perturbations actuelles du régime des crues ne jouent pas en sa faveur.

Les superficies actuellement mises sous culture maraîchère sont rarement mesurées ou estimées. Lorsqu'elles le sont, les données sont livrées par unité administrative et leurs présentations varient d'une année à l'autre, ainsi que d'un moment à l'autre dans une même année. Pour les superficies actuelles, nous disposons des mesures de la GTZ/SDA (Projet Vulgarisation Agricole en Pays Dogon, com. pers.) concernant le Cercle de Bandiagara et des estimations de la SAC du Cercle de Douentza (Maïga, 1986) (annexe A4.1). A notre connaissance, il n'existe pas d'estimations, même très hypothétiques, des superficies potentiellement exploitables par l'horticulture. Face à ce vide d'information, nous en sommes réduits à supposer (poser à titre d'hypothèse n'impliquant aucun jugement et servant seulement de point de départ) des superficies potentiellement utilisables par l'horticulture selon les zones agro-écologiques. Ces suppositions présentées au tableau 8.1, sont cependant orientées par les connaissances des ressources en eau de surface facilement accessible et les disponibilités en main-d'oeuvre. Les données provenant des Cercles de Bandiagara et de Douentza servent également (annexe A4.1). Au tableau 8.1, les sols ne sont pas précisés parce que l'eau est le critère de choix et parce que la matière organique employée à forte dose transforme les sols.

En ce qui concerne les superficies indiquées dans ce tableau, nous estimons pour le modèle-PL que les échalotes en représentent au maximum 2/3 et que les autres cultures représentent le restant.

Tableau 8.1. Superficies [ha], supposées potentielles pour l'horticulture selon les onze zones agro-écologiques.

ZONE AGRO-ÉCOLOGIQUE	ha	ZONE AGRO-ÉCOLOGIQUE	ha
1. Sourou	100	7. Gourma	100
2. Séno Bankass	100	8. Bodara	0
3. Plateau	1 300	9. Zone Lacustre	600
4. Delta Central	1 100	10. Hodh	0
5. Méma Dioura	0	11. Méma Sourango	0
6. Séno Mango	20	Total	3 320

0: présence négligeable.

## 8.3 Echalote

### 8.3.1 Description

Le terme "oignon" utilisé dans la Région signifie en réalité "échalote" (*Allium cepa* var. *aggregatum* syn. *A. ascalonicum*, soit "l'oignon dogon" ou "djaba mis-sèni") vu que l'oignon "vrai" est très rarement cultivé (*Allium cepa* var. *cepa* soit "gros oignon" ou "djaba koumbala" ou "toubabou djaba"). Pour ce travail, les termes d'échalote et d'oignon sont distincts et ne sont pas des synonymes. Pour ce travail, l'ail (*Allium sativum*), qui est également cultivé mais en beaucoup moindre mesure, n'est pas pris spécifiquement en compte et les surfaces allouées à cette culture sont attribuées à l'échalote (tableau A4.4).

Le calendrier de culture de l'échalote commence toujours après les récoltes des cultures de saison, soit de fin octobre à fin décembre, selon la situation de ces cultures vivrières qui sont le plus souvent du mil mais si l'endroit est inondé, il peut y avoir du riz.

D'une part, les terres à culture maraîchère sont occupées par des cultures pluviales pour bénéficier des arrières-effets des fumures, d'autre part, peu ou pas de main-d'oeuvre est disponible pour l'horticulture: toute la force de travail est investie dans la récolte des cultures vivrières. Schématiquement nous pouvons dire que:

- en cas d'année pluviométriquement normale, l'horticulture est repoussée dans le temps, ou bien sa superficie est réduite, et elle tend à devenir un moyen d'assurer de meilleures conditions de vie sinon un moyen de capitaliser;
- en cas d'année pluviométriquement sèche, l'horticulture est avancée dans le temps, ne fusse que par la libération plus rapide des terres et de la force de travail, et tend à devenir un moyen d'assurer la subsistance par vente des produits pour acheter des céréales.

En plus de ces contraintes d'occupation des sols et de main-d'oeuvre, il y a le fait que l'échalote, comme beaucoup d'autres cultures horticoles, est une culture de saison froide principalement à cause de la température et de la photopériode.

Il existe 2 méthodes de semis de l'échalote: soit par semis de bulbes, soit par semis de graines (annexe A4.2), ce qui influence la longueur du cycle.

Le cycle de l'échalote, à partir du semis de bulbes, qui est la méthode la plus employée dans la Région, est en général estimé être de 90 à 100 d et Bakker & Traoré (1990) détermine, à partir de 11 mesures que le cycle moyen est de 108 d. Donc pour le modèle-PL nous prenons la valeur de 100 d et fixons que tous les semis se font à partir de bulbes. Théoriquement, si les ressources en eau le permettent et si les semis de bulbes sont précoces, 2 cycles de croissance de l'échalote sont possibles entre octobre et avril (210 d). La GTZ/SDA (com. pers.) estime que pour le Cercle de Bandiagara, 1.5 cycles sont réalisés en moyenne.

Pour l'étude, nous prenons la valeur de 1 cycle de production de l'échalote, cycle valant 100 d à partir de semis de bulbes.

### 8.3.2 Rendement

Les rendements des cultures maraîchères donnés ci-dessous sont exprimés en matière fraîche ou matière verte (MV) vu que c'est le mode habituel d'expression dans ce domaine et vu que les données dans la littérature sont quasi toujours livrées sous cette forme en donnant rarement les taux en matières sèche (MS) qui varient très fort selon le cultivar et le mode de production. Des taux en matière sèche sont cependant donnés pour les besoins de l'étude.

Comme peu de valeurs existent en ce qui concerne l'échalote, nous appuyons également notre argumentation sur les valeurs données pour l'oignon, culture très proche. Messiaen (1975b) donne des rendements en bulbes d'oignons des cultivars "Violet de Galmi" et "Blanc de Soumanara", en cultures habituelles, de 20 t ha<sup>-1</sup>, pouvant atteindre jusqu'à 60 ou 80 t ha<sup>-1</sup> en culture bien conduite. RFMC (1980) donne des rendements en bulbes d'oignon allant de 20 à 70 t ha<sup>-1</sup>. Au Sénégal selon Beniest *et al.* (1987), les rendements en bulbes d'oignons oscillent autour de 20 à 30 t ha<sup>-1</sup>. Selon GTZ/SDA (com. pers.), les rendements en bulbes d'échalote sont de 25 t ha<sup>-1</sup> et les pertes lors de la conservation des bulbes-semences sont de 50%. Traoré (com. pers.) ayant fait une mesure chez un producteur de Boré, obtient le rendement de 59 t ha<sup>-1</sup> de bulbes d'échalote, suite à un semis de graines. Selon Bakker & Traoré (1990), les rendements en bulbes d'échalote sont de 25.7 t ha<sup>-1</sup> (valeur très stable) et de 8.9 t ha<sup>-1</sup> pour les feuilles, valeur allant de 7.8 à 10.6 t ha<sup>-1</sup>.

Pour le modèle-PL, nous retenons des rendements de 26 t ha<sup>-1</sup> de bulbes et de 9 t ha<sup>-1</sup> de feuilles, ce qui donne un rendement total de 35 t ha<sup>-1</sup>.

Les bulbes ont une teneur moyenne en MS de 17.2%, allant de 16.8 à 17.6%. Les feuilles ont une teneur moyenne en MS de 11.3%, allant de 8.7 à 12.6% (Bakker & Traoré, 1990).

Les prix payés aux producteurs d'échalotes fraîches sont très variables. Sur le Plateau, lors de la soudure pour les échalotes de 1988, les prix étaient de 300 FCFA kg<sup>-1</sup> en octobre et de 400 FCFA kg<sup>-1</sup> en décembre. Sur le Plateau, lors de l'écoulement de la production et moment des prix les plus bas, les prix étaient de 75 FCFA kg<sup>-1</sup> le 20/02/89 à Bandiagara, de 40 FCFA kg<sup>-1</sup> le 26/02/89 à Tégourou et de 75 FCFA kg<sup>-1</sup> le 27/03/89 à Boré. En février 1990, les prix aux producteurs étaient de 75 FCFA kg<sup>-1</sup> à Mopti tandis qu'ils avaient déjà chutés à 35 FCFA kg<sup>-1</sup>

sur certains marchés du Cercle de Bandiagara.

Pour les produits secs au cours d'une même année, Bakker & Traoré (1990) note à Mayarasso que les bulbes secs oscillent entre 204 et 510 FCFA kg<sup>-1</sup>, le prix moyen le plus souvent obtenu étant de 471 FCFA kg<sup>-1</sup> (en frais cela fait de 35 à 88 FCFA kg<sup>-1</sup>, en moyenne 81 FCFA kg<sup>-1</sup>); les feuilles sèches oscillent entre 42 et 200 FCFA kg<sup>-1</sup>, le prix moyen le plus souvent obtenu étant de 100 FCFA kg<sup>-1</sup> (en frais cela fait de 5 à 23 FCFA kg<sup>-1</sup>, en moyenne 11 FCFA kg<sup>-1</sup>). Ces prix moyens ne sont pas de vraies moyennes mais sont les prix moyens les plus souvent obtenus par les producteurs qui vendent d'abord les feuilles sèches lorsque les prix sont au plus bas et ensuite les bulbes lorsque les prix sont au plus haut.

Pour le modèle-PL, sont retenus les prix de 75 FCFA kg<sup>-1</sup> pour les bulbes frais et de 11 FCFA kg<sup>-1</sup> pour les feuilles fraîches (tableau A4.4).

## 8.4 Autres cultures maraîchères

### 8.4.1 Description

Les féculents, les légumes, le maïs, le tabac et la tomate sont utilisés pour établir les paramètres des autres cultures.

Les féculents rencontrés sont le manioc (*Manihot esculenta*), la patate douce (*Ipomoea batatas*) et plus rarement la pomme de terre (*Solanum tuberosum*).

Les légumes les plus fréquemment rencontrés sont le chou pommé (cabus) blanc (*Brassica oleracea* var. *capitata*), le concombre (*Cucumis sativus*), une courge (très probablement *Cucurbita moschata*), le djakattou (*Solanum aethiopicum* soit l'aubergine africaine ou amère ou le "ngoyo" à ne pas confondre avec *Solanum melongena* soit l'aubergine "douce" ou le "toubabou ngoyo", beaucoup plus rare), le gombo (*Hibiscus esculentus* syn. *Abelmoschus esculentus*), la laitue (*Lactuca sativa*, souvent var. *angustina* ou "salade chinoise"), le niébé (*Vigna unguiculata* syn. *V. sinensis*), les piments (le plus souvent *Capsicum annum*, moins souvent *C. sinense* et rarement *C. frutescens*) et la roselle (*Hibiscus sabdarifa* soit l'oseille de Guinée ou bisap). D'autres légumes, tels que l'amarante, l'aubergine, la betterave, la carotte, etc. et des plantes condimentaires, telle que la menthe, ou réputées à usage médicinal, tel que le cresson alénois, peuvent être cultivés mais en petites quantités variables selon le périmètre potager.

Le maïs (*Zea mays*) se rencontre, soit en même temps que les autres cultures maraîchères (de novembre à mars), soit de plus en plus souvent en troisième culture (de mars à juin) lorsque les possibilités en eau le permettent, ce qui n'est tout de même pas fréquent. Cette troisième culture précédant immédiatement les cultures de la saison des pluies (de juin à octobre) n'est pas traitée dans cette étude.

Le tabac (*Nicotiana tabacum*) est cultivé dans la Région. Les fleurs, les feuilles et parfois les tiges sont récoltées afin d'être fumées, prisées et chiquées.

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) se rencontre très fréquemment et parfois en quantité importante.

Signalons qu'en plus des cultures mentionnées ci-dessus, il existe d'autres cultures qui ne sont pas incluses dans l'étude. La calabasse (*Lagenaria siceraria* syn.

*L. leucantha*, *L. vulgaris*) est très souvent observée sur les périmètres potagers, mais son usage n'est pas légumier. A côté des usages habituels, il s'agit souvent d'une "culture d'arrosoirs": en effet, les calebasses produites servent à l'arrosage des cultures. Nous ne parlons pas ici des productions de calebasses faites dans le Gourma, principalement aux pieds du Goundourou, en cultures pluviales (Hesse & Thera, 1987). Les arbres fruitiers ne sont pas mentionnés dans les résultats des enquêtes maraîchères mais leur présence est souvent observée. Parmi toutes les plantes fruitières rencontrées, les plus fréquentes sont le bananier nain (*Musa sinensis* syn. *M. nana*), le goyavier (*Psidium guajava*), le limetier (*Citrus aurantifolia*) dont le fruit est le lime et non pas le citron (*C. limon*) ainsi qu'il est d'usage de le dire, le manguier (*Mangifera indica*) et le papayer (*Carica papaya*). Le dattier (*Phoenix dactylifera*) se rencontre sur de petites superficies vers Hombori.

La longueur du cycle des autres cultures est très variable et va de 50 ou 60 d pour la laitue à 365 d pour le manioc (tableau A4.7, annexe A4.3). En réalité, le cycle de chaque spéculation dépend du cultivar (variété) utilisé, des conditions de croissance (eau, alimentation minérale, climat dont la longueur du jour et la température) et des objectifs (besoins) du producteur. Ainsi sur un même périmètre, le cycle de la patate douce va de 120 à 180 d. Pour pondérer les cycles, nous nous basons d'une part, sur les valeurs du tableau A4.7, mais en ne prenant surtout que les valeurs basses proposées par Beniast *et al.* (1987) vu le manque d'eau, et d'autre part, en nous basant sur le tableau A4.4 qui donnent les pourcentages respectifs des superficies de chaque culture constituant les autres cultures.

Dans l'étude, nous utilisons pour les autres cultures une longueur pondérée de cycle de 138 d. Comme le calendrier de culture des autres cultures est finalement très semblable à celui de l'échalote, il est donc considéré étant comme le même.

#### 8.4.2 Rendement

Pour l'établissement des valeurs des rendements, nous nous basons sur les valeurs connues pour la Région. Pour les données manquantes, nous avons sélectionné des valeurs parmi les plus basses proposées au tableau A4.7. Cependant nous nous basons plutôt sur Beniast *et al.* (1987), ce qui n'apparaît pas toujours au tableau A4.7. vu que ce dernier est déjà le résultat d'une synthèse. Des rendements relativement bas ont été choisis parce que ni fumures minérales, ni pesticides ne sont appliqués, mais seulement des fumures organiques. Des accidents hydriques sont possibles et les cultivars utilisés ont été sélectionnés, avec le temps par les cultivateurs, plutôt pour leur rusticité que pour leurs performances.

Cette seule fumure organique, très importante pour la fertilité physique des sols, ne corrige pas nécessairement les déséquilibres chimiques des sols, vu qu'elle a une composition fixée, et ne couvrent pas nécessairement les besoins spécifiques (quantités dans un équilibre) de chaque spéculation pratiquée. Donc, les rendements ne sont pas optimaux.

Pour le tabac seulement, nous ne prenons pas la valeur proposée par GTZ/SDA (com. pers.) de 500 kg ha<sup>-1</sup> ou la valeur proposée par Bakker & Traoré (1990) de 360 kg ha<sup>-1</sup>. Selon RFMC (1980) le tabac produit de 6 à 12 t ha<sup>-1</sup> de MV à 20% de

MS. Selon nos observations sur les périmètres spécialisés dans cette culture, les productions ne semblent pas "rachitiques": les cultures sont très engraisées ainsi que bien soignées et les fleurs, les feuilles et parfois les tiges sont récoltées. Donc nous choisissons pour le tabac des rendements de 1 200 kg ha<sup>-1</sup> de MS soit 6 t ha<sup>-1</sup> de MV.

En tenant compte des rendements respectifs de chaque culture et de leurs surfaces respectives (féculents, légumes, maïs, tabac, tomate, tableau A4.4), nous fixons, pour le modèle-PL, que le rendement moyen des autres cultures (MV) est de 16 t ha<sup>-1</sup>.

Les prix aux producteurs des autres cultures est très variable dans le temps et selon la spéculation (tableau A4.7) mais pour le modèle-PL il est fixé à 96 FCFA kg<sup>-1</sup>, moyenne pondérée.

## 8.5 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

Pour quantifier les temps de travaux des deux activités, à savoir l'échalote et les autres cultures, il est nécessaire de réaliser certains regroupements et de ne pas rentrer dans tous les détails spécifiques de toutes les cultures.

Passons en revue synthétiquement les travaux maraîchers retenus pour le modèle-PL et dont les temps de travaux sont détaillés aux tableaux A4.8, A4.9 et A4.10 (annexe A4.4).

Le tableau A4.8 donne les temps des travaux de la culture de l'échalote à Mayarasso, au Mali (4e Région, vers Baramandougou, en frontière avec la 5e). Cette culture se fait par plantation de bulbes et ne passe pas par le semis de graines en pépinières, technique peu utilisée dans la Région. Le tableau A4.9 nous donne les temps des travaux, sans l'arrosage et sur sols sableux, obtenus au Sénégal en station expérimentale pour l'oignon avec semis de graines en pépinières (Beniest *et al.*, 1987). Nous assimilons, pour cette étude, la culture de l'oignon à celle de l'échalote. Le tableau A4.10 est la synthèse pondérée des deux tableaux précédents.

### 1. Nettoyage

Avant d'entreprendre des cultures maraîchères, cultures de contre-saison, il est le plus souvent nécessaire de nettoyer le sol des résidus provenant de la culture de saison l'ayant précédée. Pour le modèle-PL, nous retenons que le nettoyage des parcelles d'échalote et des autres cultures demande respectivement 24 dth ha<sup>-1</sup> et 16 dth ha<sup>-1</sup>.

### 2. Pépinières

Certaines cultures se sèment d'abord en pépinière qui doivent être aménagées, semées, désherbées, arrosées et entretenues. Afin d'économiser des semences, du temps de désherbage et d'entretien, ainsi que de faciliter les transplantations ultérieures, il est préférable de semer en lignes ce qui coûte un peu plus de temps aux semis. Pour le modèle-PL, nous fixons les temps de travaux en pépinières à 0 dth ha<sup>-1</sup> pour l'échalote, vu le semis directement en place de bulbes, et à 9 dth ha<sup>-1</sup>

pour les autres cultures.

### 3. Labourage

Avant d'être semés ou repiqués, les potagers sont labourés manuellement à la houe, émiettés et parcellisés en planches.

Pour l'échalote, les planches sont de petite taille et sont ceinturées d'une diguette de retenue des eaux d'arrosage. Leurs dimensions correspondent à une unité d'arrosage: un arrosoir-calebasse correspond à une planche. Selon nos observations, l'infrastructure d'irrigation et les passe-pieds couvrent environ 5% des surfaces potagères, sans tenir compte des structures d'approvisionnement en eau. Le temps de travail du labourage pour l'échalote est fixé à 159 dth ha<sup>-1</sup>.

Pour les autres cultures, plusieurs types d'aménagement en planches sont réalisés mais en général, ils sont moins minutieux que pour l'échalote et leurs surfaces sont plus grandes (annexe A4.4). A certains endroits et pour certaines cultures, comme le piment et la tomate, il n'y a pas de labours mais un simple creusement de petites fosses où un pied est repiqué. Le temps de travail du labourage pour les autres cultures est fixé en moyenne pondérée à 24 dth ha<sup>-1</sup>.

La première fertilisation, ou épandage des fumures de fond, est incluse dans le temps de travail du labour. Mais pour la Région, il faut constater que les fumures de fond sont presque inexistantes.

### 4. Clôture

Le clôturement des potagers sert de moyen de lutte contre les animaux. Les clôtures sont réalisées en chaumes de sorgho et de mil ou en branchages (annexe A4.4). Bien que ce clôturement ne soit pas toujours réalisé, pour notre étude il est considéré comme étant toujours exécuté, et est fixé à 50 dth ha<sup>-1</sup>. Il comprend aussi le temps de collecte et de transport des matériaux, quelle que soit l'activité.

### 5. Plantage

Le plantage comprend aussi bien le semis directement en place de semences (graines et tous organes ou fragments de végétal capables de produire de nouveaux individus) que le repiquage ou transplantation des plantules issues des semis de graines en pépinière. Pour l'échalote et les autres cultures, le temps de plantage est fixé à 54 dth ha<sup>-1</sup> et 27 dth ha<sup>-1</sup> respectivement.

### 6. Arrosage

La main-d'oeuvre pour l'arrosage est le facteur limitant de la culture maraîchère. En effet, selon Beniast *et al.* (1987) il faut assurer entre 6 et 10 mm d<sup>-1</sup> soit une moyenne de 8 mm d<sup>-1</sup> (= 8 l m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> ou 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). Pour la Région, l'exhaure, le transport et la distribution sont essentiellement manuels. Plus l'eau est profonde et/ou de faible débit et/ou éloignée des parcelles et plus le facteur eau limite les surfaces emblavées.

La seule valeur de temps d'arrosage, que nous avons, provient de Bakker &

Traoré (1990) et est de 1 053 dth ha<sup>-1</sup>. Cette valeur est retenue pour le modèle-PL, quelle que soit l'activité horticole.

En ce qui concerne l'arrosage, de toutes nos observations dans la Région, nous n'avons vu qu'une seule fois l'usage du paillage (Tabaco), avec des balles de mil (cf. annexe 4.4).

#### 7. Pulvérisation

Les pulvérisations de produits phytosanitaires sont incluses. Les besoins en main-d'oeuvre sont estimés à 1.5 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 8. Fumage

Le fumage ou fertilisation en cours de culture consiste en l'épandage, fractionné ou non, de fumures, aussi bien organiques que minérales. Actuellement dans la Région, il s'agit presque toujours de poudrette de parc et quasi jamais de fumures minérales.

Pour le modèle-PL, le temps de travail du fumage, comprenant les temps de collecte, de transport et d'épandage des fumures, est fixé à 54 dth ha<sup>-1</sup> pour l'échalote et à 45 dth ha<sup>-1</sup> pour les autres cultures. Les calculs pour fixer ces valeurs, sont basés sur les besoins de 500 kg dth<sup>-1</sup> pour le transport de fumier et de 400 kg dth<sup>-1</sup> pour l'épandage.

#### 9. Entretien (désherbage, maintenance)

L'entretien comprend essentiellement le désherbage par sarclage (opération qui consiste à extirper les végétaux indésirables et à ameubler la surface du sol), le binage (seconde façon que l'on donne à la terre après ensemencement pour l'ameubler et l'aérer ainsi que pour enlever les adventices qui s'y trouvent) et la maintenance des diguettes. Pour certaines cultures comme celle de la pomme de terre, l'entretien comprend aussi le buttage.

Pour le modèle-PL, les temps des travaux d'entretien sont fixés à 193 dth ha<sup>-1</sup> pour l'échalote et à 47 dth ha<sup>-1</sup> pour les autres cultures.

#### 10. Récolte et transformation

La méthode et la durée de récolte est très variable selon le produit de la culture. Certains, comme la laitue, la carotte ou la pomme de terre, ont une seule récolte suivie de commercialisation d'autant plus rapide que le produit est fragile et que les conditions de commercialisation sont finalement plutôt médiocres. D'autres, comme la tomate ou le djakattou, ont plusieurs récoltes étalées dans le temps suivies de commercialisation. D'autres encore, comme l'échalote (feuilles puis bulbes), le piment et le tabac, ont plusieurs récoltes suivies, non obligatoirement, de la transformation en produits secs; puis il y a la commercialisation qui peut être différée vu la capacité de conservation des produits ainsi obtenus.

En ce qui concerne l'éventuelle transformation des produits des cultures maraîchères, Beniést *et al.* (1987) envisagent la question pour chacune des cultures

qu'ils traitent.

Selon Bakker & Traoré (1990), les feuilles d'échalote sont récoltées, puis pilées et mises en boules pour finalement être séchées. Les bulbes, récoltés 8 d après, subissent le même sort. En Pays Dogon, le pilage des bulbes est plutôt un foulage et la GTZ/SDA étudie les possibilités d'améliorer la production "d'oignons secs" afin de mieux valoriser ce produit sur les marchés intérieurs ainsi que de créer des marchés extérieurs. Il est important de savoir si les moyens d'une transformation améliorée, sont à atomiser auprès de chaque producteur ou s'il faut concevoir de petites unités de transformation du type "Kossam Mopti". La première approche permet aux producteurs de garder une relative indépendance à l'égard de toutes les ingérences sociales intempestives mais les garde désunis face à l'oligopolie des commerçants. La deuxième approche permet, en théorie, de faciliter la création d'associations de producteurs et de contrôler les prix aux producteurs mais elle prête facilement le flanc à toutes sortes d'exactions et autres manipulations.

Les temps des travaux de récolte de l'échalote, avec transformation et transport considérés comme étant toujours réalisés, sont fixés pour le modèle-PL à 375 dth ha<sup>-1</sup>.

En ce qui concerne les autres cultures, seul le tabac subit obligatoirement une transformation: chaque périmètre a ses habitudes de récolte-transformation (annexe A4.4) et a son circuit de commercialisation s'adressant à une région précise. Le piment peut subir un séchage. Nous considérons que les autres productions sont vendues sans transformation.

Les temps de travaux des autres cultures, avec éventuelle transformation et transport, sont fixés pour le modèle-PL à 117 dth ha<sup>-1</sup>, moyenne pondérée.

Le tableau 8.2 donne le temps de travail total de la culture de l'échalote à partir de semis de bulbes et avec transformation. Pour un cycle fixé à 100 d, il s'élève à 1 961 dth ha<sup>-1</sup>, ce qui est la valeur retenue pour le modèle-PL. Notons que l'arrosage représente 55% de cette valeur. Pour les temps de travaux totaux selon les autres méthodes d'obtention de l'échalote le lecteur peut consulter l'annexe 4.4. Le tableau 8.2 donne également le temps de travail total des autres cultures qui s'élève à 1 387 dth ha<sup>-1</sup>.

Selon RFMC (1980) les cultures maraîchères nécessitent au total 1 000 dth ha<sup>-1</sup> et il ne faut pas dépasser 1 500 m<sup>2</sup> par travailleur. Selon Beniast *et al.* (1987), un travailleur peut cultiver à plein temps entre 2 000 et 3 300 m<sup>2</sup> mais l'expérience joue beaucoup et en périodes de pointe une aide extérieure temporaire est nécessaire. A Mayarasso, Bakker & Traoré (1990) constatent, pour les opérations non différables et de pointe, qu'il est fait appel à de la main-d'oeuvre extérieure rétribuée.

## 8.6 Intrants monétaires

### 8.6.1 Amortissements

Les investissements les plus lourds concernant les retenues d'eau, l'exhaure et l'adduction sont pris en charge, le plus souvent, par l'aide. Comme notre travail

n'est pas d'être audit, ni d'étudier les systèmes de transfert de l'expertise ou des technologies, nous n'avons pas compilé de renseignements quant aux coûts de ces réalisations. Cependant, il semble que l'estimation de ces coûts ne comprend pas toujours l'expertise et l'administration et que la participation des intéressés est comptabilisée selon des coûts d'opportunité.

### 1. Petit matériel

Le matériel utilisé en culture maraîchère dans la Région est peu sophistiqué:

- les travaux de préparation du sol se font avec des houes ("daba" et "falo");
- les secondes façons culturales se font avec de petits piochons ("faloni");
- les arrosages se font à la calebasse, sauf aux alentours de Mopti où l'arrosoir, le plus souvent de fabrication locale, est utilisé.

Sur les périmètres, les transports de fumier ou de produits sont effectués manuellement avec des calebasses, des paniers et des sacs. Pour les plus longues distances, la charrette ou l'âne sont aussi utilisés. Le coût annuel du petit matériel est fixé à 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 2. Pulvérisateur

Comme pour les autres activités culturales intensives, un pulvérisateur est utilisé pour les pesticides. Nous supposons qu'il est nécessaire de disposer de 0.4 pulvérisateur par hectare, et en utilisant les valeurs du tableau A1.1, les coûts annuels sont de 2 400 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 8.6.2 Coûts des opérations

### 1. Semences

En ce qui concerne les semences d'échalote pour un semis en place de bulbes (annexe A4.2 pour semis de graines):

- selon Messiaen (1975b), il est préférable de semer de petits bulbes d'échalote pesant 4 g (les petits bulbes plantés, par rapport aux gros bulbes plantés, ont un taux de multiplication en nombre inférieur mais ont un taux de multiplication en poids supérieur); dans ce cas, il faut 4 t ha<sup>-1</sup> si le semis est à 0.1 \* 0.1 m et 2.8 t ha<sup>-1</sup> s'il est à 0.12 \* 0.12 m qui sont les distances de plantation utilisées par les producteurs de la Région; de plus, les bulbes qu'ils utilisent ne pèsent pas 4 g mais plutôt 2 g, ce qui donnerait de 1 à 2 t ha<sup>-1</sup> de semences (les producteurs de la Région ne sèment pas des échalotes complètes -agrégat de bulbes- mais chaque bulbe séparément et parfois des fractions de bulbes);
- selon la GTZ/SDA, les producteurs du Plateau retiendraient de leurs productions pour les semences environ 10 t ha<sup>-1</sup> avec un taux de pertes à la conservation d'environ 50%;
- selon Bakker & Traoré (1990), les producteurs de Mayarasso retiennent entre 0.9 et 1.3 t ha<sup>-1</sup> de bulbes pour les semences de l'année suivante, soit 1.1 t ha<sup>-1</sup> en moyenne; ces semences vont subir de 40 à 60% de pertes ce qui oblige les pro-

ducteurs à racheter des bulbes au moment des semis, et représente 70% de leurs dépenses en culture maraîchère; les producteurs de Mayarasso réservent des planches pour la production de bulbes-semences et n'en récoltent pas les feuilles: ces bulbes feuillés sont conservés sous forme de tresses, mais ce n'est pas le cas dans la Région.

Pour le modèle-PL, nous fixons les bulbes-semences d'échalote à 2.5 t ha<sup>-1</sup> ce qui représente une valeur monétaire de 187 500 FCFA.

En ce qui concerne les semences des autres cultures, nous avons constaté que les producteurs de la Région essayent d'être autosuffisants, sauf pour des plantes dont les graines sont non productibles localement comme la carotte ou le chou. Mais dans une optique de production potentielle où des semences commerciales seront utilisées et pour donner une valeur à cet intrant essentiel, nous fixons pour le modèle-PL une valeur de 38 500 FCFA ha<sup>-1</sup> pour l'achat des semences (Beniest *et al.*, 1987).

## 2. Pesticides

Sans entrer dans tous les détails des maladies des cultures maraîchères décrites par Bourdouxhe (1983), Collingwood *et al.* (1984) et par Beniest *et al.* (1987), nous constatons que les pestes les plus souvent rencontrées dans la Région sont:

- à tous les stades: les rongeurs et les sautériaux;
- aux semis: l'agame ou margouillat, le sauteriau des semis (*Chrotogonus brevipes*) et des pourritures du collet;
- au stade adulte: des chenilles, la jasside (*Jacobiasca lybica*), les mouches des cucurbitacées (*Dacus spp.*), le coléoptère rouge du melon (*Aulacophora africana*), la coccinelle des cucurbitacées (*Henosepilachna elaterii*), les nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*), le mildiou (*Pseudoperonospora cubensis*) et le blanc (*Oidium spp.*).

Bien entendu, d'autres pestes se rencontrent par foyers d'infestation.

Actuellement, l'usage de pesticides (insecticides, fongicides, herbicides) est très faible et le peu d'insecticides utilisés, dépend essentiellement de donations. Les producteurs sont, selon Kamissoko (responsable de la PV/Mopti, com. pers.), très demandeurs de pesticides (insecticides, fongicides) mais actuellement, ils ne peuvent pas s'en procurer par des voies normales. Lorsqu'ils peuvent s'en procurer, ils n'ont aucune connaissance des produits, de leur mode d'emploi, de leurs dangers et de leur rémanence. Face à cette demande et afin d'éviter l'emploi onéreux de produits chimiques comportant un certain danger, surtout en cas de mauvais usage, certains préconisent la vulgarisation de produits "biologiques" fabricables localement. Cette approche a des avantages mais il faut éviter de sombrer dans le dogmatisme stérile. Il faut essayer de minimiser les pertes dues à ces pestes afin de respecter la rémunération des investissements (travail, fumure, eau) tout en assurant des qualités et des prix aux consommateurs qui n'ont généralement pas un pouvoir d'achat élevé. Finalement, nous avons parfois l'impression que certains producteurs, et pas seulement des horticulteurs, ont quelquefois une attitude, disons fataliste ou passive et sont dans l'expectative de la venue de "solutions miracles".

Afin de donner une valeur à cet intrant qui devra être utilisé lors de cultures

potentielles, nous fixons pour le modèle-PL, selon Beniast *et al.* (1987), une valeur de 15 000 FCFA ha<sup>-1</sup>.

## 8.7 Besoins des éléments nutritifs

En ce qui concerne la Région, nous savons que les producteurs maraîchers utilisent au maximum les fumures organiques qu'ils peuvent se procurer en général gratuitement, ou plus rarement par achat, ceci allant jusqu'à récupérer les fientes de chauves-souris. Par contre, ils n'utilisent pas, ou presque jamais, les fumures minérales, non pas par méconnaissance de leur existence, mais du fait des difficultés à se les procurer. Il est à noter que leur usage, de ce fait occasionnel, entraîne parfois des déboires lors de la production ou de la conservation, par ignorance des notions de besoins et d'équilibres.

Dans la littérature horticole tropicale, des données concernant les fumures recommandées sont disponibles (Annexe 4.4). Mais elles sont peu utilisables pour nos calculs qui sont basés sur les teneurs en éléments minéraux dans les plantes. Pour nos besoins, une revue exhaustive de la littérature concernant toutes les cultures horticoles tropicales, dont un faible échantillon est donné au tableau A4.7, serait nécessaire. Mais cela n'est pas possible vu les délais impartis à l'étude. Sur la base du travail fait par Nijhof (1987), nous calculons les besoins en N, P et K des deux activités en prenant les teneurs minimales dans l'oignon et dans la patate douce vu que ces deux cultures représentent les deux productions les plus importantes actuellement (tableau A4.4).

Sur MS, les teneurs [g kg<sup>-1</sup>] respectives en N, P et K des bulbes d'oignon et des feuilles sont de 11.0, de 2.5 et de 13.0 ainsi que de 14.0, de 2.5 et de 20.0. Nous considérons (sous-section 8.3.2) que la MS représente 17% des bulbes et 11% des feuilles et que l'indice de récolte est de 0.82.

Sur MS, les teneurs [g kg<sup>-1</sup>] respectives en N, P et K des tubercules de patates douces et des fanes sont de 11.0, de 2.0 et de 13.0 ainsi que de 18.0, de 2.0 et de 20.0. Nous considérons (sous-section 8.3.2) que la MS représente 20% des tubercules et 10% des fanes et que l'indice de récolte est de 0.82.

Les sols sur lesquels les cultures maraîchères sont cultivées ne sont plus réellement comparables aux sols types suite à l'usage intensif de fumures organiques. Nous supposons donc que 10% des éléments minéraux appliqués sont perdus hors du système, 30% sont incorporés dans le système et les 60% restant sont récupérés par les cultures. Nous supposons également que 100% des besoins en N, en P et en K sont fournis par des fumures organiques. Le tableau 8.2 donne les valeurs calculées des besoins en fumures organiques pour satisfaire durablement les besoins des activités échalote et autres cultures.

## 8.8 Tableau des intrants-extrants

Le tableau 8.2 résume sous forme de tableau intrants-extrants toutes les données nécessaires à la description quantitative des activités de culture maraîchère utiles au modèle-PL.

Tableau 8.2. Tableau des intrants-extrants des techniques de production maraîchère.

CARACTERISTIQUES	ECHALOTE	AUTRES LEGUMES
Traction animale	-	-
Fumure organique	+	+
Fumure minérale	-	-
Jachère	-	-
<b>INTRANTS [ha a<sup>-1</sup>]</b>		
JACHERE/FUMIER/ENGRAIS		
Ratio années de jachère/ année de culture [-]	-	-
Fumier [kg MS]	11 000	10 000
Engrais N [kg]	-	-
Engrais P [kg]	-	-
Engrais K [kg]	-	-
MAIN D'OEUVRE <sup>a</sup> [dth]		
5+6 Nettoyage	24	16
5+6 Pépinières	-	9
5+6 Préparation du sol	158	23
5+6 Epandage de fumier	54	45
5+6 Cloturage des champs	50	50
5+6 Plantage	54	7
5+6 Irrigation	1 053	1 053
5+6 Pulvérisation de pesticides	1.5	1.5
5+6 Entretien	193	47
5+6 Récolte et transport	375	117
<i>Total</i>	1 962.5	1 388.5
INTRANTS MONETAIRES [FCFA]		
<i>Amortissement</i>		
Petit matériel	500	500
Pulvérisateur	2 400	2 400
<i>Total partiel</i>	2 900	2 900
<i>Coûts des opérations</i>		
Semences	187 500	38 500
Pesticides	15 000	15 000
<i>Total partiel</i>	202 500	53 500
<i>Total</i>	205 400	56 400
BOEUFS [ox]	-	-
<b>EXTRANTS [ha a<sup>-1</sup>]</b>		
Produit commercialisé [kg MV]	35 000	16 000
Sous-produits [kg MS]	-	700 <sup>b</sup>

a) Les chiffres placés avant les opérations font référence à la période de l'année (sous-section 1.3.1).

b) Le taux moyen de N est de 18.0 g kg<sup>-1</sup>.

## 9. BOURGOU

(N. van Duivenbooden)

### 9.1 Introduction

Bourgou est le nom que l'on donne aux graminées vivaces *Echinochloa stagnina* (bourgou rouge, "bourdiou" en Tamacheq) et *Echinochloa longijubatum* (bourgou blanc, "aïga" en Tamacheq) cultivées par les peuhls (Hiernaux *et al.*, 1983; Marchand, 1987; Bonis Charancle & Rochette, 1989). Une description détaillée de la morphologie ainsi que des critères et conditions de croissance de ces graminées a été effectuée par Hiernaux & Diarra (1986) et François *et al.* (1989). A l'origine, le bourgou faisait partie intégrante de la végétation naturelle; cependant, depuis la grande sécheresse des années 70, il est aussi cultivé dans les plaines alluviales du fleuve, dans ce qu'on appelle des "bourgoutières". D'autres espèces souvent associées au bourgou sont *Oryza longistaminata*, *Vossia cuspidata*, *Brachiaria mutica*, *Nymphaea lotus* et *Nymphaea maculata* (Traoré, 1978).

Le bourgou est une plante à usages multiples: (i) ses grains sont utilisés pour préparer du couscous et un sirop est extrait de ses tiges, (ii) il est utilisé comme fourrage et vendu au marché, (iii) la bourgoutière peut servir de pâturage, (iv) elle sert d'abri aux poissons qui viennent y pondre et se nourrissent des algues qui s'attachent aux tiges, (v) elle abrite également les oiseaux et assure leur nourriture, favorisant ainsi la chasse et (vi) le bourgou peut également protéger les rizières contre les vagues et les poissons rizophages (Marchand, 1987; Bonis Charancle & Rochette, 1989; Stiles, 1989a;). La récolte des grains n'est que très rarement pratiquée; elle n'intervient que si les autres cultures font complètement défaut (François *et al.*, 1989). Les paysans désireux de cultiver le bourgou comme fourrage entrent en conflit avec ceux qui souhaitent cultiver le riz sur le même terroir (Stiles, 1989a).

La diminution des pâturages naturels de bourgou et de sa culture, ces dernières années, a plusieurs causes; par exemple, les sécheresses périodiques ont eu un impact négatif sur le potentiel de repousse du bourgou, les crues ont submergé des superficies moins importantes, ce qui a eu des conséquences négatives sur l'étendue des bourgoutières. Une partie des bourgoutières "traditionnelles" ont été incorporées dans les périmètres réservés au développement de la riziculture. En outre, le sur-pâturage pendant la saison sèche (dû à la fois à une densité de broutage trop élevée et à un pacage inadéquat) a entraîné une réduction du nombre de plantes qui étaient susceptibles de pousser avec le flux et cela avec une vigueur moindre (Bonis Charancle & Rochette, 1989). Pour la Zone Lacustre, deux périodes ont été rapportées où il est possible de laisser paître les animaux sans causer trop de dommages aux strates de bourgou: tout juste après la décrue, et peu après le début de la repousse, entre le moment où la saison des pluies commence et celui où la crue se produit. En pratique, cependant, les animaux sont lâchés sur les bourgoutières avant que les eaux ne se soient entièrement retirées, ce qui a pour conséquence de

réduire la quantité de biomasse permanente utilisable. Par contre, le piétinement des tiges dans la boue a un effet bénéfique sur la repousse qui devient de ce fait plus abondante (Hiernaux & Diarra, 1986; François *et al.*, 1989).

Les propriétaires de bourgoutières reçoivent environ 5 000 FCFA pour un troupeau de bovins de 50 à 100 têtes ou pour un troupeau de petits ruminants de 100 têtes (Sangaré, 1989); la durée de la période de pacage n'est cependant pas indiquée. Diakité & Kéita (1988) rapportent que les propriétaires reçoivent en moyenne une somme de 20 000 FCFA ha<sup>-1</sup> pour les 3 mois de la période de soudure.

La montaison des plantules à partir des tiges enfouies dans le sol est induite par les premières pluies; elle a lieu juste avant l'arrivée de la crue; les repousses accompagnent la crue. La première récolte a lieu après que la crue ait atteint son niveau maximum (Bonis Charancle & Rochette, 1989; Stiles, 1989a), ce qui a lieu en octobre ou novembre dans le Delta Central (rapport 1, chapitre 5). Pour une croissance continue, il est essentiel qu'une partie de la plante reste émergée afin de préserver sa capacité photosynthétique. L'inondation dure de trois à six mois et la profondeur de l'eau peut atteindre 5 m (Hiernaux *et al.*, 1983; Hiernaux & Diarra, 1986; François *et al.*, 1989). Le bourgou n'est normalement pas disponible pendant la saison des pluies, et bien que son rendement soit élevé, son exploitation est limitée du fait des difficultés d'accès aux champs, et lorsque ces derniers sont accessibles, du fait de sa qualité relativement médiocre (en termes de teneur en azote et non de valeur énergétique) et du piétinement dans le sol (François *et al.*, 1989). L'effet du fauchage sur la production totale de bourgou est fonction de sa fréquence; pour une production de biomasse optimale, le fauchage devrait avoir lieu deux fois par mois (Hiernaux & Diarra, 1986).

Deux méthodes principales de régénération des bourgoutières sont pratiquées: à savoir le semis et le bouturage (repiquage). Le semis peut être effectué soit en poquets, soit à la volée; il peut avoir lieu juste après la décrue ("semis en décrue") ou au début de la saison des pluies; cette première méthode exige cependant que les jeunes plantules soient irriguées 20 jours après germination; en outre, le taux de germination au champ représente la moitié de celui d'un semis effectué sous contrôle, soit 44% contre 90. Le désavantage d'un semis au début de la saison des pluies est que le délai écoulé entre le moment où le semis est effectué et celui de la montée de la crue pourrait être trop court, la conséquence étant alors que les plantules seraient totalement submergées et finiraient par mourir (François *et al.*, 1989). Du reste, le bourgou se reproduit bien mieux à partir de boutures qu'à partir de semences (Moorehead, 1989). En conséquence, le bouturage (repiquage) est de plus en plus pratiqué. Les plantules peuvent, soit avoir été achetées hors du terroir, soit avoir été cultivées en pépinières, soit provenir de boutures prélevées sur le bourgou de l'année précédente (partie supérieure de la tige avec un ou plusieurs noeuds). Le repiquage est effectué, soit au début de la saison des pluies (plantules), soit au moment de la montée de la crue (quelquefois dans l'eau), soit directement après la décrue (boutures). Le désavantage de cette deuxième méthode est que les plantules sont trop petites pour que l'on puisse espérer un rendement raisonnable, et le risque d'inondation demeure. En conséquence, François *et al.*, (1989) considèrent que la première méthode est la meilleure pour la partie nord de la Région où la crue

début en août, et que des plantules de deux mois sont utilisées. Dans le Delta Central cependant, la crue débute en juillet (rapport 1, chapitre 5) et le bouturage doit donc avoir lieu de préférence en mai; mais comme d'autre part la pluviométrie est irrégulière pendant ce mois-ci, il sera peut-être nécessaire de compenser une insuffisance en eau par un arrosage additionnel. Une troisième méthode est représentée par le piétinement des tiges dans la boue, comme dit précédemment.

Dans cette étude, deux techniques de production de bourgou sont définies:

#### **Technique extensive:**

Dans le cadre de cette technique, une petite fraction seulement de la production totale de biomasse est utilisée comme fourrage, et la fertilité du sol est maintenue par l'eau du fleuve et le recyclage de la biomasse non broutée laissée sur le champ. Cette technique est considérée comme faisant partie de la gestion des pâturages naturels dans la Région et est traitée comme telle dans le chapitre 11.

#### **Technique semi-intensive:**

Dans le cadre de cette technique, la fertilité du sol est maintenue par l'épandage de fumier et de fumures minérales. La première récolte de bourgou est supposé avoir lieu en novembre. Il est supposé qu'à la fin de la saison de végétation, 20% de la biomasse aérienne totale reste sur la bourgoutière pour y être broutée par les animaux. La régénération est pratiquée trois ans sur quatre par les animaux qui sont autorisés à paître sur la bourgoutière juste avant la décrue et la quatrième année par le repiquage de plantules sur un sol préparé à l'aide d'un cultivateur à dents après les premières pluies.

## **9.2 Environnement**

La culture du bourgou est principalement pratiquée dans le Delta Central et la Zone Lacustre, sur des types de sols argilo-sableux et sablo-limoneux (Bonis Charancle & Rochette, 1989). Bien que les sols contiennent davantage de sable dans la Zone Lacustre, il est supposé dans cette étude, que la technique extensive de production de bourgou n'est pratiquée que sur les types de sols les plus lourds, identiques à ceux utilisés pour la pratique de la riziculture hors-casiers (section 3.2). Une compétition entre le riz et le bourgou (Diakité, 1989b) peut exister mais n'a lieu que pour les sols submergés par des crues importantes (tableau 9.1): E1b dans les zones pluviométriques II, III & IV, et F3b dans la zone pluviométrique II. Comme indiqué dans ce même tableau, le bourgou peut tout aussi bien être cultivé sur des sols de type G, mais pour des raisons pratiques, ce type de sols ne sera utilisé que dans le cas de la culture du sorgho de décrue (section 4.2). Les bourgoutières déjà régénérées dans la Région sont présentées au tableau 9.2.

En ce qui concerne la technique semi-intensive de production, seul le type de sol F3b est considéré comme étant approprié et est limité à la superficie de la zone de casiers ORM.

Tableau 9.1. Terrains inondés [km<sup>2</sup>] dans une année de crue normale ainsi que compétition entre les différentes formations végétales (<->), par type de sol, dans les différentes zones agro-écologiques et selon les différentes cotes (hauteur en m) au dessus du zéro de l'échelle limnimétrique de Mopti. R = riziculture, P = pâturages inondés autres que ceux à bourgou, B = pâturages inondés à bourgou. PT: Plateau, DC: Delta Central, MD: Méma Dioura, GM: Gourma, BD: Bodara, ZL: Zone Lacustre.

COTES	COMPE- TITION	ZONE PLUVIOMETRIQUE/AGRO-ECOLOGIQUE						TOTAUX
		II PT	II DC	III MD	III GM	IV BD	IV ZL	
TI4 = G								
6.6-6.0	P	.	333	.	.	.	.	333
TI3 - E2b								
6.6-6.3	P	4	1 926	128	.	1	177	2 236
6.3-6.0	P<->R	5	1 926	128	.	1	178	2 238
TI2 = F3b								
6.3-6.0	R<->PI	9	141	.	.	.	.	150
6.0-5.1	R<->PI	29	423	.	.	.	.	452
5.1-4.8	R<->B	9	141	.	.	.	.	150
TI1 = E1b								
6.0-5.1	P<->R	14	1 630	15	20	1	316	1 996
5.1-4.8	B<->R	5	544	5	7	1	106	668
4.8-2.6	B	34	3 930	37	49	3	763	4 816
TI7 = G								
6.0-5.1	P<->R	.	208	.	29	.	228	465
5.1-4.8	B<->R	.	69	.	10	.	75	154
4.8-2.6	B	.	502	0	70	.	549	1 121
Totaux		109	11 773	313	185	7	2 392	14 779

Source: rapport 1, chapitre 5.

.) valeur impossible.

Tableau 9.2. Surfaces [ha] régénérées en bourgoutières selon les différents secteurs de la Région.

SECTEUR	SURFACE	SECTEUR	SURFACE
Bandiagara	12	Mopti	2 133
Bankass	-	Ténènkou	74
Djenné	71	Youwarou	519
Douentza	300	Niafunké	285
Koro*	17		
Total			3 411

Source: Diakité & Kéita, 1988.

\*: vallée du Sourou.

### 9.3 Rendement

La production de biomasse aérienne totale de bourgou peut présenter des variations considérables (tableaux A5.1, A5.2 & A5.3). En outre, Hiernaux *et al.*, (1983) ont rapporté des rendements de matière sèche de 6 000 à 8 000 kg ha<sup>-1</sup> au cours d'une expérimentation effectuée avec des récoltes régulières après fauchage. Cependant, cette expérimentation n'a pas établi de relation entre le fauchage et la vigueur du bourgou, c'est-à-dire quelle fraction de la biomasse peut être effectivement exploitée sans mettre sa persistance en danger.

La biomasse permanente culmine généralement dans la dernière décade d'octobre au point de référence Mopti (rapport 1, chapitre 5). Ce maximum est atteint plus tôt dans le sud de la Région et plus tard dans le nord, le volume de la biomasse permanente diminuant alors progressivement. Le rendement maximum de matière sèche s'élève à 17 000 kg ha<sup>-1</sup> environ (Bonis Charancle & Rochette, 1989), puis augmente jusqu'à 30 000 à 32 000 kg ha<sup>-1</sup>, pour retomber ensuite à environ 20 ou 25 000 kg ha<sup>-1</sup> lorsque les animaux envahissent les bourgoutières (François *et al.*, 1989). La production quotidienne de matière sèche est évaluée à 200 ou 250 kg ha<sup>-1</sup> par ces derniers auteurs, au cours de la période comprise entre le début de la repousse et le moment où la production de biomasse a atteint son point culminant. Au cours de la deuxième année, le taux de repousse du bourgou est de 100 kg ha<sup>-1</sup> entre 15 et 45 jours et de 120 kg ha<sup>-1</sup> entre 45 et 75 jours. Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par Hiernaux & Diarra (1986) où les taux maximaux de croissance du bourgou sont de 40 kg ha<sup>-1</sup> en février et de 55 kg ha<sup>-1</sup> en mai. Selon François *et al.* (1989), le rendement en grains est peu élevé; étant donné cependant qu'aucune donnée n'est disponible, il n'a pas été tenu compte de la production de grains dans cette étude.

Sur la base des données expérimentales présentées, le rendement-cible de la biomasse aérienne totale a été fixé, quelque peu arbitrairement il est vrai, à 15 000 kg ha<sup>-1</sup>. Pour compenser le rendement moins élevé et la réduction de la zone cultivée pendant une année de crue basse, il n'est pas possible d'appliquer le facteur de réduction utilisé pour la technique semi-intensive 1 dans la riziculture de casiers, étant donné que ce facteur concerne surtout une réduction du rendement en grains (sous-section 3.3.3). Par conséquent, la moyenne de cette valeur et de celle représentant la réduction du bourgou en tant que pâturage naturel (chapitre 11) est appliquée, ce qui résulte en un rendement-cible de 5 000 kg ha<sup>-1</sup> pour une année de crue basse.

Le prix que les paysans reçoivent pour leur bourgou subit des variations en cours d'année, allant de 25 à 100 FCFA par botte, soit de 17 à 67 FCFA kg<sup>-1</sup> de MS (le prix le plus élevé est offert pendant la saison sèche). Diakitè & Kéita (1988) rapportent un prix allant de 5 à 50 FCFA kg<sup>-1</sup>. Dans les petits villages, le prix n'excède pas 50 FCFA botte<sup>-1</sup> (Bonis Charancle & Rochette, 1989; Stiles, 1989a). Le prix est bien plus bas selon Moorehead (1989), mais est à nouveau confirmé par Stiles (1989b). Un prix de 50 FCFA botte<sup>-1</sup> a été observé sur le marché de Mopti (janvier 1990, obs. pers.). Dans cette étude, le prix est fixé à 35 FCFA kg<sup>-1</sup> de matière sèche.

## 9.4 Besoins en éléments nutritifs

La teneur moyenne en azote de la biomasse permanente de bourgou est fonction du stade de croissance et passe de 20.8 g kg<sup>-1</sup> au début de la repousse, à 8.8 g kg<sup>-1</sup> en janvier, pour remonter à 12.4 g kg<sup>-1</sup> en avril, lors de l'exondation de la bourgoutière (tableau A5.4). L'augmentation de la teneur en azote vers le mois d'avril doit être due au matériau de repousse qui se mêle au matériau ancien. La teneur en azote dans la plante même présente donc des variations considérables, e.g. de 6.2 g kg<sup>-1</sup> dans les tiges immergées à 16.4 g kg<sup>-1</sup> dans les tiges et les limbes émergées (la période de mesures n'a pas été indiquée) (François *et al.*, 1989) et de 3.2 g kg<sup>-1</sup> dans les tiges en décembre à 25.6 g kg<sup>-1</sup> dans les limbes et les nouvelles pousses en juin et juillet (Traoré, 1978).

De même, la teneur en phosphore varie avec le temps, à la fois en fonction du stade de croissance et de la partie du végétal: de 0.6 g kg<sup>-1</sup> dans les tiges en juin et juillet à 3.2 g kg<sup>-1</sup> dans les nouvelles repousses en juillet (Traoré, 1978).

Nous ne détenons que peu d'informations en ce qui concerne le potassium (tableau A5.4).

En se basant sur les valeurs indiquées dans le tableau A5.4, des valeurs minimums de 6, de 1.2 et de 14 g kg<sup>-1</sup> sont respectivement utilisées pour les teneurs en azote, phosphore et potassium de la biomasse exploitée.

## 9.5 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

Le semis a lieu en avril et mai et la dernière récolte a lieu en mars. Les besoins en main-d'oeuvre pour les diverses opérations sont examinés ci-après.

### 1. Entretien des digues

Aucune main-d'oeuvre paysanne n'est attribuée à cette opération, comme dans le cas de la riziculture de casiers.

### 2. Pépinières

Comme pour la riziculture irriguée, les besoins en main-d'oeuvre pour le semis, l'entretien des pépinières et l'irrigation, ont été fixés à 6 dth ha<sup>-1</sup>. Si l'on tient compte du fait que 25% des champs ont besoin d'être régénérés par bouturage, la main-d'oeuvre est donc de 1.5 dth ha<sup>-1</sup>.

### 3. Fumure de fond

Dans la technique semi-intensive, un engrais minéral composé d'azote, de phosphore et de potassium est épandu à la volée, juste avant les opérations de préparation du sol. Les besoins en main-d'oeuvre sont de 1 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 4. Transport et épandage du fumier

Le fumier est supposé être appliqué dans la technique semi-intensive. Comme pour la riziculture de casier, la distance moyenne à parcourir est fixée à 8 km; 70% du transport est effectué à dos d'ânes et 30% à l'aide de charrettes à traction asine. Le taux de transport du fumier est de 150 kg dth<sup>-1</sup>. En outre, il est supposé qu'environ 300 kg ha<sup>-1</sup> sont déjà disponibles sur les champs au moment où les animaux envahissent les bourgoutières. Les besoins en main-d'oeuvre pour l'épandage du fumier sont calculés de la même manière que pour le mil, c'est-à-dire qu'ils sont fixés à 400 kg dth<sup>-1</sup>. En conséquence, la main-d'oeuvre totale pour ces opérations est estimée à 27.5 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 5. Préparation du sol

La préparation du sol est principalement effectuée à l'aide d'un cultivateur à dents à traction bovine, avant le début de la saison des pluies. Comme pour la riziculture de casiers, les besoins en main-d'oeuvre pour cette opération ont été fixés à (8 dth + 4 At) ha<sup>-1</sup>. Par ailleurs, comme 25% des champs nécessitent une régénération par bouturage; la main-d'oeuvre nécessaire est donc de (2 dth + 1 At) ha<sup>-1</sup>.

#### 6. Bouturage

Le repicage des boutures de bourgou demande 10 dth ha<sup>-1</sup> (Bonis Charancle & Rochette, 1989), ce qui est moins que le repicage des plantules de riz (35 dth ha<sup>-1</sup>, sous-section 3.4.4) du fait d'une densité de plantation moins élevée. Comme 25% des champs nécessitent une régénération par bouturage, la main-d'oeuvre pour cette opération est donc de 2.5 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 7. Récolte

La récolte du bourgou est pratiquée soit en marchant dans l'eau, soit à l'aide d'une petite pirogue. La même vitesse de récolte est appliquée que pour la riziculture irriguée (sous-section 3.4.4), mais en relation avec la biomasse aérienne totale, ce qui résulte en un taux de 250 kg dth<sup>-1</sup>. Étant donné que 80% de la biomasse aérienne totale est récoltée en cours de décrue (le reste est brouté), les besoins en main-d'oeuvre pour cette opération sont de 48 dth ha<sup>-1</sup>.

#### 8. Transport

Il est supposé que la distance moyenne à parcourir est de 8 km et que le transport est effectué à l'aide de charrettes asines, à un taux de 400 kg dth<sup>-1</sup>. En conséquence, les besoins en main-d'oeuvre sont de 30 dth ha<sup>-1</sup>.

La main-d'oeuvre totale de (112.5 dth + 1 At) ha<sup>-1</sup> est répartie sur les diverses périodes de l'année (sous-section 1.3.1) comme indiqué dans le tableau 9.3.

## 9.6 Intrants monétaires

### 9.6.1 Amortissements

#### 1. Cultivateur à dents

En tenant compte du temps disponible pour effectuer la préparation du sol (20 jours) et de la main-d'oeuvre nécessaire, il faut un cultivateur à dents pour 20 ha. En supposant que le prix d'achat d'un cultivateur et sa longévité sont identiques à ceux d'une charrue normale (tableau A1.1), et tenant compte du même facteur d'accessibilité aux cultivateurs qu'aux charrues, le taux d'amortissement est de 630 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 2. Petit matériel

Nous ne disposons pas de données quant au type de petit matériel nécessaire, et par conséquent nous n'avons pas pu déterminer le prix d'achat et la longévité de ce matériel. Le taux d'amortissement appliqué dans le cas de la riziculture de casiers est appliqué, soit 500 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 3. Dignes

Comme pour la riziculture de casier (sous-section 3.3.5), le taux d'amortissement est fixé à 30 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 4. Pirogues

Une petite pirogue est nécessaire pour récolter et transporter le bourgou. La superficie exploitée par famille est estimée à 4 ha. En supposant qu'une pirogue par famille est nécessaire et vu le prix d'achat de 190 000 FCFA et la longévité de 7.5 ans (tableau A1.1), le taux d'amortissement calculé est de 6 350 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 9.6.2 Coûts des opérations

#### 1. Semences

La densité de semis à la volée est de 3 kg ha<sup>-1</sup> et le prix de la semence est de 150 FCFA kg<sup>-1</sup> (Diakitè & Kéita, 1988). Comme il est supposé que seulement 25% des superficies sont régénérées et qu'il est supposé que la régénération au moyen des pépinières utilise la même dose de semences, les coûts sont alors de 110 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 2. Pesticides

Bien que nous ne disposions pas de données sur l'utilisation actuelle des pesticides, nous avons supposé qu'ils sont épandus après avoir été mélangés avec les

semences. Comme pour les autres techniques semi-intensives, les frais ont donc été fixés à 250 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 3. Entretien des digues

Comme dans le cas de la riziculture de casiers (sous-section 3.3.5), les frais annuels d'entretien des digues ont été fixés à 5 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 4. Pierre à lécher

L'une des caractéristiques les plus typiques du bourgou est sa haute digestibilité (= matière sèche digérée/matière sèche totale ingérée). Même avec une teneur en azote peu élevée (5 g kg<sup>-1</sup>), la digestibilité est de 65%, une valeur normalement obtenue pour le fourrage avec une teneur en azote d'environ 15 g kg<sup>-1</sup> (Bremner & de Ridder, 1990; figure 9.1). Ceci a cependant des conséquences quant au régime alimentaire de l'animal qui a besoin d'une autre nourriture compensatrice pour satisfaire ses besoins en protéines. Traoré (1978) a observé qu'en pratique la fraction de bourgou dans le régime alimentaire n'excède pas 0.51 (en mai, avec 0.43 de bourgou sec et 0.08 de bourgou vert dans les champs), le reliquat étant assuré par une ration fourragère relativement riche en protéines.

Par conséquent, afin d'exploiter le bourgou de manière optimale (figure 9.1) étant donné sa teneur moyenne en azote déficiente (8 g kg<sup>-1</sup> contre 15 g kg<sup>-1</sup> indispensable) (section 9.6), une pierre à lécher essentiellement composée d'urée est utilisée pour compenser cette déficience (Baur *et al.*, 1989). La quantité d'azote nécessaire est de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Une alternative serait un bloc de mélasse-urée (Sansoucy, 1986).

Etant donné que nous ne disposons pas d'informations quant aux prix d'achat, il a été supposé que le prix de l'azote dans la pierre à lécher est celui de l'azote sous forme d'urée (annexe 1.2) plus 10% pour les compléments minéraux et ceux pour améliorer le goût. Donc, le prix serait de 491 FCFA kg<sup>-1</sup> et le coût de ces opérations s'élèverait à 58 870 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Les intrants monétaires totaux engendrés par la culture semi-intensive du bourgou sont considérables. Ils sont évalués à 102 000 FCFA ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (tableau 9.3).

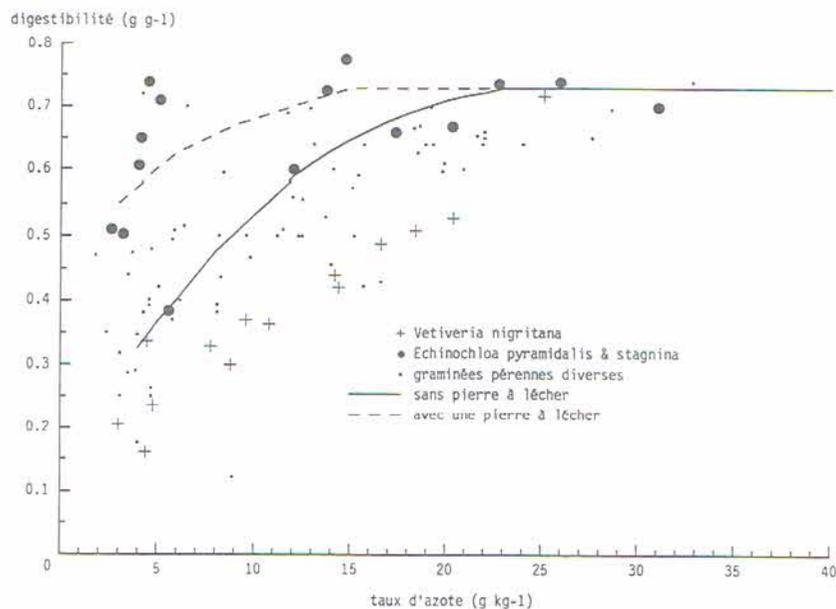


Figure 9.1. Digestibilité *in-vitro* du matériel organique en tant que fonction de la concentration d'azote dans la matière sèche (Bremner & de Ridder, 1990).

## 9.7 Besoins en boeufs

Etant donné la nécessité d'utiliser des cultivateurs à dents pour préparer le sol, les besoins en boeufs sont deux fois plus élevés que les besoins en cultivateurs, i.e.  $0.13 \text{ ox ha}^{-1}$ .

## 9.8 Tableau des intrants - extrants

Les intrants et extrants de la technique semi-intensive de production du bœuf sont quantifiés pour les besoins du modèle-PL et sont indiqués dans le tableau 9.3.

Tableau 9.3. Tableau des intrants-extrants de la technique semi-intensive de production du bourgou sur sol F3b.

CHARACTERISTIQUES	SEMI-INTENSIVE
Traction animale	+
Fumure organique	+
Fumure minérale	+
Jachère	-
<b>INTRANTS</b> [ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	
JACHERE/FUMIER/ENGRAIS	
Ratio années de jachère/ année de culture [-]	-
Fumier [kg MS]	3 500
Engrais N [kg]	387
Engrais P [kg]	65
Engrais K [kg]	297
MAIN-D'OEUVRE <sup>a</sup> [dth]	
6 Pépinières	1.5
1 Fumure de fond	1
1 Transport du fumier et épandage	27.5
1 Préparation du sol	2. + 1 At
1 Bouturage	2.5
6 Récolte	48
6 Transport	30
Total	112.5 + 1 At
INTRANTS MONETAIRES [FCFA]	
Amortissement	
Cultivateur à dents	630
Petit matériel	500
Digues	30 000
Pirogues	6 350
Total partiel	37 480
Coûts des opérations	
Semences	110
Pesticides	250
Entretien des digues	5 000
Pierre à lécher	58 870
Total partiel	64 230
Total	101 710
BOEUFS [ox]	0.13
<b>EXTRANTS</b> [ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] <sup>b</sup>	
Foin <sup>c</sup> [kg MS]	15 000

<sup>a</sup>) les nombres avant les opérations font référence à la période de l'année (sous-section 1.3.1).

<sup>b</sup>) en année normale dans la zone pluviométrique I (530 mm).

<sup>c</sup>) le taux moyen de N en combinaison avec la pierre à lécher est de 15 g kg<sup>-1</sup>.

## 10. CULTURES FOURRAGERES

(N. van Duivenbooden)

### 10.1 Introduction

En plus des pâturages naturels, des concentrés et des sous-produits agricoles, les cultures fourragères peuvent constituer une source alimentaire complémentaire pour les animaux, que ce soit pour leur permettre de survivre pendant la saison sèche ou pour accroître la production animale. De telles cultures fourragères nécessitent bien plus de soins que les pâturages naturels. Il faut, par exemple, procéder à des épandages d'engrais et à des pulvérisations phytosanitaires si l'on veut obtenir un rendement substantiel. En conséquence, les conditions de croissance doivent être aussi optimales que possible afin de justifier le montant des investissements nécessaires pour exploiter de telles cultures. Les cultures fourragères sont cultivées à petite échelle; en 1984, la taille des champs destinés à ces cultures au Mali Central variait de 0.1 à 0.5 ha (Coulibaly, 1984); aucune donnée n'est cependant disponible pour la Région.

Coulibaly (1984) indique cinq espèces proposées aux paysans: *Cenchrus ciliaris*, *Cenchrus setigerus*, *Dolichos lablab*, *Macroptilium atropurpureum* et *Stylosanthes hamata*. Comme indiqué précédemment (section 6.1), le niébé peut également être cultivé comme fourrage vu qu'il est souvent utilisé pour nourrir les boeufs de traction (Coulibaly, 1984; Berckmoes & Bengaly, 1989). La culture issue du cultivar de niébé traité au chapitre 6 est une culture d'utilité double dénommée "mixte" (grains et fourrage), mais il existe un grand nombre de variétés qui ne sont cultivées que comme fourrage. Dans ce cas, si le grains est néanmoins récolté, il est considéré comme étant un sous-produit de récolte. Le chapitre 6 développe plus en détail la culture du niébé. Les autres cultures fourragères ont été l'objet d'études approfondies effectuées par Coulibaly (1984), Bayer (1986), Samaké *et al.*, (1986) et Skerman *et al.* (1988).

Dans ce chapitre, un type de culture fourragère intensive est définie en se basant sur le niébé. Les grains ne sont pas récoltés séparément, mais font partie du fourrage. La technique appliquée inclut la traction animale, l'épandage de fumures minérale et organique et les mesures de lutte phytosanitaire.

Pour éviter une confusion possible avec le niébé tel que défini dans le chapitre 6, la culture objet de la présente étude a été dénommée niébé-CF.

### 10.2 Environnement

L'environnement de ces cultures fourragères est identique à celui de la technique intensive de production du niébé mixte (section 6.2), qui peut être pratiquée sur des sols de types B2, C1 et F1 dans les zones pluviométriques III & IV, de I à IV et de I à III, respectivement.

### 10.3 Rendement

Les rendements rapportés, en matière sèche de diverses cultures fourragères dans les champs en station expérimentale ont varié de 400 à 4 800 kg ha<sup>-1</sup>; dans les champs des paysans par contre, les variations ont été de 450 à 950 kg ha<sup>-1</sup> (Coulibaly, 1984). Dans les deux cas, les rendements ont été fonction de l'espèce utilisée, mais aucune donnée n'est disponible quant à l'épandage d'engrais minéraux. Samaké *et al.* (1986) ont rapporté des rendements pouvant aller jusqu'à 5 000 kg ha<sup>-1</sup> dans des champs fertilisés et en station expérimentale.

La production de matière sèche totale de niébé-CF est calculée sur la base des résultats de la simulation quant à la production limitée par la disponibilité en eau (Erenstein, 1990). Etant donné que l'efficacité de conversion de la matière assimilée en matière sèche des grains est moins élevée que celles des limbes (Penning de Vries & van Laar, 1982), le rendement total de la biomasse aérienne cible est fixé à 80% de la somme de la production de paille simulée et de la production simulée de grain qui est augmentée de 15% (tableau 10.1). Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que les 80% de la somme du rendement obtenu dans des conditions où des engrais n'ont pas été appliqués, et d'une production additionnelle de 3 000 kg ha<sup>-1</sup> obtenue grâce à l'épandage de fertilisants (Penning de Vries, 1982).

Les rendements-cibles pour une année sèche sont calculés de la même manière que ceux de la technique intensive de production du niébé soit respectivement de 2 300, de 2 620 et de 1 540 kg ha<sup>-1</sup> pour les sols de types B2, C1 et F1.

Bien qu'un cultivar de niébé de type fourrager soit utilisé, quelques grains sont habituellement aussi produits. En se basant sur les résultats d'une étude bibliographique effectuée par van Duivenbooden (1990a), on a pu fixer un indice de récolte de 0.05. Cependant, ces grains font partie intégrante du fourrage. En outre, le rapport grain/fruit fixé est identique à celui de la technique intensive de production du niébé, c'est-à-dire de 0.70.

### 10.4 Besoins en éléments nutritifs

En conséquence de notre choix de prendre le niébé comme culture fourragère, les mêmes teneurs minimales en éléments nutritifs [g kg<sup>-1</sup>] ont été utilisées; pour les grains les teneurs en N, en P et en K s'élèvent respectivement à 35.0, à 3.0 et à 12.0; pour les cosses elles sont respectivement de 11.0, de 0.7 et de 8.0, tandis que pour les fanes elles sont respectivement de 13.0, de 0.9 et de 6.8 (van Duivenbooden, 1990a).

Sur la base de ces teneurs et en appliquant la méthode décrite au chapitre 1, les besoins en fumures minérales et organiques ont été calculés pour chaque activité (tableau 10.1).

## 10.5 Calendrier de culture et besoins en main-d'oeuvre

La période de culture fourragère est assimilable à celle du niébé mixte. De ce fait, les moments des différentes opérations sont également assimilables à ceux des opérations de technique intensive de production du niébé mixte sauf en ce qui concerne la récolte des gousses et l'écoassage. Pour les autres opérations les besoins en main-d'oeuvre ont été évalués sur les mêmes bases (besoins en main-d'oeuvre pour les opérations de transport du fumier, pour la récolte et le transport des fanes) (section 6.5).

Le besoin total en main-d'oeuvre est d'environ  $60 \text{ dth ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  comme indiqué dans le tableau 10.1. Cette valeur est plus élevée que celle qui a été déterminée par Coulibaly (1984) et qui s'élève à  $43 \text{ dth ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , mais les données disponibles ne permettent pas d'expliquer cette différence.

## 10.6 Intrants monétaires

### 10.6.1 Amortissements

L'amortissement annuel est identique à celui déterminé pour le niébé mixte intensif (sous-section 6.6.1) et qui s'élève à  $7\,960 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

### 10.6.2 Coûts des opérations

Le montant de ces frais est identique à celui établi pour le niébé mixte intensif (sous-section 6.6.1), c'est-à-dire  $15\,130 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Les intrants monétaires totaux s'élèvent donc à  $23\,090 \text{ FCFA ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

## 10.7 Besoins en boeufs

Etant donné la quantité élevée de charrues nécessaires pour les opérations de préparation du sol, les besoins en boeufs sont considérables, i.e. de  $0.75 \text{ ox ha}^{-1}$ .

## 10.8 Tableau des intrants-extrants

Les intrants et les extrants de la technique de culture fourragère définie sont quantifiés dans le tableau 10.1.

Tableau 10.1. Tableau des intrants-extrants des techniques intensives de culture fourragère sur les trois types de sols.

CHARACTERISTIQUES	INTENSIVE		
	B2 <sup>d</sup>	C1	F1
Traction animale	+	+	+
Fumure organique	+	+	+
Fumure minérale	+	+	+
Jachère	-	-	-
<b>INTRANTS</b> [ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]			
JACHERE/FUMIER/ENGRAIS			
Ratio années de jachère/ année de culture [-]	-	-	-
Fumier [kg MS]	1 300	910	680
Engrais N [kg]	54	37	43
Engrais P [kg]	11	14	9
Engrais K [kg]	80	58	44
<b>MAIN-D'OEUVRE<sup>a</sup></b> [dth]			
6 Nettoyage	1	1	1
1 Epandage du fumier	8	5.5	4
1 Fumure de fond	1	1	1
1 Préparation du sol	12.+ 6 At	12.+ 6 At	12.+ 6 At
1 Semis	5	5	5
2 Sarclage 1	10.+ 2 At	10.+ 2 At	10.+ 2 At
2 Pulvérisation	0.5	0.5	0.5
3 Sarclage 2	12	12	12
3 Pulvérisation	1.5	1.5	1.5
3 Récolte	7	7	7
4 Transport	6	5.5	5
<b>Total</b>	<b>64.+ 8 At</b>	<b>61.+ 8 At</b>	<b>59.+ 8 At</b>
<b>INTRANTS MONETAIRES</b> [FCFA]			
<b>Amortissement</b>			
Charrue	5 260	5 260	5 260
Petit matériel	1 500	1 500	1 500
Pulvérisateur	1 200	1 200	1 200
<b>total partiel</b>	<b>7 960</b>	<b>7 960</b>	<b>7 960</b>
<b>Coûts des opérations</b>			
Semences	2 630	2 630	2 630
Pesticides	12 500	12 500	12 500
<b>total partiel</b>	<b>15 130</b>	<b>15 130</b>	<b>15 130</b>
<b>Total</b>	<b>23 090</b>	<b>23 090</b>	<b>23 090</b>
BOEUFS [ox]	0.75	0.75	0.75
<b>EXTRANTS</b> [ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] <sup>b</sup>			
Fanes <sup>c</sup> [kg MS]	4 000 <sup>d</sup>	3 900	3 300

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

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

c) Avec des grains et cosses, le taux moyen de N est de 26.9 g kg<sup>-1</sup>.

d) Type de sol B2 se trouve seulement en ZP III et IV.

## 11. PATURAGES

(H. Breman)

Sur la base des données disponibles, il a été procédé à une évaluation de la quantité et de la qualité de fourrage produit par les pâturages naturels. Une évaluation de la nourriture provenant de la production agricole a été faite aux chapitres précédents. En ce qui concerne la méthodologie appliquée, il a été fait une différence entre les pâturages de la zone deltaïque (Delta Central et Zone Lacustre) et les autres. Dans le premier cas, ce sont des observations sur le terrain qui ont constitué le point de départ de l'étude; dans le deuxième cas, le point de départ a été la pluviométrie et les substrats. La dynamique des pâturages du Sahel est tellement grande qu'il est préférable de baser cette analyse sur ces deux derniers facteurs plutôt que sur une évaluation unique effectuée dans le passé (Wilson *et al.*, 1983; Cissé, 1986; Breman *et al.*, 1984a).

Breman & de Ridder (1991) ont élaboré dans leur Manuel sur les pâturages des pays sahéliens une méthode permettant de déterminer la situation fourragère aussi bien pour des années normales que pour des années sèches, en fonction de la pluviométrie et des substrats. La référence à cette méthode dans le texte est automatiquement associée, sans qu'il soit nécessaire de le rappeler à chaque fois, aux pâturages hors de la zone deltaïque pour lesquels elle est utilisée. Tous les calculs nécessaires ont été effectués pour chaque type de sol, et ceci pour deux cas eu égard à la situation actuelle en ce qui concerne les fréquences des feux de brousse et en cas d'une lutte efficace contre les feux de brousse.

Le seul aspect qualitatif ayant retenu l'attention est la teneur en azote du fourrage, du moins en ce qui concerne la strate herbacée. En ce qui concerne le fourrage ligneux, il a également été tenu compte de l'appétibilité. Cela ne signifie pas que les autres critères de qualité ont pour autant été négligés; la méthode s'appuie sur la relation existant entre la teneur en azote et la digestibilité, ainsi que celle existant entre les teneurs en azote et en phosphore.

### 11.1 Pâturages sans submersion: strate herbacée

#### 11.1.1 Approche

La production des pâturages et la qualité du fourrage produit dépendent des propriétés des différents types de sol ainsi que de la pluviométrie. Deux approches ont été utilisées, en fonction de la quantité d'eau de pluie infiltrée, moins celle perdue pour la végétation par percolation. Si cette quantité est inférieure à 250 mm a<sup>-1</sup>, la biomasse annuelle moyenne produite est calculée suivant la formule:

$$B = 8.77 * (I - D) - 692$$

(14)

où

B = la biomasse aérienne totale annuelle moyenne produite en fourrage herbacé [kg ha<sup>-1</sup>]

I = quantité d'eau de pluie infiltrée [mm a<sup>-1</sup>]

D = quantité d'eau de pluie perdue pour la végétation par percolation [mm a<sup>-1</sup>].

La disponibilité en eau est alors tellement limitée qu'elle est le facteur dominant qui limite la production. Si, par contre, cette quantité est égale ou supérieure à 250 mm, c'est alors la disponibilité en éléments nutritifs, surtout l'azote, qui sera le facteur limitatif de la production. Dans ce cas, la formule suivante est utilisée:

$$N_b = \frac{0.8300 * (I - D)}{f - 0.13} \quad (15)$$

où

N<sub>b</sub> = la quantité annuelle moyenne disponible en azote pour la production totale de fourrage herbacé [kg ha<sup>-1</sup>]

f = la fraction moyenne de N<sub>b</sub> perdue par année.

Dans cette étude, on s'est basé sur la fertilité moyenne du sol de la Région, sauf dans certains cas particuliers (sous-section 11.1.4). La production de biomasse est ensuite calculée à partir de N<sub>b</sub>, par le biais de la teneur en azote de cette biomasse à la fin de la saison de croissance. Cette teneur en azote a été évaluée par type de sol (sous-section 11.1.5).

### 11.1.2 Disponibilité en eau

La disponibilité en eau [mm a<sup>-1</sup>] dans une année normale et dans une année sèche, est déterminée sur la base de la pluviosité, du ruissellement en fonction du substrat, de la capacité de stockage du sol et des pertes dues à la percolation. L'eau est considérée comme étant perdue si elle s'infiltré à une profondeur de plus de 2 m, à moins que le recouvrement par les couronnes de l'ensemble des arbres ne représente plus de 15%. En ce qui concerne les sols peu profonds, c'est la profondeur effective de ces sols qui est appliquée et non celle de 2 m mentionnée plus haut.

Il est en effet admis que dans le cas du recouvrement ligneux de plus de 15%, l'eau est certes perdue pour la strate herbacée lorsqu'elle s'infiltré à plus de 2 m de profondeur, mais que l'azote de cette eau reste néanmoins disponible pour l'ensemble de la végétation, grâce aux arbres (sous-section 11.1.4).

La disponibilité en eau ainsi calculée diffère de celle indiquée pour la production agricole (rapport 2, section 2.3.). Dans ce dernier cas, il n'est par exemple pas tenu compte du ruissellement, étant donné le labour et le type de sols convenant à

l'agriculture.

Un aperçu de la disponibilité en eau évaluée est présenté dans le tableau 11.1. Il ressort de ce tableau que la disponibilité en eau est, dans la plupart des cas, moins élevée que l'apport pluviométrique: il est question d'une perte nette par ruissellement et par percolation. Les pertes par ruissellement restent limitées dans les sols de type sable-limoneux (B), elles sont très élevées dans les sols de type limon argileux ou argile limoneuse (D, E, F). La disponibilité en eau est effectivement limitée dans les types de sols très peu profonds (C2 et F2) lorsque les pertes par percolation viennent s'ajouter aux pertes par ruissellement.

Il ne se produit pas de ruissellement dans les sols sableux (A), pas plus qu'il ne se produit de pertes par percolation car, d'une part ces types de sols sont profonds et d'autre part, ils ne se retrouvent que dans le nord de la Région, là où la pluviométrie est insuffisante pour humidifier le sol à une profondeur supérieure à 2 m.

Les types de sols E1a et F1 accueillent les eaux de ruissellement provenant des sols environnants; la disponibilité en eau y est plus élevée que l'apport pluviométrique annuel.

Tableau 11.1. Quantité d'eau disponible [ $\text{mm a}^{-1}$ ] par type de sols pour les 4 zones pluviométriques [ZP], pour une année normale et pour une année sèche.

TYPE DE SOLS	ZP I		ZP II		ZP III		ZP IV	
	Normale	Sèche	Normale	Sèche	Normale	Sèche	Normale	Sèche
	530	360	455	300	375	235	255	155
A	.	.	.	.	.	.	255	155
B1,2	420	330	0	0	330	160	245	150
C1	422	315	375	275	320	215	240	145
C2	.	.	155	155	155	155	.	.
D1,2	380	285	340	250	285	210	225	140
E1a	.	.	0	0	470	295	320	195
E2a	.	.	225	150	280	175	0	0
F1	660	450	375	250	225	140	0	0
F2	155	144	227	150	187	117	127	77
F3	0	0	.	.	0	0	320	195

.) valeur impossible; 0) superficies négligeables.

### 11.1.3 Facteur f

Nous ne disposons pas, pour la Région, de données quant au facteur f, soit la fraction moyenne d'azote de la biomasse herbacée perdue annuellement pour le système sol-plante. Pour le calcul de la production, nous avons par conséquent sélectionné des valeurs standard qui ont été déterminées en fonction de la moyenne pluviométrique. Pour les zones pluviométriques I à IV, dans le tableau 11.1, ces valeurs sont respectivement de 0.38, de 0.36, de 0.35 et de 0.32. Ces valeurs ont cependant été corrigées pour tenir compte des pertes estimées dues au feu et au

broutage. Il est supposé que la quote-part des pertes dues au feu influençant  $f$ , s'accroît de 0 dans le nord de la Région jusqu'à 0.13 dans le sud. Etant donné l'effectif animal et la répartition des troupeaux pendant l'année, la quote-part des pertes dues au broutage et susceptibles d'influencer  $f$ , est évaluée à 0.075 pour les sols C2, F et G, à 0.15 pour D, à 0.09 pour la zone pluviométrique I (ZP I), et croît jusqu'à 0.15 pour la ZP IV. La quote-part des autres pertes est fixée à 0.2, comme pour les valeurs standard.

Ces évaluations démontrent que les valeurs de  $f$  sont un peu plus élevées que les valeurs standard pour la plupart des types de sol dans la moitié sud de la Région (circa 0.4 dans les ZP I & II), et un peu plus basse (circa 0.3) dans la partie la plus au nord de la Région (ZP IV).

#### 11.1.4 Production

La production de biomasse est calculée pour une année de pluviométrie moyenne sur la base des formules présentées à la sous-section 11.1.1, de la disponibilité en eau estimée et des valeurs de  $f$ . La formule B est utilisée dans environ 30% des cas, étant donné la disponibilité en eau inférieure à 250 mm (tableau 11.1). Dans les autres cas, c'est la formule  $N_b$  qui est appliquée. Dans ces cas, la production de biomasse dérivant de la valeur  $N_b$  est calculée par le biais de la teneur moyenne en azote de cette biomasse, une valeur qui peut être graphiquement déterminée à l'aide de la méthode décrite dans le Manuel utilisé, quand des données concernant la pluviométrie et le ruissellement sont disponibles.

De même, la teneur en azote est également utilisée pour déterminer le rendement d'azote à l'hectare à partir de la biomasse, calculé à l'aide de la formule B. Il est dans tous les cas nécessaire de connaître ce rendement pour pouvoir calculer la production d'une année sèche. La valeur  $N_b$  varie considérablement en fonction de la profondeur d'humidification du sol. Si l'on évalue cette profondeur, connaissant l'infiltration hydrique pendant une année normale et pendant une année sèche et tenant compte de la texture du sol et donc de sa capacité de stockage de l'eau, le rendement  $N_b$  pour une année sèche peut être évalué à partir de la valeur rapportée pour une année normale. En conséquence, la biomasse est de nouveau calculée en partant de la teneur en azote (tenant compte de la pluviométrie pendant une année sèche).

Un calcul quelque peu plus complexe a été effectué en ce qui concerne des situations (types de sol avec certaines pluviométries moyennes) où le recouvrement ligneux dépasse 15%. Dans ce cas, il faut s'attendre à une concurrence non négligeable avec la strate herbacée en ce qui concerne les éléments nutritifs, la lumière et l'eau. La méthode qui est indiquée dans le Manuel utilisé mène à une production de biomasse de la strate herbacée qui représente, pour le sol F1 dans la zone pluviométrique I (ZP I), 57% de la biomasse non soumise à la concurrence des plantes ligneuses, contre 72% pour E1a dans la ZP I et 90% pour F1 dans la ZP II. La correction pour B2 dans la ZP I est négligeable, partout ailleurs elle est inutile.

Il semble que la fertilité de certains types de sols diffère considérablement de la moyenne pour laquelle les formules B et  $N_b$  sont valables et qu'une correction de

la production ainsi calculée est par conséquent indispensable. Le facteur de correction dérive des différences de bilan de l'azote qui sont déterminées à partir des différences de disponibilité en phosphore, ces différences dérivant elles-mêmes des différences de teneurs en matières organiques. C'est ainsi que la production calculée pour D2 et E2a doit être multipliée par 0.75 (sols extrêmement pauvres), celle calculée pour F3a, par 1.15 (sols relativement riches).

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau 11.2, en même temps que l'un des paramètres les plus importants, celui de la teneur en azote à la fin de la saison de croissance.

*Tableau 11.2. Production annuelle de la strate herbacée [kg ha<sup>-1</sup> de MS] et teneur en azote de la biomasse à la fin de la saison de croissance [g kg<sup>-1</sup> de MS] pour une année normale et une année sèche. Les valeurs sont données selon les types de sol et les zones pluviométriques.*

TYPE DE SOLS	ZONE PLUVIO	PRODUCTION		TENEUR EN N	
		Normale	Sèche	Normale	Sèche
A	IV	1 575	845	9.6	14.0
B1	I	1 790	1 395	7.2	8.4
B1.2	III	1 675	1 080	8.6	11.3
B2	IV	1 455	625	10.2	14.9
C1	I	1 855	1 345	7.0	9.0
	II	1 645	1 255	7.9	9.5
	III	1 575	1 050	8.9	11.8
	IV	1 415	580	10.6	15.9
C2	II, III	665	665	13.8	16.2
D1	I	1 485	1 020	7.6	9.9
	II	1 235	860	8.5	10.9
	III	960	710	9.9	12.1
	IV	1 280	535	11.7	17.0
D2	IV	960	400	11.7	17.0
E1a	III	3 255	2 240	6.3	8.4
	IV	2 315	940	8.2	11.5
E2a	II	960	465	10.5	15.3
	III	910	385	10.0	14.5
F1	I	1 600	1 190	5.6	6.5
	II	1 235	760	7.3	9.7
	III	1 280	535	11.6	17.3
F2	I	665	570	9.9	14.4
	II	1 300	625	10.5	15.5
	III	950	335	12.8	19.0
	IV	420	-	18.0	.
F3a	IV	1 715	615	8.1	11.4

-) valeur nulle; .) valeur impossible.

Une comparaison avec les observations effectuées sur le terrain dans la Région en 1971 (Boudet *et al.*, 1972) permet de se faire une idée en ce qui concerne la fiabilité des valeurs calculées; 1971 est en effet une année où il a plu environ 10% de moins que la normale. La synthèse de toutes les observations (Breman, 1975) indique qu'au cours de cette année, la production de la strate herbacée a varié de 1 000 kg ha<sup>-1</sup> dans le nord (ZP IV) à 2 100 kg ha<sup>-1</sup> dans le sud (ZP I); les pâturages sur les sols peu profonds (C2, E2a et F2) ont produit un peu moins de la moitié que ce qu'ont produit les pâturages sur sols sableux (A et B) et presque un tiers de la production de ceux situés sur les sols alluviaux profonds (C1, D1 et E1a). Les tendances ressortant du tableau 11.2 sont entièrement confirmées par les résultats de cette étude sur le terrain, mais l'approche théorique semble avoir quelque tendance à légèrement sous-estimer la production au sud de la Région.

Le tableau 11.2 indique que dans une année sèche, la production au sud est approximativement 75% en moyenne de celle d'une année normale, contre 35% au nord.

#### 11.1.5 Disponibilité en fourrage et qualité

La disponibilité en fourrage est calculée à partir de la production présentée dans le tableau 11.2. Deux situations sont décrites; l'une, où les pâturages sont efficacement protégés contre les feux de brousse, l'autre, tenant compte de la fréquence actuelle des feux de brousse.

Dans les deux cas, des corrections sont tout d'abord appliquées pour compenser les pertes dues au broutage ou à des causes autres que l'incendie et le broutage. Dans le cas de pâture pendant la saison des pluies uniquement, la disponibilité en fourrage est déterminée en multipliant la production annuelle par 0.5; pour une pâture continue ou pendant la saison sèche uniquement, le multiplicateur est alors 0.35.

L'effet des feux de brousse est évalué sur la base d'un accroissement linéaire des pertes de biomasse de 0% pour une production annuelle de moins de ou égale à 700 kg ha<sup>-1</sup> à 60% pour une production de 5 000 kg ha<sup>-1</sup>. A long terme, une charge animale identique mais associée à des mesures de prévention efficaces contre les feux de brousse, devrait entraîner un rapport  $N_b$  plus élevé ce qui aurait pour conséquence d'accroître la production, parce que la valeur  $f$  dans la formule  $N_b$  (Eq. 15) diminuerait. En théorie, il faut s'attendre à une production 1.9 fois plus élevée dans la ZP I, 1.6 fois plus élevée dans la ZP II et 1.3 plus élevée dans la ZP III. Ces valeurs n'ont pas été introduites dans les calculs; nous n'avons tenu compte que de la plus-value directe de la lutte contre les feux en fonction du niveau actuel de production.

La disponibilité en fourrage évaluée uniquement sur la base de la strate herbacée est représentée dans les tableaux 11.3a et 11.4a (année normale, respectivement sans et avec feux de brousse) et 11.3b et 11.4b (année sèche, respectivement sans et avec feux de brousse). Dans tous les cas, la situation a été étudiée pour trois formes d'utilisation: pâture pendant la saison des pluies, pendant toute l'année et pendant la saison sèche.

Tableau 11.3a. Disponibilité en fourrage [D, kg ha<sup>-1</sup> de MS] et teneur en azote [T, g kg<sup>-1</sup> de MS], basée sur la strate herbacée avec pâture annuelle continue. Pour une année normale, sans feux de brousse.

TYPE DE SOLS	ZONE PLUVIO	SAISON DES PLUIES		SAISON SECHE					
		D	T	bon		moyen		médiocre	
				D	T	D	T	D	T
A	IV	140	19	410	8	-	.	-	.
B1	I	160	16	-	.	200	7.5	270	3
B1,2	III	150	17	-	.	380	7.5	60	4
B2	IV	110	20	380	9	-	.	-	.
C1	I	160	15	-	.	210	7.5	270	3
C1	II	140	16	-	.	280	7.5	150	3
C1	III	140	18	-	.	360	7.5	60	4
C1	IV	110	20	370	9	-	.	-	.
C2	II	60	21	180	10	-	.	-	.
C2	III	60	2	180	11	-	.	-	.
D1	I	130	16	-	.	260	7.5	140	3
D1	II	110	17	-	.	220	7.5	110	3
D1	III	80	19	240	8	-	.	-	.
D1	IV	100	21	340	10	-	.	-	.
D2	III	60	19	190	8	-	.	-	.
D2	IV	80	21	250	10	-	.	-	.
E1a	III	280	15	-	.	470	7.5	640	3
E1a	IV	200	17	-	.	470	7.5	230	3
E2a	II	100	20	320	9	-	.	-	.
E2a	III	80	19	310	8	-	.	-	.
F1 <sup>a)</sup>	I	250	15	-	.	430	7.5	560	3
F1 <sup>a)</sup>	II	120	16	-	.	210	7.5	280	3
F1 <sup>a)</sup>	III	100	21	340	10	-	.	-	.
F2	I	60	19	180	8	-	.	-	.
F2	II	110	20	340	9	-	.	-	.
F2	III	80	22	250	11	-	.	-	.
F2	IV	40	26	110	14	-	.	-	.
F3a	IV	150	17	-	.	400	7.5	210	3

<sup>a)</sup> A l'exclusion de TH6 et TH7 (classification du PIRT) dans le Delta Central et la Zone Lacustre.

-) valeur nulle; .) valeur impossible.

Tableau 11.3b. Disponibilité en fourrage [D, kg ha<sup>-1</sup> de MS] et teneur en azote [T, g kg<sup>-1</sup> de MS], basée sur la strate herbacée avec pâture annuelle continue. Pour une année sèche, sans feux de brousse.

TYPE DE SOLS	ZONE PLUVIO	SAISON DES PLUIES		SAISON SECHE					
		D	T	bon		moyen		médiocre	
				D	T	D	T	D	T
A	IV	70	23	220	11	-	.	-	.
B1	I	120	17	-	.	240	7.5	120	3
B1,2	III	90	21	280	10	-	.	-	.
B2	IV	50	24	160	12	-	.	-	.
C1	I	120	18	-	.	310	7.5	50	4
C1	II	110	19	330	8	-	.	-	.
C1	III	90	21	280	10	-	.	-	.
C1	IV	50	24	150	13	-	.	-	.
C2	II	60	24	180	13	-	.	-	.
C2	III	60	25	180	13	-	.	-	.
D1	I	90	19	270	8	-	.	-	.
D1	II	80	20	230	9	-	.	-	.
D1	III	60	22	190	11	-	.	-	.
D1	IV	50	25	140	13	-	.	-	.
D2	III	50	22	140	11	-	.	-	.
D2	IV	40	25	110	13	-	.	-	.
E1a	III	200	17	-	.	390	7.5	200	3
E1a	IV	80	21	250	10	-	.	-	.
E2a	II	40	24	120	13	-	.	-	.
E2a	III	30	24	100	11	-	.	-	.
F1 <sup>a)</sup>	I	180	15	-	.	240	7.5	310	3
F1 <sup>a)</sup>	II	70	19	220	8	-	.	-	.
F1 <sup>a)</sup>	III	50	25	140	14	-	.	-	.
F2	I	50	24	150	12	-	.	-	.
F2	II	60	24	160	13	-	.	-	.
F2	III	30	26	90	14	-	.	-	.
F2	IV	-	.	-	.	-	.	-	.
F3a	IV	50	21	160	10	-	.	-	.

a) A l'exclusion de TH6 et TH7 (classification du PIRT) dans le Delta Central et la Zone Lacustre.

-) valeur nulle; .) valeur impossible.

Tableau 11.4a. Disponibilité en fourrage [D, kg ha<sup>-1</sup> de MS] et teneur en azote [T, g kg<sup>-1</sup> de MS], basée sur la production de la strate herbacée avec pâture annuelle continue. Pour une année normale, avec feux de brousse.

TYPE DE SOLS	ZONE PLUVIO	SAISON DES PLUIES		SAISON SECHE					
		D	T	bon		moyen		médiocre	
				D	T	D	T	D	T
A	IV	140	19	360	8	-	.	-	.
B1	I	160	16	-	.	170	7.5	230	3
B1,2	III	150	17	-	.	330	7.5	50	4
B2	IV	110	20	340	9	-	.	-	.
C1	I	160	15	-	.	180	7.5	230	3
C1	II	140	16	-	.	240	7.5	130	3
C1	III	140	18	-	.	320	7.5	50	4
C1	IV	110	20	330	9	-	.	-	.
C2	II	60	21	180	10	-	.	-	.
C2	III	60	23	180	11	-	.	-	.
D1	I	130	16	-	.	230	7.5	120	3
D1	II	110	17	-	.	200	7.5	100	3
D1	III	80	19	240	8	-	.	-	.
D1	IV	100	21	310	10	-	.	-	.
D2	III	60	19	190	8	-	.	-	.
D2	IV	80	21	240	10	-	.	-	.
E1a	III	280	15	-	.	310	7.5	420	3
E1a	IV	200	17	-	.	360	7.5	180	3
E2a	II	100	20	310	9	-	.	-	.
E2a	III	80	19	310	8	-	.	-	.
F1 <sup>a)</sup>	I	250	15	-	.	300	7.5	390	3
F1 <sup>a)</sup>	II	120	16	-	.	190	7.5	250	3
F1 <sup>a)</sup>	III	100	21	310	10	-	.	-	.
F2	I	60	19	180	8	-	.	-	.
F2	II	110	20	310	9	-	.	-	.
F2	III	80	22	240	11	-	.	-	.
F2	IV	40	26	110	14	-	.	-	.
F3a	IV	150	17	-	.	340	7.5	180	3

a) A l'exclusion de TH6 et TH7 (classification du PIRT) dans le Delta Central et la Zone Lacustre.

-) valeur nulle; .) valeur impossible.

Tableau 11.4b. Disponibilité en fourrage [D, kg ha<sup>-1</sup> de MS] et teneur en azote [T, g kg<sup>-1</sup> de MS], basée sur la production de la strate herbacée avec pâture annuelle continue. Pour une année sèche, avec feux de brousse.

TYPE DE SOLS	ZONE PLUVIO	SAISON DES PLUIES		SAISON SECHE					
		D	T	bon		moyen		médiocre	
				D	T	D	T	D	T
A	IV	70	23	220	11	-	.	-	.
B1	I	120	17	-	.	220	7.5	110	3
B1,2	III	90	21	270	10	-	.	-	.
B2	IV	50	24	160	12	-	.	-	.
C1	I	120	18	-	.	280	7.5	40	4
C1	II	110	19	300	8	-	.	-	.
C1	III	90	21	260	10	-	.	-	.
C1	IV	50	24	150	13	-	.	-	.
C2	II	60	24	180	13	-	.	-	.
C2	III	60	25	180	13	-	.	-	.
D1	I	90	19	250	8	-	.	-	.
D1	II	80	20	220	9	-	.	-	.
D1	III	60	22	190	11	-	.	-	.
D1	IV	50	25	140	13	-	.	-	.
D2	III	50	22	140	11	-	.	-	.
D2	IV	40	25	110	13	-	.	-	.
E1a	III	200	17	-	.	300	7.5	160	3
E1a	IV	80	21	240	10	-	.	-	.
E2a	II	40	24	120	13	-	.	-	.
E2a	III	30	24	100	11	-	.	-	.
F1 <sup>a)</sup>	I	180	15	-	.	190	7.5	250	3
F1 <sup>a)</sup>	II	70	19	220	8	-	.	-	.
F1 <sup>a)</sup>	III	50	25	140	14	-	.	-	.
F2	I	50	24	150	12	-	.	-	.
F2	II	60	24	160	13	-	.	-	.
F2	III	30	26	90	14	-	.	-	.
F2	IV	-	.	-	.	-	.	-	.
F3a	IV	50	21	160	10	-	.	-	.

a) A l'exclusion de TH6 et TH7 (classification du PIRT) dans le Delta Central et la Zone Lacustre.

-) valeur nulle; .) valeur impossible.

Un seul indice de qualité est donné dans les tableaux 11.3 et 11.4: la teneur en azote du fourrage disponible. Cette valeur est dérivée de la teneur en azote de la biomasse à la fin de la période de végétation, tenant compte de l'évolution de cette teneur pendant la croissance et au cours de la saison sèche. Cette évolution dépend de la pluviométrie. Le Manuel utilisé présente trois situations pour la Région: pour une pluviométrie inférieure à 300 mm a<sup>-1</sup>, la teneur en azote diminue de 33 g kg<sup>-1</sup> en juillet pour atteindre 17.5 g kg<sup>-1</sup> en octobre et 10 g kg<sup>-1</sup> en juin; entre 300 et 600 mm a<sup>-1</sup>, ces valeurs sont respectivement de 28, de 10 et de 7 g kg<sup>-1</sup>; pour des pluviométries inférieures à 500 mm a<sup>-1</sup>, elles sont de 24, de 7 et de 3.5 g kg<sup>-1</sup>, respectivement. Toutes ces valeurs ont été utilisées pour établir des graphiques, ce qui permettra ensuite de déterminer l'évolution de la teneur d'azote dans les pâturages de la Région par interpolation ou extrapolation de ces valeurs à la fin de la période de croissance (tableau 11.2). Ensuite les teneurs moyennes d'azote pendant la saison des pluies et pendant la saison sèche ont été déterminées sur la base de cette évolution (tableaux 11.3 et 11.4).

Finalement, ce n'est que pour la saison sèche qu'il a été déterminé quelle fraction de fourrage peut tout juste constituer un menu ayant une teneur en azote de 7.5 g kg<sup>-1</sup>; sur la base de la teneur moyenne, il est par conséquent possible de déterminer la teneur en azote dans le reste du fourrage (tableaux 11.3 et 11.4). Le Manuel utilisé indique une teneur de 7.5 g kg<sup>-1</sup> comme étant un minimum pour du fourrage. Cela ne signifie pas que le reste de la biomasse n'est pas exploitable quand, en compensation, suffisamment de sous-produits agricoles ou du fourrage ligneux ayant une teneur d'azote suffisamment élevée sont tout au moins disponibles en quantités suffisantes.

## 11.2 Pâturages sans submersion: plantes ligneuses

### 11.2.1 Approche

La méthode utilisée pour déterminer le fourrage ligneux disponible est basée sur l'analyse et la synthèse d'un grand nombre de publications qui ont été écrites sur les arbres et les arbustes des pays du Sahel. Lorsque des données locales ne sont pas disponibles, la production est évaluée sur la base du recouvrement ligneux en fonction du substrat et de la pluviométrie d'une part, et du nombre de couches de feuillage d'autre part. Ce dernier paramètre dépend de la disponibilité en eau; les couches augmentent de 2 pour des valeurs inférieures à 400 mm a<sup>-1</sup> d'eau de pluie infiltrée, à 6 pour des valeurs supérieures à 900 mm a<sup>-1</sup>.

Les types de sol présentant des nappes d'eau souterraines peu profondes à proximité de la zone deltaïque sont supposés avoir des recouvrements s'écartant de la moyenne; il n'est également pas possible d'évaluer le nombre de couches de feuillage uniquement sur la base des seules infiltrations. De même, pour les évaluations concernant les types de sol dans la zone deltaïque (section 11.3), les observations les plus récentes ont été utilisées.

### 11.2.2 Recouvrement ligneux

Pour l'ensemble de la Région, il n'existe aucune donnée fiable permettant de déterminer le recouvrement et la production des plantes ligneuses. En fait, une évaluation complète des pâturages de la Région a bien été effectuée en 1971 par Boudet *et al.* (1972). Mais depuis, la sécheresse a détruit beaucoup d'arbres et d'arbustes (Breman *et al.*, 1984b). C'est pourquoi nous avons sélectionné la méthode mentionnée qui permet d'évaluer le recouvrement et le nombre de couches de feuillage, quand le substrat et la disponibilité en eau sont des paramètres connus, sous réserve qu'il ne soit pas question d'une densité de population ou de bétail exceptionnelle.

Afin de tester la fiabilité de la méthode pour la Région, l'étude de Boudet *et al.*, (1972) a été analysée en ce qui concerne le recouvrement des plantes ligneuses en fonction de la pluviométrie et du substrat. Une comparaison avec le recouvrement théoriquement déterminé pour la situation avant la sécheresse indique que, pour l'ensemble du Sahel, le recouvrement des arbres et des arbustes dans la Région, ne diffère pas de manière significative de celui des types de sol situés hors de la zone deltaïque ou de sa sphère d'influence directe. C'est ainsi que pour les dunes et les zones sableuses par exemple, le recouvrement mesuré augmente de moins de 5% pour une pluviométrie de 200 mm a<sup>-1</sup>, jusqu'à environ 20% pour une pluviométrie de 600 mm a<sup>-1</sup>; en théorie, des variations de 5 à 18% ont été déterminées. Pour des sols peu profonds, les mesures relevées ont présenté une augmentation de 0 à 20% pour une pluviométrie de 200 à 300 mm a<sup>-1</sup> jusqu'à un peu plus que 20% pour une pluviométrie de 600 mm a<sup>-1</sup>; en théorie, les estimations ont été de 5 à 15% pour une pluviométrie de 200 à 300 mm a<sup>-1</sup>, et de 27% pour une pluviométrie de 600 mm a<sup>-1</sup>.

Pour connaître le recouvrement actuel, une évaluation de la létalité végétale due à la sécheresse a été effectuée. En ce qui concerne la létalité dans la première moitié des années 70, une synthèse basée sur l'ensemble du Sahel (Breman *et al.*, 1984a) a été appliquée. Pour pouvoir introduire dans les calculs la létalité des années extrêmement sèches qu'ont été les années 1983 et 1984, il a été tenu compte de la diminution du recouvrement pendant la période allant de 1979 à 1989 sur un trajet de nord au sud justement situé à l'ouest de la Région. De 1976 à 1979 inclus, les pâturages ont été décrits annuellement sur la base de 35 prélèvements effectués sur différents substrats, entre les isohyètes 900 et 200 mm (Penning de Vries & Djitéye, 1982). En 1989, les prélèvements ont été effectués par L. Diarra (CIPEA) et M. Traoré (CNRZ/DRSPR).

La confrontation des valeurs ainsi obtenues pour le recouvrement avec les résultats des observations effectuées par le CIPEA depuis 1984 dans le Gourma (Hiernaux *et al.*, 1990), suggère que le recouvrement est sous-estimé dans le cas des sols peu profonds, et fortement sous-estimé dans les dépressions argileuses. Les types de sol sableux et limoneux ont très exactement présenté en 1989 le recouvrement qui avait été théoriquement évalué. Afin de ne pas sous-estimer les ressources des pâturages, il a été tenu compte pour les sols peu profonds, des résultats des mesures effectuées dans le Gourma, et pour les dépressions argileuses des évaluations théoriques effectuées pour les années 1970. Les résultats d'un nombre limité d'observations effectuées dans le Gourma plaident en faveur de ce

dernier procédé.

Les recouvrements en fonction desquels la production du fourrage ligneux est ensuite calculée sont représentés dans le tableau 11.5. Pour les types de sols F1 et B2 ayant une nappe phréatique superficielle, et qui n'aurait pas trop souffert de la sécheresse, les résultats d'observations effectuées dans les années 80 par Hiernaux (1980) et par l'auteur, ont été utilisés. La présence d'eau souterraine à faible profondeur domine sur la pluviométrie; de ce fait, une précision par zone pluviométrique n'a pas été effectuée, d'autant plus que le nombre d'observations était limité.

Tableau 11.5. Recouvrement total des arbres et arbustes (projection horizontale de l'ensemble des couronnes) [REC, %] et nombre de couches de feuillage [CF, n] par type de sol et zone pluviométrique.

TYPE DE SOLS	ZP I		ZP II		ZP III		ZP IV	
	REC	CF	REC	CF	REC	CF	REC	CF
A	2	2	2	2	2	2	2	2
B1	2	2	2	2	2	2	2	2
B2	15	4	15	4	15	4	15	4
C1	1	2	1	2	-	.	-	.
C2	-	.	3	2	2	2	2	2
D1	1	2	1	2	-	.	-	.
D2	1	2	1	2	-	.	-	.
E1a	30	4	17	3	6	2	4	2
E2a	1	2	1	2	-	.	-	.
F1	30	4	17	3	6	2	4	2
F1*	.	.	10	3	.	.	10	3
F2	-	.	3	2	2	2	2	2

\*) Delta Central et Zone Lacustre

-) valeur nulle; .) valeur impossible.

### 11.2.3 Production, disponibilité et qualité

Afin de calculer la production en fonction du recouvrement ligneux, il est nécessaire de déterminer le nombre de couches de feuillage par le biais de la relation indiquée à la sous-section 11.2.1 avec la disponibilité en eau pour une année normale (tableau 11.1). Une correction est cependant effectuée pour les types de sols dont les eaux souterraines sont proches de la surface. Celle-ci est basée sur quelques mesures de production effectuées par Hiernaux (1980).

Le poids spécifique moyen des feuillages est de  $120 \text{ g m}^{-2}$ ; une simple couche de feuillage fictive de 1 ha pèserait donc  $1\,200 \text{ kg ha}^{-1}$  (matière sèche). Il est donc possible de calculer la production annuelle de feuillage du recouvrement ligneux composé de plusieurs couches de feuillage (tableau 11.5). Pour la production dans une année sèche, il a été supposé, sur la base des observations effectuées par Bille *et al.* (1974), que la production des plantes ligneuses au Sahel est proportionnelle à la pluviométrie.

Si l'on multiplie la production de feuillage par 1.5, il est finalement possible de calculer la production totale de feuillage, de jeunes rameaux et de fruits. En multipliant de nouveau ces valeurs par 0.3, il est possible de déterminer la disponibilité moyenne pendant la saison sèche.

Tout le fourrage disponible n'est pas directement accessible. Dans la zone du Sahel, 35% du fourrage ligneux en moyenne se trouve en dessous des deux mètres. Mais l'exploitation totale de tout le fourrage accessible n'est pas souhaitable du point de vue de la durabilité de la production: un maximum de 15% de la production totale du fourrage ligneux d'une année normale est considéré comme étant exploitable sans que les arbres et les arbustes en souffrent.

La quantité du fourrage ligneux utilisable ainsi obtenue est indiquée dans le tableau 11.6. Ce dernier représente la situation pendant la saison sèche. A l'aide des informations ci-dessus, il est possible d'en dériver la situation pour l'année toute entière. La teneur en azote de cette biomasse est évaluée à  $14 \text{ g kg}^{-1}$  pour la saison sèche. Les différences entre les types de sol et les zones pluviométriques sont estimées négligeables. Il a cependant été tenu compte de la sélection, le point de départ étant une teneur en azote moyenne de  $20 \text{ g kg}^{-1}$  pour les espèces appréciées. Etant donné la qualité des rameaux et des fruits et leur apport au fourrage ligneux, cette valeur est multipliée par 0.7.

Tableau 11.6. Disponibilité en fourrage ligneux [ $\text{kg ha}^{-1}$  de MS] en saison sèche selon les types de sols et zones pluviométriques.

TYPE DE SOLS	ANNEE NORMALE				ANNEE SECHE			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
A, B1	8	8	8	8	5	5	5	5
C1, D1, D2, E2a	4	4	-	-	3	3	-	-
E1a	.	35	23	14	.	20	14	9
C2, F2	12	12	8	8	8	8	5	5
F1 <sup>a</sup>	230	100	20	15	230	100	20	15
B2, G	.	80	80	80	.	80	80	80
F3a	50	.	50	50	50	.	50	50

<sup>a</sup>) A l'exclusion de TH6 et TH7 (classification du PIRT) dans le Delta Central et la Zone Lacustre.

-) valeur nulle; .) valeur impossible.

## 11.3 Pâturages de la zone deltaïque

### 11.3.1 Approche

La production et la qualité des pâturages de la zone deltaïque dans le Delta Central et la Zone Lacustre est décrite sur la base d'observations sur le terrain effectuées notamment par le CIPEA (Hiernaux, 1980; Hiernaux & Diarra, 1986), complétées par celles effectuées par Boudet *et al.* (1972) et Traoré (1978). Il s'agit d'observations effectuées dans le courant des années 70, lorsque les végétations

concernées étaient plus ou moins intactes et étaient dominées par des graminées vivaces. Il existait bien à l'époque des terres en jachère dont la végétation et la production n'étaient déjà plus originales, mais plutôt dominées par *Oryza longistaminata*. Il en a été tenu compte dans cette étude.

Afin de pouvoir utiliser les données recueillies par des tiers, il est tout d'abord nécessaire d'effectuer une recherche comparative quant aux points communs entre les différents types de sols. Hiernaux (1980) présente un aperçu détaillé des relations entre ses types de sols et ceux de Boudet *et al.* (1972). Les types de sols utilisés ici (rapport 1, chapitre 3) ont donc été exclusivement comparés à ceux de Hiernaux: E1b est composé de B(+Bp), VB, O(+Op) et VOR qui concernent les parties profondes de la zone deltaïque. E2b est formé de EOR, VSP, ESP et VH qui se rapportent aux parties peu profondes de la zone deltaïque. F3b est sous jachère de riziculture et est dérivé des types de sols précédents; sa production est considérée comme étant égale à celle de O. F1 concerne un groupe hétérogène de types de sols (AC, Agb, Ag, TT, TA, TD, TC et TS) dont le point commun est qu'ils ne sont pas submergés. Ils auraient déjà pu être analysés dans les sections 11.1 et 11.2, mais leur situation dans la zone deltaïque, entre des surfaces inondées ou inclus dans ces surfaces, les rend tellement particuliers, qu'il a été estimé que des observations sur le terrain sont beaucoup plus fiables que l'approche théorique précédente. Ceci est d'autant plus vrai, que l'herbe vivace *Andropogon Gayanus* domine sur 80% de la superficie, tandis que la théorie qui a été développée ne repose que sur des observations menées avec les herbes annuelles.

En ce qui concerne l'évaluation de la disponibilité, les informations données par Hiernaux (1980) ont été utilisées; elles ont été cependant complétées par des critères d'évaluation personnels. Deux arguments ont été décisifs pour justifier cette approche: Hiernaux a tenu compte d'un critère de qualité espèces, tandis que dans le modèle de programmation linéaire, la qualité varie en fonction de l'objectif de production; des différences jugées inutiles entre l'approche pour les pâturages du Delta Central et Zone Lacustre et du reste de la Région sont évitées.

La situation du fourrage est décrite pour la saison sèche uniquement, car c'est seulement pendant cette période que la zone deltaïque est accessible au bétail. Pour F1 seulement, il a été tenu compte de la possibilité de pâture pendant la saison des pluies. Contrairement à Hiernaux (1980), il n'a pas été fait d'évaluation spéciale quant à la pâture au début de la saison sèche (pâture d'entrée). Cela induirait une précision de l'ensemble des données présentées peu justifiée comparativement au niveau de détail avec laquelle les systèmes de production animale sont décrits.

### 11.3.2 *Strate herbacée*

La production moyenne indiquée par Hiernaux (1980) a été choisie comme étant celle d'une année de crue normale; la production minimale a été choisie comme étant celle d'une année de crue sèche. "Sèche" est donc dans ce cas fonction des inondations et non de la pluviométrie, sauf en ce qui concerne F1. Le tableau 11.7 donne un aperçu des valeurs concernant aussi bien la croissance principale que la repousse. Outre la différence entre année de crue normale et sèche, il a également été tenu compte de la différence entre "avec ou sans" feux de brousse.

Pour les pertes dues aux feux de brousse, les valeurs indiquées par Hiernaux (1980) ont été utilisées. En l'absence des feux de brousse, il n'a pas été tenu compte du fait qu'une prévention efficace du feu pourrait entraîner, en fin de compte, une augmentation de la production.

Tableau 11.7. Production de la strate herbacée des pâturages de la zone deltaïque [ $t\ ha^{-1}$  de MS], par période de végétation, dans une année normale et dans une année sèche.

TYPE DE SOLS	NORMALE		SECHE	
	croissance principale	repousse	croissance principale	repousse
E1b	10.9	2.0	7.5	1.3
E2b	6.8	0.6	4.2	0.3
F3b	8.0	0.8	5.0	0.4
F1	5.0	0.5	3.2	0.1

L'absence des feux de brousse n'implique pas automatiquement une amélioration de la situation fourragère. Il n'y aura pas de repousses faciles à sélectionner et la quantité de fourrage utilisable et de qualité raisonnable diminue par conséquent jusqu'à un quart (Breman *et al.*, 1978). Donc du point de vue de l'élevage, la situation d'absence des feux de brousse n'est utile que lorsque la disponibilité des repousses est assurée d'une autre manière, ou que lorsqu'une supplémentation avec des concentrés de haute qualité est possible. La première alternative a été sélectionnée, c'est-à-dire que la repousse est assurée par le fauchage, la conservation et le stockage de la biomasse produite pendant la saison de croissance principale. Dans ce contexte, il a été tenu compte de 40% de pertes. Dans le cas du bourgou, les pertes ont été estimées à 50% étant donné la durée de submersion.

Etant donné que les récoltes successives et le transport de la biomasse entraînent un épuisement rapide du sol, la durabilité de la production ne peut être assurée, en cas du fauchage, que si les éléments nutritifs perdus, du fait du transport de la biomasse, sont compensés sous forme d'engrais.

Sans fauchage, même dans la situation actuelle en ce qui concerne la fréquence des feux de brousse, il y aurait bien moins de pertes en éléments nutritifs. Lors de l'évaluation de la disponibilité en fourrage dans les cas des feux de brousse, il est supposé que la production est durable lorsque un quart ou moins de la production de la saison de croissance principale est annuellement absorbée par le bétail (Breman & de Ridder, 1991). Dans les cas où Hiernaux (1980) a indiqué une disponibilité encore plus basse (le produit du taux moyen de dégradation et le coefficient d'efficacité), celle-ci est choisie pour évaluer la disponibilité en fourrage à partir de la production. Cela concerne uniquement les véritables bourgoutières auxquelles Hiernaux a donné une valeur de 0.16.

La croissance principale (tableau 11.7) est multipliée par 0.25 (ou 0.16) avant de déduire les pertes dues aux feux de brousse suivant Hiernaux. Les facteurs de correction utilisés sont respectivement de 0.35, de 0.5, de 0.5 et de 0.65 pour E1b,

E2b, F3b et F1. La disponibilité en fourrage ainsi calculée est représentée dans le tableau 11.8. La disponibilité indiquée due à la repousse est calculée en fonction de la production suivant les indications de Hiernaux (1980). Pour la repousse, ses coefficients d'efficacité varient entre 0.6 et 0.7.

Le tableau 11.8 indique également la teneur en azote du fourrage disponible. Il s'agit des valeurs moyennes pour la saison sèche; étant donné l'accessibilité de F1, il lui a également été attribué une valeur pour la saison des pluies.

Tableau 11.8. Disponibilité en fourrage [D, kg ha<sup>-1</sup> de MS] et teneur en azote [T, g kg<sup>-1</sup> de MS] dans le Delta Central et la Zone Lacustre pour une pâture annuelle continue. Pour une année normale et une année sèche, avec et sans feux de brousse.

TYPE DE SOLS	SAISON SECHE					
	bon		moyen		médiocre	
	D	T	D	T	D	T
<b>E1b</b>						
année normale, avec feux	2 960	12	-	.	-	.
année normale, sans "	8 040	8	-	.	-	.
année sèche, avec feux	1 960	11	-	.	-	.
année sèche, sans "	5 140	8	-	.	-	.
<b>E2b<sup>a</sup>)</b>						
année normale, avec feux	-	.	1 080	7.5	190	4
année normale, sans "	-	.	2 840	7.5	1 670	3
année sèche, avec feux	-	.	570	7.5	140	4
année sèche, sans "	-	.	1 680	7.5	1 030	3
<b>F1<sup>b</sup>) c)</b>						
année normale, avec feux	-	.	900	7.5	200	4
année normale, sans "	-	.	1 940	7.5	1 290	3
année sèche, avec feux	-	.	450	7.5	240	3
année sèche, sans "	-	.	1 070	7.5	880	3
<b>F3b</b>						
année normale, avec feux	1 710	11	-	.	-	.
année normale, sans "	-	.	7 110	7.0	-	.
année sèche, avec feux	980	10	-	.	-	.
année sèche, sans "	-	.	3 350	7.0	-	.

a) y compris TI4 (classification du PIRT), fraction de G

b) TH6 et TH7 (classification du PIRT) dans le Delta Central et la Zone Lacustre.

c) disponibilité en fourrage provenant de la strate herbacée pendant la saison des pluies: 20 kg ha<sup>-1</sup> avec une teneur en azote de 17 g kg<sup>-1</sup> (année normale) et de 20 g kg<sup>-1</sup> (année sèche). Fourrage ligneux de 50 kg ha<sup>-1</sup> (année normale) et de 30 kg ha<sup>-1</sup> (année sèche) et une teneur en azote de 20 g kg<sup>-1</sup>.

-) valeur nulle; .) valeur impossible.

Les données sont déduites d'observations effectuées par Hiernaux & Diarra (1986) et Traoré (1978). Il a été supposé que pour les types de sols avec submersion, les différences entre les années normales et sèches sont négligeables; les différences d'espèces et de situations pèsent par contre plus lourd dans la balance (comparer E1b et F3b d'une part, et E2b et F1 d'autre part; respectivement parties profondes et peu profondes ou non soumises aux inondations).

### 11.3.3 Fourrage ligneux

Dans la zone deltaïque, seul F1 présente une population ligneuse d'importance. Les mesures effectuées par Hiernaux (1980) quant à la production de feuillage ont été choisies comme point de départ. Pour calculer la production totale du fourrage ligneux, ces valeurs ont été multipliées par 1.5.

Pour les évaluations concernant une année sèche, il n'a pas été établi une proportionnalité avec la pluviométrie, comme cela a été fait à la sous-section 11.2.3, du fait du rôle joué par l'inondation et de l'influence du niveau des eaux souterraines. C'est avec la production de l'herbe vivace dominante sur ce sol, *Andropogon Gayanus*, que cette proportionnalité a été établie. Dans une année sèche, la production d'*Andropogon* est de 3 800 kg ha<sup>-1</sup> contre 6 000 kg ha<sup>-1</sup> dans une année normale.

La disponibilité en fourrage ligneux représentée dans le tableau 11.8 est déduite de la production annuelle, comme défini à la sous-section 11.2.3. Il a également été tenu compte de la qualité, celle-ci est également déterminée dans cette sous-section.

## 11.4. Dégradation et situation fourragère actuelle

### 11.4.1. Surestimation de la disponibilité en fourrage

La disponibilité en fourrage déterminée antérieurement représente une surestimation de la situation actuelle. Pour le Delta Central et la Zone Lacustre, la raison en est que les observations réalisées au cours de la deuxième moitié des années 70, ont servi de base aux calculs, alors que depuis, la létalité des populations de graminées vivaces a considérablement augmenté, entraînant des conséquences catastrophiques en ce qui concerne la production (Hiernaux, 1983; Hiernaux & Diarra, 1984; Diarra & Hiernaux, 1986). Pour les pâturages hors de la zone deltaïque, des formules ont été utilisées qui ne peuvent donner de bons résultats que si la végétation est plus ou moins intacte (Penning de Vries & Djitèye, 1982; p. 275-283; 368-375). Avant même le début de la sécheresse des unités de végétation présentant déjà des traces de surpâturage ont été observées dans le Gourma (Boudet *et al.*, 1971). En ce qui concerne le flanc ouest de la Région, une importante dégradation des pâturages a été signalée dans les années 70, notamment sur les sols sensibles à la battance des pluies (Penning de Vries & Djitèye, 1982; p. 384-386; Haywood, 1981).

Il n'existe malheureusement pas d'évaluation pour l'ensemble de la Région quant à l'état des pâturages et à leur degré de dégradation. Dans ce qui précède (sous-section 11.2.2) une tentative a déjà été faite d'évaluer la situation actuelle des plantes ligneuses sur la base d'un nombre limité d'indications relevées aux alentours de la Région. En ce qui concerne la strate herbacée une tentative est faite ci-après.

Les données définies précédemment ne sont pas sans importance. D'une part, il est peu vraisemblable que les parties basses de la zone deltaïque, ainsi que les pâturages sur les substrats sableux hors de la zone deltaïque soient sérieusement atteints. D'autre part, la disponibilité en fourrage, telle que présentée, est celle de la situation qui auraient pu être atteinte par une régénération des pâturages. Le modèle-PL permet donc d'évaluer combien une telle régénération pourrait coûter au maximum. Cela concerne uniquement la strate herbacée; comme il a été dit, la disponibilité du fourrage ligneux est liée à l'état actuel des arbres et des arbustes. Etant donné le recouvrement des plantes ligneuses d'avant la sécheresse, il a été évalué que les sols E1a et F1 n'ont pas eu un potentiel de production plus élevé qu'aujourd'hui (sans irrigation et engrais). Pour les sols A et B1, il a été estimé que la disponibilité du fourrage ligneux dans le nord (ZP IV) pourrait être  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de plus pour une année normale, et dans le sud (ZP I) de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ; pour les sols C1, C2, D1, D2, E2a et F2, ces valeurs sont respectivement de 45 et  $110 \text{ kg ha}^{-1}$ .

#### 11.4.2. Disponibilité actuelle en fourrage

##### Pâturages non-inondés

Il faut s'attendre à une dégradation due au sur-pâturage et à la sécheresse, notamment en ce qui concerne les sols sensibles à la battance des pluies. En 1984, la méthode utilisée pour l'évaluation de la production de la strate herbacée, a mené à une valeur double de celle observée pour pareils pâturages dégradés (Bremner & Traoré, 1987). A l'est aussi bien qu'à l'ouest de la Région, un trajet pastoral a été décrit pendant plusieurs années, ce qui permet de préciser l'étendue de la sur-évaluation pour l'ensemble de la Région (Penning de Vries & Djitèye, 1982; Hiernaux *et al.*, 1990). Sur la base de ces indications, il a été estimé que la production actuelle en matière sèche sur les sols C2, D2 et F2 dans les 4 zones pluviométriques (de I à IV), s'élève respectivement en moyenne à 1 250, 500, 150 et  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ . Le sol D1 est également gravement atteint, mais C1 moins gravement. Du fait de l'inexistence de données quantitatives il a été décidé d'attribuer à D1 la même valeur de production actuelle que les trois autres types sus-mentionnés (sous-estimation) et de considérer le sol C1 comme n'étant pas dégradé (surestimation).

Le risque des feux de brousse est considéré comme nul pour les types de sols dégradés vue leur production annuelle. La différence de production entre les années sèches et normales est limitée. En 1988 et 1989, la production moyenne sur le trajet du Gourma (pluviométrie = de 200 à 500 mm) n'a représenté, pour une pluviométrie de 70 à 75% de la normale, que 7% de plus que celle obtenue en 1987 lorsque la pluviométrie n'était que 40% de la normale (Hiernaux *et al.*, 1988, 1989,

1990). Etant donné l'imprécision des données ci-dessus, une évaluation exacte n'est pas possible. Il a donc été tenu compte d'une seule situation moyenne pour les pâturages dégradés en dehors de la zone deltaïque, avec ou sans feux de brousse et pour des années normales et sèches.

La disponibilité en fourrage est déduite de la production comme décrit à la sous-section 11.1.5. L'évaluation à partir de la teneur en azote est basée sur 25 observations effectuées sur des sites dégradés sur le trajet de nord au sud à l'ouest de la Région (Penning de Vries & Djitèye, 1982). Les résultats de ces évaluations sont représentés dans le tableau 11.8.

#### Pâturages du Delta Central et de la Zone Lacustre

L'évaluation du degré de dégradation des pâturages du Delta Central et de la Zone Lacustre a été effectuée en se basant sur Hiernaux & Diarra (1986). Compte tenu de leurs mesures de production et de leurs observations concernant la disparition des populations de graminées vivaces, il a été supposé que la disponibilité actuelle en fourrage pour le sol E1b est inférieure de 15% à l'évaluation indiquée dans le tableau 11.8. Pour le sol E2b, cette valeur est inférieure de 65%, de même que pour 80% de la superficie de F1.

Dans ce cas, les variations de qualité sont négligeables; pour les parties encore intactes des pâturages, les conditions de production n'ont pas beaucoup changé.

#### *11.4.3 Capacité de charge des pâturages et effectif du cheptel*

Si l'effectif maximal du cheptel était évalué en fonction de la disponibilité en fourrage, en tenant compte de la dégradation des pâturages, il ne serait pas nécessaire de trouver une ressemblance avec la taille véritable des troupeaux dans la Région. Le fait que les troupeaux grandissent parallèlement à la démographie a entraîné une sévère sur-exploitation des pâturages de la Région (Bremen & Traoré, 1987): les critères de durabilité, à la base de la capacité de charge des pâturages, sont ignorés. Pour l'évaluation de la disponibilité en fourrage, deux de ces critères ont été utilisés: le fourrage ligneux n'est considéré être utilisable que jusqu'à un maximum de 15% de la production annuelle d'une année moyenne; indépendamment des pertes dues à la pâture, aux feux de brousse, etc. 50% uniquement de la production annuelle des graminées vivaces sont en principe considérés comme étant utilisables.

Si l'on ne tenait pas compte de ces facteurs de correction, la disponibilité en fourrage calculée se rapprocherait le plus de la réalité actuelle. Si l'on évaluait l'effectif maximum sur la base de la situation correspondant à une année sèche, il serait question d'une sous-évaluation de la taille actuelle des troupeaux en générale; en se basant sur la situation d'une année normale, il serait question de sur-évaluation. Les raisons en sont, la mortalité élevée du bétail pendant les années d'extrême sécheresse et la vitesse de régénération assez basse des troupeaux régionaux, surtout lorsqu'ils sont à dominance bovine.

La situation fourragère qui se rapproche le mieux de la réalité des années 80 peut être calculée, à partir des données présentées en tenant compte des feux de brousse, en:

- multipliant par 2 les valeurs de la strate herbacée de la zone deltaïque, sauf en ce qui concerne le type de sol F1 pour lequel la valeur 1.8 est applicable;
- en multipliant la disponibilité en fourrage ligneux par 2.3 pour une année normale, et par 1.5 pour une année sèche.

## PARTIE II. PRODUCTION ANIMALE



## 12. Nourriture et production animale

(N. van Duivenbooden)

### 12.1 Systèmes d'élevage dans la Région

#### 12.1.1 Description générale

Les systèmes d'élevage dans les pays du Sahel présentent extérieurement une grande diversité. On observe simultanément:

- des systèmes qui sont caractérisés par une forte mobilité de l'homme et de l'animal, une grande diversité des espèces animales, une forte différenciation des objectifs de production ainsi qu'un large éventail de travaux couvrant aussi bien différentes activités agraires que non agraires;
- des systèmes qui présentent des caractéristiques opposées, c'est-à-dire sédentarité, spécialisation en fonction de l'espèce et du produit ainsi que faible association avec d'autres activités;
- des systèmes qui possèdent un mélange de ces caractéristiques (FAO, 1977; Wilson *et al.*, 1983; Wilson, 1986).

Cependant, les systèmes pastoraux, si efficaces dans le passé, se détériorent progressivement sous le double effet de la sécheresse intermittente et de la pression démographique. C'est ainsi que l'élevage passe de plus en plus des mains des éleveurs pastoraux traditionnels expérimentés aux mains des agriculteurs et des investisseurs. La conséquence en est une dissolution progressive de la société pastorale, un appauvrissement d'une large couche de cette population, une forte tendance à la sédentarisation et un déplacement du point principal de l'élevage vers le sud (Breman & Traoré, 1986a, 1986b; 1987).

Actuellement, les paramètres clés de la productivité de l'élevage dans les pays du Sahel dépendent essentiellement des conditions alimentaires (Breman *et al.*, 1990). Le niveau de la productivité animale est très bas: pratiquement toute l'énergie absorbée est utilisée pour la survie de l'individu et de la population. Dans ces conditions, des petites différences dans la qualité du fourrage offert débouchent sur des différences importantes dans la productivité. Les différences régionales ou locales dans la qualité des pâturages, et d'une manière générale dans la qualité de l'alimentation, ont donc bien un caractère décisif pour les perspectives de l'élevage.

L'un des objectifs de cette partie du rapport est d'évaluer quantitativement le niveau de la production animale à partir de la situation fourragère, et ce plus particulièrement pour la production de viande et de lait. A cette fin, on s'est basé sur le Manuel sur les pâturages sahéliens (Breman & de Ridder, 1991).

### 12.1.2 Description des techniques de production

Dans la Région (5e Région et Cercle de Niafunké) on trouve des bovins, des ovins, des caprins, des camélins, des asins, des équins, des porcins, diverses volailles 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. Finalement vingt-deux techniques de productions ont été distinguées. Elles sont basées sur quatre critères d'évaluation: (i) l'espèce animale (bovine, ovine, caprine, asine et caméline), (ii) l'objectif principal de production (viande et/ou lait ou traction/transport), (iii) la mobilité des animaux (migrants, semi-mobiles ou sédentaires) et (iv) le niveau-cible de production animale (faible, intermédiaire et semi-intensif).

Les espèces comprises dans cette étude sont les bovins (chapitre 13), les ovins et caprins (chapitre 14) ainsi que les asins et camélins (chapitre 15) (tableau 12.1). Les porcins et la volaille (e.g. les poules, les pintades, les canards et les oies) n'ont pas été inclus étant donné qu'ils sont élevés de manière très extensive, presque sans intrants externes (e.g. absence de soins vétérinaires entraînant une mortalité très élevée de la volaille), et que les extrants sont principalement consommés par les paysans ou vendus sur les marchés locaux (Kuit *et al.*, 1986; Wilson *et al.*, 1987; Sangaré, 1989). Des techniques de production plus intensives ne sont pas réalisables étant donné que la production régionale de grain est considérée comme étant insuffisante. En outre, des données quant aux investissements à effectuer en porcheries, batteries, usines d'aliments du bétail ainsi que celles concernant la main-d'oeuvre nécessaire pour les différentes opérations ne sont pas disponibles. Par ailleurs, la viabilité de ces techniques de production dépend dans une large mesure de la forte demande pour ces produits dans l'environnement immédiat (marché); il est probable qu'une telle demande se développe aux environs de Bamako plutôt que dans la 5e Région. Etant donné que les chevaux sont considérés comme une activité actuellement sans importance et que des données sur le gibier ne sont pas disponibles, ces deux techniques de production n'ont pas été incluses dans l'étude.

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

- Sédentaire

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

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

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.

Quel que 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.

Dans cette étude, on a utilisé comme unité de mesure l'Unité Bétail Tropical (UBT), c'est-à-dire un animal de référence pesant 250 kg vif à l'entretien. Dans les calculs, les équivalences adoptées sont donc fonction des poids vifs. En général, on peut utiliser les valeurs suivantes: 1 bovin = 0.7 UBT, 1 petit ruminant = 0.1 UBT, 1 chameau (ou dromadaire) = 1.2 UBT et 1 âne = 0.5 UBT (Le Houérou & Hoste, 1977).

Tableau 12.1. Activités animales définies pour le modèle-PL.

CODE D'ACTIVITE	ESPECE	PRODUIT PRINCIPAL	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

## 12.2 Fourrage

### 12.2.1 Disponibilité de fourrage

Le point de départ est constitué par l'inventaire des fourrages disponibles. Il s'agit des végétations naturelles (chapitre 11), des sous-produits agricoles, des cultures fourragères (tableau 12.2) et des produits agro-industriels (les farines basses et les tourteaux de coton). Ensemble ils forment le capital qui peut être converti en produit animal.

Tableau 12.2. Disponibilité des fourrages des cultures comme fraction des sous-produits selon les cultures.

FOURRAGE	CONSOMMABLE	ACCESSIBLE	DISPONIBLE	REFERENCE
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				
maraiçhères	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

### 12.2.2 Qualité fourragère

Parallèlement à l'évaluation quantitative des fourrages disponibles, la qualité, en termes de valeur nutritive pour l'animal, a été estimée. L'approche suivie se base sur un seul paramètre clé, à savoir le taux de l'azote dans la matière sèche [ $\text{g kg}^{-1}$ ].

Quatre classes de qualité sont distinguées:

- qualité inférieure             $N < 7.5$                             (N moyen:  $3 \text{ g kg}^{-1}$ )
- qualité médiocre             $N \text{ de } 7.5 \text{ à } 10.0$                     (N moyen:  $8 \text{ g kg}^{-1}$ )
- qualité bonne                 $N \text{ de } 10.0 \text{ à } 17.5$                     (N moyen:  $12 \text{ g kg}^{-1}$ )
- qualité supérieure            $N > 17.5$                                 (N moyen:  $20 \text{ g kg}^{-1}$ )

Cet accent sur le taux de l'azote n'implique pas une négligence de la digestibilité qui est le deuxième paramètre de la qualité. Dans le manuel utilisé, elle est dérivée du taux de l'azote. Le rapport moyen entre le taux de l'azote et la digestibilité, base de cette dérivation, est tel que la digestibilité risque d'être sous-estimée pour le bourgou mais qu'elle sera surestimée pour les légumineuses et les fourrages provenant des ligneux (Breman & de Ridder, 1991).

Globalement, cette description de la qualité fourragère par le taux de l'azote, et la digestibilité moyenne qui y est liée, permet une estimation raisonnable du niveau de la production animale, car la valeur énergétique et/ou la valeur azotée sont en générale les facteurs limitants. Localement, les taux de certains minéraux (e.g. P) ou des vitamines peuvent s'avérer cependant plus limitatifs.

Les menus utilisés dans les différentes activités d'élevages sont composés, dans le modèle-PL, à partir d'une ou de plusieurs sources dans les classes de qualité, de façon telle que, d'un côté, les qualités moyennes nécessaires pour les activités d'élevages identifiées, et leurs niveaux de production définis, soient atteintes, et que, de l'autre côté, le fourrage disponible soit exploité au maximum (tableau 12.2). L'origine des 4 classes de fourrage (pâturage, culture) n'intervient pas dans ce cadre, avec une seule exception: le fourrage provenant des ligneux ("browse"), qui est traité séparément. Ce dernier n'est considéré comme source fourragère uniquement pour les caprins et les camelins. Les caprins peuvent passer 87% de leur temps à pâturer ce type de fourrage (Wilson, 1983). Quoique les bovins et les ovins l'exploitent aussi à la fin de la saison sèche, si le fourrage herbacé ne suffit plus, la version actuelle du modèle-PL ne considère pas que le fourrage provenant des ligneux est utilisé pour ces espèces. Le taux de l'azote moyen de ce type de fourrage, qualifié aussi de "aérien", est estimé à 14 g kg<sup>-1</sup> en saison sèche.

### 12.2.3 *Quantité fourragère ingérée*

L'étape suivante concerne l'estimation de la quantité de matière sèche consommée journalièrement par animal, eu égard à un menu donné. La quantité d'énergie (matière sèche digestible, MSD), dont l'animal dispose pour son maintien et sa production, se trouve ainsi déterminée. Le procédé pour déduire la quantité de nourriture ingérée par les bovins sahéliens, en rapport avec la production souhaitée, est traitée en détail par Breman & de Ridder (1991). Cette quantité est exprimée en pourcentage du poids métabolique ( $W^{0.75}$ ). C'est ainsi que les besoins alimentaires pour un bovin d'un certain âge et d'une certaine taille peuvent être utilisés pour différentes classes d'âge des deux sexes, en tenant compte des besoins particuliers des femelles en gestation ou en lactation.

## 12.3 Niveau de production

La qualité fourragère ne détermine pas seulement la qualité du bol alimentaire mais ainsi le niveau de production d'un animal donné. Dans Breman & de Ridder (1991), une démonstration est faite pour les bovins en ce qui concerne l'influence du régime alimentaire sur la fécondité, à savoir l'âge du premier vêlage et l'intervalle de vêlage. Les paramètres les plus importants pour la productivité d'un troupeau sont ainsi liés aux fourrages disponibles, car même la mortalité moyenne semble liée à la situation alimentaire.

Tableau 12.3. Répartition des menus du bétail [% de la matière sèche ingérée] et taux moyen de l'azote de cette ingestion [ $g\ kg^{-1}$ ].

	SAISON DE	SAISON SECHE		ANNEE
	PLUIE	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 de N moyen	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 de N moyen	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 de N moyen	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	
(incl. concentrés)				
Fourrage des ligneux	-	-	-	
Taux de N moyen	16.0	10.7	10.7	12.0

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

C'est ainsi qu'à l'aide des informations sur la qualité fourragère, des calculs ont été faits sur la productivité des troupeaux, en fonction du niveau d'alimentation, avec un simple modèle démographique. Ceci est important, car il est nécessaire de déduire la production totale d'une population à partir des caractéristiques des animaux pris individuellement. De plus, du point de vue économique, le troupeau est l'unité la plus courante dans les systèmes d'élevage extensifs. L'exigence principale est que cette unité soit suffisamment productive pour permettre au propriétaire et sa famille d'avoir un revenu convenable.

Quatre niveaux d'alimentation ont été distingués, avec des qualités différentes et avec des besoins quantitatifs liés à ces qualités:

- Le niveau le plus bas garantit la continuité de la population; les perspectives de l'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 aux jeunes au pis. Cette situation correspond au niveau I du tableau 13.1; elle représente le niveau le plus bas sur lequel peut fonctionner une population d'animaux car, compte tenu du début tardif de la vie reproductrice des femelles et du faible taux de naissances, la population est juste en mesure de se maintenir. Toutes les femelles qui ont atteint l'âge de reproduction sont nécessaires pour remplacer les animaux adultes qui meurent ou qui sont soustraits du troupeau, à l'âge de onze ans pour les vaches; une extension par une reproduction naturelle n'est donc pas possible. La teneur moyenne en azote du menu I, pour garantir ce niveau de production est de 9.0 g kg<sup>-1</sup>, la digestibilité étant de 52%.
- Le niveau II (tableau 13.1) 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 jeunes. La teneur moyenne en azote du menu II, pour garantir ce niveau de production, est de 10.0 g kg<sup>-1</sup>, la digestibilité étant de 54%.
- Les niveaux III et IV représentent une nouvelle amélioration des paramètres de la productivité sous l'influence de meilleures conditions d'alimentation. Pour le niveau III et IV, la teneur moyen en azote des menus, pour garantir ce niveau de production, est de 11.0 et 12.0 g kg<sup>-1</sup>, la digestibilité étant de 56 et 59%, respectivement.

Pour les quatre menus, la productivité des animaux a été calculée. Les points de départ de ces opérations ont été les suivants:

- l'importance de la population est considérée comme constante; un accroissement potentiel est ajouté à la production;
- la disparition des animaux est constituée par la mortalité et la vente; les vaches adultes qui atteignent leur onzième année sont vendues. L'âge de vente des génisses, qui ne sont pas nécessaires pour le remplacement des vaches adultes, est considéré comme une donnée variable; il en va de même pour l'âge de vente des animaux mâles;
- la production se compose d'animaux qui sont vendus et de la quantité de lait qui subsiste après déduction de 500 litres par veau.

Les systèmes d'élevage bovin au Mali sont situés quelque part sur cette échelle de productivité (tableau 13.1). 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 de bétail ne s'y oppose. Les systèmes d'élevage qui utilisent alternativement les pâturages exondés, du nord ou du sud de la Région 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 (Diallo, 1978; Breman *et al.*, 1978); 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 (Breman & de Ridder, 1991).

Les niveaux de production des systèmes d'élevage, traités dans les chapitres suivants, sont définis par un des quatre niveaux ainsi décrits, et leurs besoin fourragers sont automatiquement fixés. Les productions ont été exprimées par UBT par an.

Bien que l'UBT soit un animal hypothétique, il faut cependant souligner que la production et l'absorption exprimées en UBT peuvent varier suivant l'espèce animale. Par exemple, 1 UBT de bovins produit 75 kg de viande par an tandis que 1 UBT d'ovins en produit 97 kg. En conséquence, dans cette étude, nous parlerons de UBT de bovins, de UBT d'ovins, etc.

## 13. BOVINS

(N. van Duivenbooden)

### 13.1 Introduction

La race prédominante dans la Région est le Fulani Soudanais, mais on trouve également l'Azawak (Wilson, 1986). Selon Coulomn *et al.* (1981), les races les plus courantes sont le Shorthorn d'Afrique de l'Ouest, le zébu Touareg et le zébu Peul Soudanais. Celui-ci peut être subdivisé en quatre types: le zébu Peul du Seno, le zébu Peul du Macina, le zébu Peul du Bourgou et le zébu de l'Aire (RIM, 1987).

Dans cette étude, 11 activités bovines ont été définies, basées sur les trois critères suivants: (i) objectifs principaux de production principale, (ii) mobilité des animaux et (iii) niveau-cible de production animale:

B1	traction	sédentaire	niveau de production moyen
B2	viande	semi-mobile	niveau de production bas
B3	viande	semi-mobile	niveau de production moyen
B4	viande	migrant	niveau de production bas
B5	viande	migrant	niveau de production moyen
B7	lait	sédentaire	niveau de production moyen
B8	lait	sédentaire	niveau de production moyen
B9	lait	migrant	niveau de production moyen
B10	lait	migrant	niveau de production moyen
B11	lait	sédentaire	semi-intensif
B12	lait	sédentaire	semi-intensif

Les caractéristiques principales des bovins ont été présentées, en détail, par Ketelaars dans le Manuel d'évaluation des pâturages sahéliens (Bremner & de Ridder, 1991). C'est en se basant sur les informations contenues dans ce Manuel que les divers paramètres concernant les bovins ont été discutés dans ce chapitre, plus particulièrement et dans toute la mesure du possible, ceux spécifiques à la Région et en rapport avec le modèle-PL. Les activités de production de viande et de lait sont examinées dans la section 13.2 et les activités de production de boeufs dans la section 13.3.

### 13.2 Bovins pour la production de lait et de viande

#### 13.2.1 Structure du troupeau

La structure du troupeau (distribution par âge et par sexe) dépend de l'objectif principal de production du troupeau (par exemple, veaux vivants, viande, lait), et bien sûr, des taux de fécondité, de mortalité ainsi que de réforme. Par conséquent, la structure peut varier d'année en année (e.g. Wilson, 1986; Daudel, 1988). La

saillie n'est généralement pas contrôlée et la saison de reproduction dépend surtout des conditions de l'environnement ainsi que des fluctuations en matière d'alimentation (Wilson, 1986).

Comme indiqué dans la sous-section 1.4.2 et dans la section 12.4, la structure du troupeau est supposée être telle que sa taille demeure constante à long terme. La structure du troupeau varie donc suivant le niveau de production et le régime alimentaire correspondant, comme conséquence directe des relations existant entre la qualité des aliments administrés et les taux de fertilité, de mortalité, etc. (tableau 13.1).

### 13.2.2 Paramètres de productivité

Les paramètres de productivité indiqués dans le tableau 13.1 montrent l'importance d'une alimentation de qualité (Breman & de Ridder, 1991). Ils suivent les données rapportées par Coulomb *et al.* (1981), Wilson (1986), Daudel (1988). Ces valeurs sont donc appliquées dans cette étude (Diakité & Kéita, 1988).

### 13.2.3 Poids et taux de croissance

Les poids des animaux varient tout au long de l'année et d'année en année, essentiellement en fonction de la qualité et de la quantité de fourrage disponible (Wilson, 1986; Diakité & Kéita, 1988; Breman & de Ridder, 1991).

Les poids moyens utilisés dans cette étude sont indiqués dans le tableau 13.1.

### 13.2.4 Maladies et taux de mortalité

Les maladies les plus importantes touchant les troupeaux de la Région sont la peste bovine, la pleuropneumonie contagieuse et la maladie noire. Quelques bovins peuvent être atteints de septicémie hémorragique et/ou de tuberculose (RIM, 1987; Daudel, 1988). Hall (1985) développe plus en détail l'incidence de ces maladies.

Les données sur les taux de mortalité des bovins, dans la Région, sont rares. Wilson (1986) a observé un taux d'avortement d'environ 3% dans le Mali Central. Pour les veaux de plus d'un an, le taux de mortalité est d'environ 30%; ce taux peut cependant décroître pour atteindre 15% si le troupeau est nourri en permanence sur des pâturages améliorés pendant 15 ans. En ce qui concerne les animaux dans la tranche d'âge de 1 à 3 ans, le taux de mortalité peut décroître dans les mêmes conditions de 8 à 3 %, tandis que pour les animaux de plus de 4 ans, ce taux peut baisser de 3 à 2% (Diakité & Kéita, 1988). Le taux de mortalité du bétail bovin âgé de plus de 4 ans est d'environ 5% (Wilson, 1986).

Dans cette étude, les données calculées par Breman & de Ridder (1991) ont été utilisées; elles ne diffèrent pas notablement de celles mentionnées ci-dessus.

Tableau 13.1. Productivité de l'élevage des bovins dans les pays sahéliens, en fonction de différents niveaux d'alimentation (I-IV), en cas d'une gestion du troupeau visant la production de viande (a) ou de lait (b).

	niveau d'alimentation							
	I	II		III		IV		
		a	b	a	b	a	b	
composition du fourrage:								
taux d'azote [g kg <sup>-1</sup> ]	9	10	10	11	11	12	12	
digestibilité [%]	52	54	54	56	56	59	59	
structure du troupeau [%]:								
mâles	33	43	18	44	22	44	22	
femelles	67	57	82	56	78	56	78	
poids [kg]								
naissance (m & f)	20	20	20	20	20	20	20	
1 an (m & f)	100	100	100	100	100	100	100	
2 ans (m & f)	125	150	150	175	175	200	200	
vache adulte	200	250	250	300	300	300	300	
poids moyen par animal [kg]								
poids en UBT	0.6	0.69	0.65	0.73	0.69	0.78	0.71	
poids métabolique [kg]	42.9	47.7	45.4	49.8	47.7	52.4	48.5	
âge au premier vêlage [an]								
taux de fécondité	50	71	71	86	86	86	86	
mortalité [%]								
< 1 an	20	20	20	20	20	20	20	
1-2 ans	5	5	5	5	5	5	5	
> 2 ans	2	2	2	2	2	2	2	
âge lors de la vente:								
mâles [an]	5	5	1	4	1	4	1	
femelles [an]	5	3	1	2	1	2	1	
taux de réforme [%]								
répartition à la vente [%]:								
mâles	54	51	53	51	52	51	52	
génisses	0	26	26	33	33	33	33	
vaches de 11 ans	46	23	21	16	15	16	15	
production [kg animal <sup>-1</sup> ]:								
poids vif	22	39	35	52	43	59	43	
lait	-	64	107	160	260	229	368	
absorption de fourrage:								
[% du poids]	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.2	2.4	
prise relative d'énergie [%]	100	108	108	115	115	123	123	

Source: Breman & de Ridder, 1991

### 13.2.5 Extrants

Comme mentionné dans le chapitre 12, le niveau de production est tout d'abord évalué, puis la qualité du régime alimentaire requis (de I à IV) en est dérivée.

#### 13.2.5.1 Lait

En ce qui concerne le lait, il existe une situation conflictuelle entre la satisfaction des besoins des jeunes veaux et celle de la consommation humaine. On empêche les jeunes animaux de têter leur mère lorsque le lait de ces dernières est destiné à la consommation humaine (Wilson, 1986). La traite, pour la consommation humaine, débute dès le dixième jour après le vêlage (Daudel, 1988) mais les veaux doivent être présents lors de la traite.

La production de lait pour les différentes techniques de production est calculée sur la base des données présentées dans le tableau 13.1; cette production est indiquée au tableau 13.4.

Le lait peut être commercialisé localement, troquer contre des céréales, transformé en beurre, ou vendu ailleurs. Le prix obtenu varie suivant l'utilisation qui en est faite, en fonction de l'année et suivant la loi de l'offre et de la demande. Dans les environs de Mopti, le prix du lait varie de 75 à 150 FCFA kg<sup>-1</sup> lorsque l'offre est suffisante, pour atteindre 200 à 300 FCFA kg<sup>-1</sup> lorsque le lait est rare; dans des cas extrêmes, le prix peut même atteindre 500 FCFA kg<sup>-1</sup>. Dans les régions où la production laitière est élevée et la demande faible, le lait est distribué, presque gratuitement, à un prix très bas allant de 10 à 50 FCFA kg<sup>-1</sup> (Daudel, 1988; Diakité & Kéita, 1988). Selon Sangaré (1989), le prix du lait est de 250 FCFA kg<sup>-1</sup>; d'après Cissé (com. pers.), son prix est de 180 FCFA kg<sup>-1</sup>.

Dans cette étude, le prix du lait à Mopti est fixé à 180 FCFA kg<sup>-1</sup>.

#### 13.2.5.2 Viande

Pour les diverses techniques de production, la production de viande a été calculée sur la base des données du tableau 13.1; elle est indiquée dans le tableau 13.4.

Le prix de la viande est fonction de la période de l'année; il atteint son niveau le plus élevé en fin de saison sèche (de mai à juillet) et son niveau le plus bas lorsque les animaux reviennent des pâturages de saison des pluies (d'octobre à décembre, Diakité & Kéita, 1988). En outre, le prix de vente est fonction de l'âge et du sexe de l'animal (tableau 13.2). Malheureusement, les poids des animaux n'ont pas été rapportés de sorte que le prix par kg ne peut pas être évalué. Le prix de la viande bovine pratiqué dans la Région, est de 250 à 320 FCFA kg<sup>-1</sup> (Sangaré, 1989; Cissé, com. pers.).

Tableau 13.2. Prix d'achat au marché des types de bovins.

BOEUFS	TAURILLONS	GENISSES	VACHES	BOVIN <sup>a</sup>	SOURCE
100 000	75 000	85 000	50 000	77 500	1
100 000	•	•	•	•	2
75 000 <sup>b</sup>	•	•	•	•	3
•	•	•	•	62 500	4
85 400	54 470	45 580	38 150	•	5 <sup>c</sup>
-	-	60 000	-	-	utilisé

Sources: 1 = Diakité, 1989a; 2 = PIRT, 1983; 3 = INRZFH & ORSTOM, 1988; 4 = Sangaré, 1989; 5 = Diakité & Kéita, 1988

•) valeur manquante; -) pas utilisé

a) non-spécifié.

b) 4 ans d'âge.

c) en 1987.

### 13.2.5.3 Fumier

Le fumier est un important sous-produit des activités d'élevage. Il peut être utilisé comme engrais pour les cultures et comme combustible. Dans le modèle-PL, en ce qui concerne le combustible les besoins ont été fixés, à 0.5 kg MS personne<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. La disponibilité en fumier est estimée sur la base des considérations données ci-dessous:

Pendant la saison des pluies, de juillet à octobre, les bovins sédentaires restent au parc pendant une moyenne de 12 heures par jour et 80% du fumier qu'ils produisent est récupéré; le reste de la journée, les animaux circulent sur les pâturages et le fumier produit est donc perdu pour les cultures. Les bovins semi-mobiles passent environ 6 heures par jour au parc.

Les bovins migrants sont trop éloignés 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 les bovins sédentaires, semi-mobiles et migrants, passent la plupart de leur temps dans les champs: 65% environ du fumier tombe sur ces champs.

Finalement, pendant la saison chaude, de février à juin, les bovins sédentaires 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. Les bovins migrants et semi-mobiles passent 6 heures par jour environ au parc étant donné qu'ils vont 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 les bovins sédentaires peut en principe être utilisé pour les cultures, contre 31% de celui produit par les bovins semi-mobiles et 24% de celui produit par les bovins migrants.

### 13.2.6 Intrants

#### 13.2.6.1 Besoins alimentaires

Les besoins en fourrages des bovins, aux différents niveaux de production, sont calculés sur la base de leur poids vif, comme indiqué dans le tableau 13.1. En ce qui concerne l'activité de production semi-intensive de lait B11, il est supposé que 15% des besoins sont couverts avec des concentrés. Les besoins fourragers, utilisés dans le modèle-PL, sont inclus dans le tableau d'intrants-extrants (tableau 13.4).

#### 13.2.6.2 Besoins en main-d'oeuvre

Les besoins en main-d'oeuvre sont spécifiés séparément pour deux périodes: la saison des pluies de juillet à octobre (90 jours, périodes 1 à 3, sous-section 1.3.1) et le reste de l'année (275 jours, périodes 4 à 6).

##### 1. Gardiennage des troupeaux

Selon Sangaré (1989), les troupeaux de bovins sont gardés toute l'année, pendant 15 à 16 heures par jour. Il faut un berger pour un troupeau d'environ 35 UBT, ce qui représente 0.03 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Daudel (1988) rapporte une main-d'oeuvre d'un berger pour 15 à 20 vaches en lactation, soit un équivalent de 0.06 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Pour le modèle-PL, les besoins en main-d'oeuvre pour la garde des troupeaux ont été fixés à 0.03 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, soit 3 (=90\*0.03) et 8 (=275\*0.03) dth UBT<sup>-1</sup> respectivement pour la saison des pluies (de juillet à septembre) et la saison sèche.

##### 2. Traite

La traite est effectuée deux fois par jour pendant la saison des pluies et une fois pendant la saison sèche; elle dure chaque fois une heure pour un troupeau de 35 UBT (Sangaré, 1989), soit un équivalent de 0.007 dth UBT<sup>-1</sup> pendant la saison des pluies et 0.004 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> pendant la saison sèche, si toutes les vaches sont traitées. Selon Daudel (1988) la traite requiert 3 à 5 minutes par vache, soit 0.012 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (une traite par jour).

Il est supposé, dans le modèle-PL, que les besoins en main-d'oeuvre pour cette opération sont de 0.012 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, lorsque le lait est un sous-produit; lorsque le lait est le produit principal, ces besoins sont de 0.024 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; pour la technique de production semi-intensive de lait, ces besoins s'élèvent à 0.036 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. La longueur de la période de traite a été fixée à 200 d pour les bovins de boucherie et à 240 d pour les bovins laitiers. Par conséquent, la fraction d'animaux en lactation devrait être prise en compte dans le calcul de la main-d'oeuvre totale. Le tableau 13.1 donne des informations quant à la fraction de vaches dans le troupeau; la proportion de vaches en lactation n'est cependant pas indiquée. Nous avons donc supposé que 75% des vaches sont en lactation, i.e. 42% d'un troupeau de vaches de boucherie et 59% d'un troupeau laitier (à remarquer que

les vaches mises au régime I ne sont pas supposées produire de lait pour la consommation humaine). Les besoins en main-d'oeuvre totaux pour la traite pendant les deux périodes considérées, sont inclus dans le tableau 13.4.

A remarquer que le transport du lait à l'usine n'est pas inclus dans ces besoins.

### 3. Abreuvement

L'abreuvement des animaux est normalement pratiqué entre 12 et 14 heures (Sangaré, 1989); il est considéré comme faisant partie des tâches courantes des bergers (Daudel, 1988). Par conséquent, aucune main-d'oeuvre séparée n'a été définie pour cette opération.

### 4. Vaccination

La vaccination est effectuée au cours de la période de décembre à mars (Daudel, 1988), généralement par l'ODEM (RIM, 1987; Diakité & Kéita, 1988). Aucune donnée n'est disponible quant au temps consacré à cette opération par les éleveurs ou les bergers. Il est donc supposé que ces besoins en main-d'oeuvre sont compris dans les tâches courantes des bergers.

### 5. Alimentation

Valable pour les techniques exigeant que les bovins soit gardé en stabulation libre (production semi-intensive de lait), mais aucune donnée n'est cependant disponible quant à ces besoins. Il est donc supposé que les besoins en main-d'oeuvre pour la récolte du fourrage, les soins vétérinaires et l'abreuvement sont identiques à ceux évalués pour le gardiennage des troupeaux ( $0.03 \text{ dth UBT}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ), i.e. 3 et 8 dth UBT<sup>-1</sup>, respectivement pour la saison des pluies et la saison sèche.

## 13.2.6.3 Intrants monétaires

### A. Amortissements

Les amortissements sont considérés comme nul, sauf en ce qui concerne la technique de production semi-intensive du lait. A remarquer que l'amortissement du petit matériel (calebasses, etc.) n'a pas été pris en compte étant donné l'absence de données et la difficulté de l'attribuer à une unité d'élevage spécifique. En ce qui concerne la technique semi-intensive, l'amortissement concerne des investissements pour un meilleur matériel et pour améliorer la stabulation.

#### 1. Stabulation améliorée

Les coûts de construction d'une étable pouvant abriter 2 400 bovins s'élevaient à environ 160 millions de FCFA en 1978, soit un équivalent par tête de 66 700 FCFA tête<sup>-1</sup>; ces coûts sont cependant considérés comme étant très élevés (Delgado, 1980). Wennink (1988) a rapporté un investissement de 79 000 à

215 000 FCFA, pour des étables rondes à stabulation libre (consistant en des poteaux de bois soutenant un grillage, d'une hauteur de 1.5 m, et trois lignes de fil de fer barbelé) d'une capacité de 10 à 80 têtes. Le profit augmentant avec le nombre d'animaux (e.g. Delgado, 1980), la capacité de 80 têtes et appliquée dans cette étude.

Considérant une longévité de 10 ans, le taux d'amortissement est de 21 500 FCFA a<sup>-1</sup>, ce qui équivaut à environ 270 FCFA tête<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ou 400 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 2. Matériel

Les coûts rapportés en 1978, pour l'achat du matériel de traite, s'élevaient à environ 73 millions de FCFA (Delgado, 1980), mais aucune spécification n'est donnée. Une longévité de 5 ans a été rapportée pour le matériel nécessaire à l'exploitation de 2 400 têtes de bétail. Cela impliquerait un taux d'amortissement d'environ 8 700 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Cette valeur semble quelque peu élevée mais aucune autre donnée susceptible de confirmer ou d'infirmer cette valeur n'est disponible.

Dans cette étude, les coûts d'amortissement de cet équipement sont estimés à 3 000 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## B. Coûts des opérations

### 1. Vaccination

Des vaccins contre les maladies courantes sont disponibles pour la Région à l'ODEM; mais, à l'heure actuelle, tous les animaux ne sont pas vaccinés (tableau 13.3). Le coût de chaque vaccination est indiqué au tableau 13.3. Le prix des doses contre les parasites gastro-intestinaux et hépatiques est de 150 FCFA, mais là aussi, tous les animaux ne sont pas traités (45%, Sangaré, 1989). Selon Baur *et al.* (1989), les vaccinations de routine sont effectuées contre la peste bovine et la pleuropneumonie contagieuse; des traitements anti-helminthiques contre les parasitoses et prophylactiques contre la trypanosomiase sont également appliqués. Le nombre annuel de vaccinations n'est cependant pas rapporté.

Dans cette étude, les coûts de vaccination contre les hémoparasites sont estimés à 20 FCFA par dose. Il est supposé que les animaux sont vaccinés une fois par an. Les intrants monétaires totaux des vaccinations s'élèvent donc à 260 FCFA tête<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Cependant, vu les taux de mortalités supposés, et les pratiques actuelles, il est supposé que 75% seulement de la population totale est vaccinée. Une application du facteur de conversion général de 0.7 tête UBT<sup>-1</sup> (chaque bête doit être vaccinée, il n'est donc pas possible d'établir une relation avec le poids) implique un coût d'opération de 280 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Tableau 13.3. Pourcentage des bovins vaccinés et prix des vaccinations par dose.

MALADIE	% VACCINES	PRIX/VACCINATION		
		SOURCE 1	SOURCE 2	UTILISE
Pest bovine	68	13	20	20
Péripneumonie bovine	47	18	20	20
Charbon symptomatique	15	13	20	20
Pasteurelloses	8	15	•	15
Charbon bactérien	2	15	•	15
Hemoparasites	45	•	•	20
Parasites gastro-intestinaux et hépatiques	•	150	•	150
Totaux	•	•	•	260

Sources: 1= Sangaré, 1989; 2= Daudel, 1988

## 2. Suppléments

Pour pouvoir exploiter les bourgoutières, les bergers doivent payer aux propriétaires une somme de 5 000 FCFA pour un troupeau de 50 à 100 têtes (Sangaré, 1989). Dans le modèle-PL, un prix n'a pas été attribué aux cultures fourragères parce qu'elles restent dans les limites de la Région. Ces coûts ne sont donc pas inclus.

Le prix des concentrés a été calculé séparément, dans le modèle-PL. Le prix rapporté pour les concentrés varie de 12.5 FCFA kg<sup>-1</sup> (Sangaré, 1989) à 25 (Daudel, 1988), et de 25 FCFA kg<sup>-1</sup> pendant la saison des pluies à 60 FCFA kg<sup>-1</sup> en fin de saison sèche. Une enquête rapide, menée à Mopti en janvier 1990, a indiqué des prix du marché de 71 FCFA kg<sup>-1</sup> pour un sac de 0.7 kg et 38 FCFA kg<sup>-1</sup> pour un sac de 50 kg. Cette dernière valeur est retenue en tenant compte d'une teneur de matière sèche de 86%; elle équivaut à 44 FCFA kg<sup>-1</sup> MS.

## 3. Sel

Le sel est important pour que l'animal reste en bonne condition physique. Les besoins minimaux en sel correspondent aux 1/7 environ de ceux des chameaux (Wilson, 1984; paragraphe 15.2.9.2), i.e. 5.6 kg UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Etant donné le prix d'achat de 4 500 FCFA pour un block de 5 kg (Cissé, com. pers.), les coûts sont de 5 100 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 4. Entretien des étables améliorées

Selon Wennink (1988), les coûts d'entretien (e.g. pour l'huile de vidange) d'une étable pouvant abriter 80 têtes sont d'environ 23 000 FCFA a<sup>-1</sup>, équivalents à environ 400 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 5. Eau d'abreuvement

Les coûts associés à l'approvisionnement en eau sont très importants. Ils comprennent l'amortissement et l'entretien des puits cuvelés ou non. Ils ont été estimés s'élever entre 15 et 35% du revenu brut des systèmes d'élevage, et cela suivant le mode de gestion du troupeau (sédentaire ou migrant), la productivité animale et le type de puit (Breman *et al.*, 1987). Pour les nouveaux puits, les frais sont estimés varier de 2 500 à 3 000 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Ces valeurs font cependant référence à une situation où de nouveaux puits sont foncés, dans le but de permettre l'exploitation de nouveaux pâturages. En ce qui concerne la situation actuelle de la Région, les puits existants sont utilisés et, en outre, la plupart des animaux exploitent pendant la saison sèche les eaux de surface naturelles des fleuves, des lacs et des mares temporaires. L'eau n'a pas de valeur, en termes financiers, mais Wilson (1986) rapporte par exemple que les Maures paient en fumier le droit d'accès à un puit.

Dans la version actuelle du modèle-PL, aucun coût, en rapport avec l'eau d'abreuvement, n'a été inclus.

## 6. Taxes

Les taxes et droits (e.g. commerce, douane, OMBEVI, coûts vétérinaires, etc.; Diakité, 1989b) n'ont pas été inclus dans cette étude. Les prix indiqués sont hors taxes.

En conséquence, les coûts totaux d'opération sont de 5 380 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour toutes les techniques de production, excepté les techniques de production semi-intensive de lait dont les coûts sont de 5 780 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

# 13.3 Boeufs de labour

## 13.3.1 Introduction

Un fourrage grossier est généralement donné aux boeufs; pendant la saison sèche cependant, ils peuvent recevoir un fourrage additionnel pour les maintenir en bonne forme physique afin qu'ils soient en mesure de travailler après les premières pluies. Ce fourrage supplémentaire comprend du son de riz et de mil, et également des grains de mil (Kolff & Wilson, 1985). Par ailleurs, du sel - de cuisine ou autre - est également donné aux boeufs pendant la saison sèche (Wilson, 1986).

D'après Baur *et al.* (1989), il y a au moins un boeuf par ménage; il arrive cependant que ces animaux soient loués (Wilson, 1986).

Dans cette étude, les boeufs ne sont pas traités en troupeau, mais sont pris individuellement. Cela signifie que, pour arriver à satisfaire les besoins en boeufs de la Région, le nombre de boeufs ne devrait pas excéder les 40% du bétail de la Région, comme calculé dans le modèle-PL. Ainsi, les boeufs sont supposés être achetés sur les marchés et leur vie active est évaluée à 10 ans. Pour garder les animaux en bonne condition de travail, il est nécessaire que le fourrage qui leur est donné satis-

fasse, non seulement leurs besoins énergétiques mais également les exigences de qualité en termes de teneur en azote.

### *13.3.2 Structure du troupeau et productivité*

En conséquence de notre définition, aucun troupeau n'est défini. Les animaux décédés à la suite de maladie, ou d'autres causes, sont remplacés par de nouveaux animaux achetés au marché. Ceci est représenté dans le modèle-PL par un achat provenant d'autres techniques de production des bovins.

### *13.3.3 Poids et taux de croissance*

Le poids des boeufs de trait maliens peut varier de 350 à 450 kg (Wilson, 1984); des valeurs moins élevées, variant de 325 à 360 kg, ont cependant également été rapportées, selon la qualité de l'approvisionnement en fourrage (Diakité & Kéita, 1988).

Dans cette étude, le poids sélectionné est de 326 kg, équivalent à 1.3 UBT.

### *13.3.4 Décès et taux de mortalité*

Les boeufs sont sujets aux mêmes maladies que celles qui ont été mentionnées dans la sous-section 13.2.4. Dans cette étude, le taux moyen de mortalité est fixé à 4% a<sup>-1</sup>, sur la base des données présentées dans le tableau 13.1.

### *13.3.5 Extrants*

#### *13.3.5.1 Viande*

Il n'a pas été tenu compte de la viande de boeuf sensu stricto, dans le modèle-PL, parce qu'elle a déjà été prise en compte dans les autres techniques de production des bovins (lorsque les boeufs sont achetés comme boeufs de boucherie).

#### *13.3.5.2 Force de traction*

La force de traction est le produit principal du boeuf; elle trouve son utilisation dans la préparation du sol et le sarclage, de même que pour le transport (chariots à 4 roues). Pour plus de détails sur la force de traction fournie, se référer au rapport de la FAO (1972) et à celui de Munzinger (1982).

Dans cette étude, la disponibilité en force de traction est exprimée en termes d'animaux, par UBT, i.e. (1/1.3 =) 0.77 ox UBT<sup>-1</sup>.

### 13.3.5.3 Fumier

La disponibilité en fourrage est évaluée, sur la base des données présentées au paragraphe 13.2.5.3, à 60% de la production totale, i.e. 580 kg MS UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 13.3.6 Intrants

### 13.3.6.1 Besoins alimentaires

Par analogie avec les données du tableau 13.1, les besoins en fourrage sont basés sur les besoins d'absorption en rapport avec le régime II, à savoir 2.2% de poids vif par jour. Pour un poids moyen de 325 kg, cela implique une absorption de 2 010 kg MS UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 13.3.6.2 Besoins en main-d'oeuvre

#### 1. Gardiennage des animaux

Les boeufs de trait sont gardés, avec l'ensemble du cheptel bovin du village, dans les champs près des villages, au début de la saison sèche. Plus tard, quand le gros du troupeau quitte les alentours du village pour la courte transhumance annuelle, ils sont autorisés à paître librement, mais la nuit ils sont gardés à l'enclos (Wilson, 1986).

Il est supposé, dans cette étude, que les besoins moyens en main-d'oeuvre pour le gardiennage du troupeau, pendant la saison des pluies, s'élèvent à 0.02 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, et à 0.022 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, pendant la saison sèche, soit 2 et 6 dth UBT<sup>-1</sup> respectivement pour la saison des pluies et la saison sèche.

#### 2. Dressage

Lorsque l'on achète de jeunes boeufs, il est nécessaire de les dresser à la traction (e.g. Mungroop, 1989). Il est supposé que ce dressage occupe 2 hommes pendant 2 mois en saison sèche (qui n'est pas une saison de pleine campagne). Si l'on prend donc en compte une paire de boeufs à dresser et un achat annuel de 0.1 taurillon, les besoins en main-d'oeuvre pour cette activité s'élève à 8.5 dth UBT.

### 13.3.6.3 Intrants monétaires

#### A. Amortissements

##### 1. Boeufs

Si l'on considère le prix d'achat d'un jeune boeuf (tableau 13.2) et une longévité moyenne de 10 ans, l'amortissement est de 6 000 FCFA UBT a<sup>-1</sup>.

## 2. Stabulation améliorée

Les coûts de construction d'une étable améliorée, pour les boeufs, varient de 29 000 à 37 000 FCFA pour 2 et 6 boeufs respectivement. La différence est principalement due à l'utilisation de bois pour le premier type d'étable et de bois et de fils de fer ainsi que de grillage dans le second cas (Wennink, 1988).

Il est supposé que les paysans gardent 2 boeufs dans une étable améliorée; les coûts de construction sont donc de 29 000 FCFA. Si l'on considère une longévité de 10 ans, le taux d'amortissement est de 1 120 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### B. Coûts des opérations

#### 1. Suppléments

Aucun fourrage supplémentaire (importé) n'est inclus; ces coûts sont donc nuls.

#### 2. Sel

Les besoins sont supposés être identiques à ceux évalués pour les autres techniques de production de bétail, à savoir 5 100 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 3. Vaccination

D'après Berckmoes & Bengaly (1989), des vaccinations de routine sont effectuées contre la peste bovine et la péripneumonie.

Les besoins en matière de vaccination sont supposés être identiques à ceux évalués pour les autres techniques de production de bétail, à savoir 5 400 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 4. Entretien des étables

Les coûts d'entretien des étables ont été considérés comme étant identiques à ceux des autres techniques de production du bétail, soit 400 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

#### 5. Eau d'abreuvement

Comme pour les autres techniques de production de bétail, aucun coût d'opérations n'ont été envisagés pour l'eau d'abreuvement

## 13.4 Tableau des intrants-extrants

Les intrants-extrants des diverses techniques de production ont été quantifiés dans le tableau 13.4.

Tableau 13.4. Tableau des intrants-extrants des techniques de production bovine.

CHARACTERISTIQUE	B1	B2	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B10	B11	B12
Production-cible											
viande	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
lait	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
transport/traction	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niveau de production											
bas	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
moyen	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
semi-intensif	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Mobilité											
sédentaire	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+
semi-mobile	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
migrant	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
<b>INTRANTS [UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>											
FOURRAGE [kg MS]											
Menu I	-	2 000	-	2 010	-	-	-	-	-	-	-
Menu II	2 010	-	2 000	-	-	2 090	-	2 090	-	-	-
Menu III	-	-	-	-	2 100	-	2 200	-	2 200	-	-
Menu IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 850	2 180
Concentrés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	330	-
Fourrage des ligneux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>MAIN-D'OEUVRE<sup>a</sup> [dth]</b>											
1-3 Gardiennage	2	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-
1-3 Traite	-	-	0.5	-	0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2
1-3 Afouragement	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
4-6 Gardiennage	6	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-
4-6 Traite	-	-	1	-	1	2	2	2	2	3	3
4-6 Afouragement	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8
4-6 Formation	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	16.5	11	12.5	11	12.5	14.5	14.5	14.5	14.5	16	16

a) Les chiffres précédant les opérations font référence aux périodes de l'année (sous-section 1.3.1).  
La main-d'oeuvre fait référence au total pendant ces périodes.

.../...

Tableau 13.4. Suite.

CHARACTERISTIQUE	B1	B2	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B10	B11	B12
<b>INTRANTS MONETAIRES [FCFA]</b>											
<i>Amortissement</i>											
Parc	1 120	-	-	-	-	-	-	-	-	400	400
Equipement	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 000	3 000
Boeuf	6 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>total partiel</i>	7 120	-	-	-	-	-	-	-	-	3 400	3 400
<i>Coûts des opérations</i>											
Vaccinations	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
Sel	5 100	5 100	5 100	5 100	5 100	5 100	5 100	5 100	5 100	5 100	5 100
Parc	400	-	-	-	-	-	-	-	-	400	400
<i>total partiel</i>	5 780	5 380	5 380	5 380	5 380	5 380	5 380	5 380	5 380	5 780	5 780
Total coûts	12 900	5 380	5 380	5 380	5 380	5 380	5 380	5 380	5 380	9 180	9 180
<b>EXTRANTS [UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>											
Viande											
[kg poids vif]	0	37	57	37	71	54	62	54	62	61	61
Lait pour la consommation humaine [kg]	-	-	93	-	219	165	377	165	377	518	518
Fumier disponible [kg MS]	580	299	287	232	222	462	445	241	232	716	716
Nombre [ox]	0.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## 14. OVINS ET CAPRINS

(N. van Duivenbooden)

### 14.1 Introduction

Ce chapitre rapporte les données recueillies sur les moutons et les chèvres, en relation avec le modèle-PL. L'approche suivie est en principe identique à celle définie pour les bovins; en ce qui concerne les petits ruminants cependant, nous ne disposons pas d'informations suffisamment détaillées quant à la relation existant entre la qualité du fourrage et la productivité dans des conditions tropicales. Nous avons donc basé notre évaluation sur les résultats d'une étude effectuée sur les moutons et les chèvres dans les systèmes agro-pastoraux à base de mil et de riz. (Wilson, 1986). Le système agro-pastoral à base de son de mil a été identifié comme étant le niveau I, celui à base de son de riz comme correspondant au niveau III. Dans cette étude, les moutons ont été dénommés "moutons du mil" et "moutons du riz", suivant le système considéré. Les calculs des paramètres déterminés pour les ovins et les caprins sont présentés dans les sections 14.2 et 14.3; ils ont été inclus dans un modèle simple. Ce modèle, baptisé modèle-SR, permet de calculer la production de viande et les besoins en fourrage d'un animal moyen du troupeau, la condition sine qua non étant que la taille du troupeau reste constante à long terme (annexe 6). La section 14.4 traite des intrants nécessaires aux techniques de production ovine et caprine, y compris le fourrage, la main-d'oeuvre et les moyens financiers. Les intrants et extrants sont finalement résumés dans un tableau (section 14.5). Tous les coefficients sont exprimés en UBT (Unité de Bétail Tropical).

### 14.2 Ovins

#### 14.2.1 Description générale

La race ovine prédominante dans la Région est une race haute sur pattes et à toison de poils que l'on retrouve dans toute l'Afrique de l'Ouest. On l'appelle aussi "mouton du Sahel" et on en distingue trois types spécifiques, à savoir le Toronké, le Maure et le Touareg.

- Le Toronké est élevé par les Fulani qui pratiquent la transhumance au rythme des fluctuations saisonnières à travers presque toute la Région, et par les éleveurs agro-pastoraux sédentaires de la Région.
- Le Maure, à poils longs, aussi dénommé mouton arabe, se trouve dans la partie ouest de la Région, le long de la frontière mauritanienne.
- Le Touareg, à robe blanche ou pie-fauve, est principalement élevé par les Touarègues nomades ou semi-nomades, particulièrement dans le Gourma et le Séno Mango. On distingue deux souches selon la forme et le pelage: (i) le grand mouton Touareg, de taille élevée, de 0.7 à 0.8 m au garrot, pesant de 40 à 50 kg, à robe blanche plus ou moins tachetée de roux et (ii) le petit mouton Touareg de

taille réduite, de 0.5 à 0.6 m au garrot, pesant de 20 à 30 kg, au pelage uniformément gris-fauve, le poil sensiblement plus long que celui du Touareg de taille élevée; ce type de mouton est localisé dans le Gourma au-dessus du 15° de latitude Nord (Currey *et al.*, 1980; Gatenby, 1986; Wilson, 1986).

Par ailleurs, l'une des rares races à laine de l'Afrique se trouve localisée sur les bords du Niger, de chaque côté du fleuve. Ces moutons sont élevés par presque tous les Fulani agro-pastoraux riziculteurs (Currey *et al.*, 1980; Coulomb *et al.*, 1981; Wilson, 1986). Pour une description détaillée de cette race, consulter Char-ray *et al.*, (1980). La laine de ces moutons est destinée à la consommation domestique ou est vendue sur les marchés locaux de la Région. Cette technique de production animale n'est pas définie comme une activité séparée.

Dans cette étude, l'accent est mis sur les trois premiers types d'animaux. Le Touareg de taille réduite n'étant pas très répandu, il ne sera pas traité dans ce chapitre. Pour toutes les techniques de production ovine, c'est la viande qui est l'objectif principal de production. Cinq activités sont définies, pour la version actuelle du modèle-PL, sur la base de deux critères, à savoir la mobilité et le niveau de production:

B13: sédentaire et semi-mobile,	niveau de production bas
B14: sédentaire et semi-mobile,	niveau de production moyen
B15: migrant,	niveau de production bas
B16: migrant,	niveau de production moyen
B17: sédentaire,	niveau de production semi-intensif.

Les quatre premières activités sont plus ou moins identiques aux techniques agro-pastorales ou transhumantes actuelles. La production semi-intensive de mouton de boucherie, appelé "mouton de case" est discutée plus en détail ci-après.

#### 14.2.1.1 Mouton de case

L'embouche des moutons est généralement connue sous le nom de technique de production du mouton de case. Elle peut être définie comme une technique où principalement des béliers, quelquefois aussi les brebis ou des caprins (RIM, 1987) sont mis au piquet ou à l'étable près des maisons et reçoivent une alimentation de qualité (e.g. fanes d'arachide, ou de niébé, ou de patate douce, ou bourgou), des grains et des concentrés. Ils reçoivent également du son de riz et de mil et des grains de mil. Les animaux sont parfois autorisés à brouter librement pendant la journée. L'une des raisons principales de ce système est de préparer les animaux à la vente ou au sacrifice pour la fête annuelle de la "Tabaski". En outre, certaines brebis sont gardées pour la reproduction. En général, la période d'engraissement est de 4 à 6 mois pour 35% des animaux environ, mais des différences ont été enregistrées (Kolff & Wilson, 1985).

Les types le plus souvent utilisés sont les Maures ou les Touarègues (Charray *et al.*, 1980). La fraction de brebis dans ce système de production varie de 15 à 25%. Dans une étude détaillée sur la question, Kolff & Wilson (1985) ont observé que parmi les béliers, 65% étaient âgés de moins de 15 mois, 28% avaient entre 15 et 21 mois, 8% entre 21 et 27 mois et 2% entre 27 et 33 mois, la moyenne d'âge étant par conséquent de 1 an à 1 an et demi.

Bien que plusieurs systèmes d'exploitation soient en réalité pratiqués, nous avons dû simplifier la technique de production du mouton de case pour les besoins de cette étude. Sur la base de la description ci-dessus, et de la distinction par classe d'âge pour les autres types de moutons, nous avons défini la technique de production du mouton de case comme suit:

- aucun troupeau n'est défini; une fraction seulement du nombre total de têtes est constituée de brebis; en conséquence, le lait produit est considéré comme un sous-produit; les agneaux sont supposés être vendus à la fin de la période d'engraissement;
- le ratio des femelles par rapport aux mâles de plus d'un an est de 0.20:0.80;
- la période d'embouche est de 8 mois, le taux de croissance étant discuté dans la sous-section 14.2.5.
- Les moutons d'un an sont vendus au poids de l'antennais, comme pour les moutons migrants, sédentaires et semi-mobiles;
- le pâturage n'est pas inclus; tous les aliments (de bonne qualité, régime alimentaire IV) doivent donc être administrés.

#### 14.2.2 Structure du troupeau

La structure du troupeau (répartition par âge et par sexe) est fonction de l'objectif principal de production du troupeau (e.g. antennais, mouton de boucherie, lait) et, bien entendu, des taux de fécondité, de mortalité et de réforme. La monte est généralement libre et son occurrence saisonnière dépend des conditions de l'environnement naturel en ce qui concerne les fluctuations des disponibilités alimentaires. Certains groupes ethniques pratiquent cependant un élevage contrôlé, en appliquant la méthode dite "kunan" et qui consiste à fixer une corde gênant l'intromission et empêchant donc une reproduction indiscriminée (Wilson, 1986).

Les valeurs rapportées quant à la structure du troupeau sont indiquées dans le tableau 14.1. Sur la base de ces valeurs et tenant compte du fait que la taille du troupeau doit rester constante, la structure du troupeau dans le modèle-SR a été définie pour les deux niveaux de production (tableau 14.2).

Tableau 14.1. Structure d'un troupeau ovin [% du nombre total].

FEMELLES			MALES			SOURCE	
TOTAL	BREBIS	AGNEL- LES	TOTAL	REPRO- DUCTEURS	CAS- TRES		AGNEAUX
75	65	25	25	6	5	14	Kolff, 1983
75	56	25	25	*	11	*	Wilson, 1983
75	56-70	13	25	18	7	0	Wilson, 1986
75	*	*	25	*	*	*	Gatenby, 1986
70	44	26	30	7	12	11	RIM, 1987
70	*	*	30	*	*	*	Peacock cité par RIM, 1987
68	*	*	32	*	*	*	OMBEVI cité par Sangaré, 1989

\*) valeur manquante

#### 14.2.3 Paramètres de productivité

Le premier agnelage a lieu en moyenne après 1.3 an (480 d); il se produit cependant plus tard pour les moutons du mil (497 d) que pour les moutons du riz (431 d) (Wilson, 1986).

La taille des portées (agneaux brebis<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) varie suivant la saison de l'agnelage, de 1.01 en septembre à 1.14 en avril, avec une moyenne de 1.04 à 1.05; aucune différence digne d'être mentionnée n'existe entre le mouton du riz et le mouton du mil (Kolff, 1983; Lambourne, 1985; Wilson, 1983; 1986). Ces données confirment les valeurs de 1.07 et de 1.01 à 1.07 respectivement indiquées pour les moutons Fulani et Maure du Tchad (Dumas, cité par Gatenby, 1986).

L'intervalle de parturition (période entre deux mise-bas) est inférieur à un an (de 254 à 290 d; Wilson, 1983; 1986), avec 259 d pour les mouton du riz et 260 d pour les moutons du mil. Cet intervalle est un peu plus court que celui de 301 d observé au Niger (Haumesser Gerbaldi, cité par Wilson, 1986).

En conséquence, le taux annuel de reproduction (nombre d'agneaux par brebis par an) varie de 1.37 (Kolff, 1983) à 1.5 (Wilson, 1983; Lambourne, 1985) et à 1.6 (Wilson, 1986).

Des données fiables quant au taux de fécondation (ratio de brebis pleines par rapport aux brebis saillies) sont rares. Kolff (1983) a rapporté une valeur estimée de 0.89. Cette valeur semble relativement peu élevée, comparée au taux d'avortement d'environ 0.04 ou 0.05 (Kolff, 1983; Wilson, 1986).

Sur la base des données ci-dessus, aucune distinction ne peut être faite entre les techniques de production des ovins migrants, sédentaires ou semi-mobiles. Dans le modèle-SR, la taille des portée et le taux de fécondité ont été fixés à 1.04 pour le niveau de production bas et 0.92 pour le niveau de production intermédiaire. Cette dernière valeur est également appliquée à la technique de production du mouton de case; elle a cependant été modifiée proportionnellement à la longueur de la période d'engraissement.

Tableau 14.2. Coefficients techniques, de l'élevage des ovins, utilisés dans cette étude en fonction du niveau de nutrition.

	NIVEAU DE NUTRITION		
	I	III	IV <sup>a</sup>
Composition du fourrage:			
Taux d'azote [g kg <sup>-1</sup> ]	9	11	12
Digestibilité [%]	52	56	59
Absorption journalière [% du poids]	2.6	2.6	2.5
Structure du troupeau [%]:			
mâles	16	16	82 <sup>b</sup>
femelles	84	84	18 <sup>b</sup>
Poids [kg]			
Femelles			
naissance	2.6	2.7	2.7
sevrage	13	18	16.5
0.75 an			33.5
1 an	24	29	-
1.75 an			35
2 ans	27	32	-
≥ 3 ans	29	34	-
Mâles			
naissance	2.7	2.8	2.8
sevrage	15	20	18.5
0.75 year			35.5
1 an	29	34	-
1.75 an			40
2 ans	38	43	-
≥ 3 ans	40	45	-
moyenne par animal	25.8	30.8	32.3
moyenne par UBT	0.10	0.12	0.13
Age du premier agnelage [an]	1.4	1.2	1.2
Fecondité <sup>c</sup>	121	134	100 <sup>d</sup>
Mortalité [%]			
pré-sevrage	30	22	22
post-sevrage	5	5	10.7
1 à 2 ans	12	12	5
> 2 ans	12	12	-
Production par animal:			
Poids vif [kg kg <sup>-1</sup> ]	0.38	0.48	0.36
Lait total [kg]	19	25	8
Lait pour consommation humaine [kg]	0	7.5	2.5

a) seulement pour la technique de production de mouton de case.

b) proportion des individus, voir définition.

c) Fecondité = agneaux vivants par brebis saillie.

d) pour une période de 8 mois.

#### 14.2.4 Poids et taux de croissance

Pour pouvoir évaluer le taux de production de viande, il est nécessaire de disposer de données quant au poids de l'animal au cours des différents stades de sa vie. Si ces données ne sont pas disponibles, les taux quotidiens de croissance peuvent éventuellement être utilisés. Etant donné que de telles données sont assez rares en ce qui concerne les ovins de la Région, nous présentons ci-après celles que nous avons recueillies dans d'autres régions du Mali.

Le poids moyen des agneaux à la naissance est d'environ 2.6 kg (2.6 kg pour les femelles et 2.7 kg pour les mâles; Wilson, 1986). Le poids au sevrage dépend de l'âge du sevrage, généralement 150 d contre environ 120 d pour le mouton du Macina. Les poids moyens au sevrage sont donc de 15.1 kg pour les agnelles et de 17.1 pour les agneaux issus des brebis du mil, et de 14 et 18 kg respectivement pour les agnelles et les agneaux issus de brebis du riz. Des poids plus élevés, approchant celui de l'antennais (24.7 kg) ont été rapportés dans le Delta Central pour les agneaux survivants du Macina. Le poids des femelles et des mâles d'un an est en effet, respectivement, 24.6 et 29.8 kg environ (Wilson, 1986). Le poids adulte est atteint à l'âge de quatre ans environ. Ce poids est d'environ 32 à 37 kg et il a été spécifié pour les types suivants: Maure de 30 à 45 kg, Touareg de 40 à 60 kg, Macina de 34 à 45 kg et Toronké de 30 à 50 kg (Charray *et al.*, 1980; Devendra & McLeroy, 1982; Wilson, 1983; 1986). La figure 14.1 présente la relation des poids en fonction de l'âge. Le poids d'un bélier adulte est d'environ 42 kg, soit environ de 9 à 12 kg de plus que celui des brebis; le poids des béliers de race Maure et grand Touareg est d'environ de 45 à 50 kg (Devendra & McLeroy, 1982).

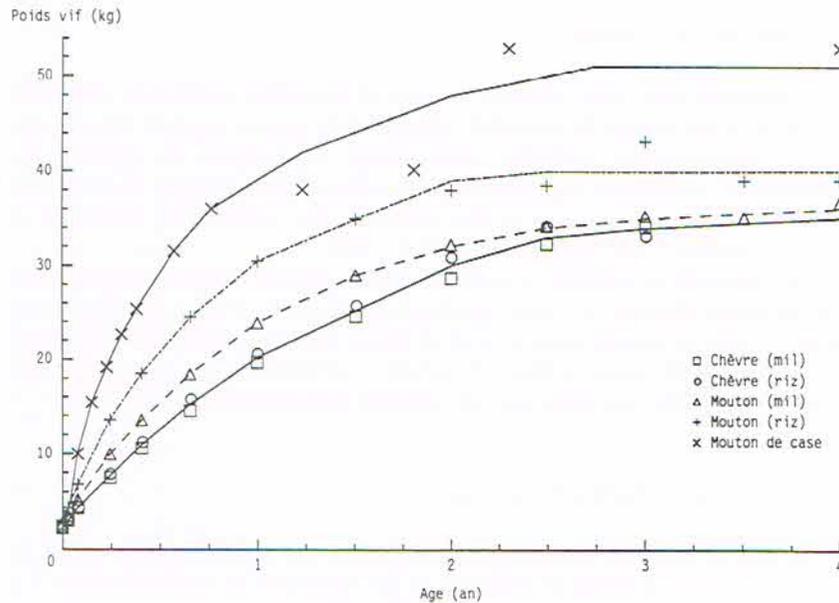


Figure 14.1. Poids moyens, dans le temps, des moutons et des chèvres dans des systèmes agro-pastoraux à base du mil et du riz (Wilson, 1986) et des moutons de case (Kolff & Wilson, 1985).

Les données de la figure 14.1 sont utilisées comme base pour effectuer l'évaluation des poids moyens des moutons pendant leur développement, ainsi que requis pour le modèle-SR. Il est supposé que le poids du bélier est de 40 kg pour le niveau de production bas et de 45 kg pour le niveau de production moyen. La différence au sevrage entre les poids du bélier et de la brebis est de 2, de 5 et de 11 kg aux âges de 1, de 2 ainsi qu'entre 3 et 5 ans respectivement (tableau 14.2).

Les taux moyens de croissance de la naissance au sevrage, du sevrage à un an et d'un an à 3 ans ont respectivement été calculés comme étant de 90, de 67 et de 33 g d<sup>-1</sup> (Wilson, 1983; 1986). Une valeur générale de taux de croissance pour les agneaux entre 0 et 8 mois se situe entre 50 et 100 g d<sup>-1</sup> (Wilson, cité par Gatenby, 1983).

Le taux moyen de croissance du mouton de case de la naissance à 9 mois est d'environ 120 g d<sup>-1</sup> (Kolff & Wilson, 1985). Ce taux n'est pas très élevé si on le compare à celui rapporté par Brinckman (cité par Gatenby, 1983) pour un mouton africain non spécifié et qui est de 250 g d<sup>-1</sup>. Le taux moyen de croissance (figure 14.1) du mouton de case, du sevrage (5 mois) à 1 an, et de 1 an à 2 ans, est bien plus bas, soit 61 et 25 g d<sup>-1</sup> respectivement. Si les moutons sont engraisés à partir de l'âge de 1 an, leur taux de croissance est estimé être situé entre ces deux valeurs. Il est supposé qu'un taux de croissance de 45 g d<sup>-1</sup> peut être appliqué pour les mâles d'un an et de 37 g d<sup>-1</sup> pour les femelles, vu les exigences alimentaires de ces dernières en période de gestation et de production laitière. Si l'on tient compte de la période de stabulation, le poids à la vente des brebis et béliers engraisés est de 35 et 40 kg respectivement.

#### 14.2.5 Maladies et mortalité

La mortalité peut avoir plusieurs causes: (i) naturelles: accidents, prédateurs (près de 10% des causes de mortalité), morsures de serpent, noyade, écrasement, etc. (ii) pathologiques (maladies épizootiques, enzootiques ou sporadiques, hématozooses, parasitoses, etc., dont la pasteurellose (*Haemorrhagic septicaemia*) et la peste des petits ruminants) et (iii) nutritionnelles: malnutrition (Coulomb *et al.*, 1981; Gatenby, 1983; Wilson, 1986; RIM, 1987).

Pour quantifier la mortalité, le cycle de vie des animaux a été schématiquement divisé en quatre périodes: a) avant l'agnelage (avortement), b) entre l'agnelage et le sevrage, c) entre le sevrage et un an et d) au-dessus d'un an. Le taux de mortalité au cours de la première phase a déjà été discuté en relation avec le taux d'agnelage (sous-section 14.2.3). Les autres taux de mortalité sont discutés ci-après.

##### 14.2.5.1 Taux de mortalité avant sevrage

Les taux de mortalité en pré-sevrage varient de 23 à 39% selon la parité, le niveau alimentaire, la saison de naissance et les conditions de l'environnement. Le taux moyen est de 31% pour les mouton du mil et 24% pour les mouton du riz, sans que soit noté une différence marquante entre les agneaux mâles et femelles (Wilson, 1986).

Dans cette étude, les troupeaux sont supposés être gardés et les pertes causées par les prédateurs sont donc supposées être nulles. Dans le modèle-SR, la mortalité en pré-sevrage pour les deux sexes a été fixée à 30% pour le niveau de production bas et à 22% pour le niveau moyen. Comme dans la technique de production du mouton de case l'agnelage est permis, ce taux de mortalité s'élève à l'heure actuelle à 0.22%.

#### 14.2.5.2 Taux de mortalité après sevrage

Le taux de mortalité post-sevrage rapporté est d'environ 5% (Wilson, 1986); il est utilisé dans le modèle-SR. Pour le mouton de case, la valeur est réduite proportionnellement au temps de mise au piquet des agneaux, c'est-à-dire 3 mois comparés aux 7 mois habituels; elle est donc de 2%.

#### 14.2.5.3 Taux de mortalité après un an

D'après Coulomb *et al.*, (1981), le taux de mortalité pour les animaux âgés de 1 à 2 ans est de 10 à 25% contre 4 à 17% pour ceux de plus de 2 ans. Wilson (1986) a rapporté un taux de mortalité de 12% pour cette classe d'âge.

La valeur de 12% est utilisée dans le modèle-SR pour les niveaux de production bas et moyen des moutons transhumants. Il est supposé que du fait d'une alimentation améliorée, ce taux de mortalité est bien plus bas pour la technique de production du mouton de case; il a donc été fixé à 3% pour les besoins du modèle-SR.

### 14.2.6 Extrants

#### 14.2.6.1 Mouton de boucherie

Les moutons sont vendus vivants et sont destinés à l'abattage. Le terme "mouton de boucherie" désigne ici la somme de viande effective et de carcasse; cette somme s'exprime en kg de poids vif. Les facteurs déterminant la production de viande effective sont les taux de réforme (la proportion d'animaux éliminés du troupeau, par an), le poids des animaux de réforme et le rendement à l'abattage (ratio du poids de viande par rapport au poids vif). Des données détaillées concernant les divers facteurs sont rares, mais une illustration de leur variabilité en fonction du type, du sexe, des conditions de l'environnement, etc. est présentée ci-après.

Le taux de réforme est fonction des conditions de l'environnement, de l'objectif de production, de l'âge de l'animal, etc. Les valeurs rapportées varient de 1 à 30% pour les différentes catégories (Delgado, 1980; Wilson, 1986), mais il faut cependant noter que ces taux ne se réfèrent pas à une taille de troupeau constante.

Le poids moyen à la réforme est de 26.8 kg (Wilson, 1986); il peut cependant atteindre 80 kg pour les moutons Maure engraisés en feedlot (Charray *et al.*, 1980).

Le rendement à l'abattage varie suivant la race. Il est de 0.40 pour le mouton du Macina, de 0.40 à 0.45 pour le Maure, de 0.46 pour le Touareg et de 0.48 à 0.50 pour le Toronké (Charray *et al.*, 1980).

Les valeurs de production de viande basées sur les résultats du modèle-SR (annexe 6, tableaux A6.1 et A6.2 pour les moutons en général et les moutons de case respectivement) sont incluses dans le tableau 14.2 ("réforme" exprimée en kg de poids vif par kg de poids moyen); elles sont exprimées en UBT dans le tableaux des intrants-extrants (tableau 14.5).

Le prix de vente dépend du poids de l'animal; il est également influencé par la couleur de la robe de ce dernier, sa constitution et la taille de ses cornes; il subit une augmentation exponentielle au-dessus d'un poids de 50 kg (Kolff & Wilson, 1985). Le prix est généralement élevé pendant la période marquant la fête de la Tabaski, et il est bas lorsque les animaux retournent de leur transhumance annuelle (de octobre à décembre; Diakité & Kéita, 1988). Un prix par tête de 12 000 à 15 000 FCFA a été rapporté en 1987 (Diakité & Kéita, 1988; Diakité, 1989) mais aucun poids n'a été indiqué. Dans le modèle-PL, le prix de vente a été fixé à 340 FCFA kg<sup>-1</sup> de poids vif (S. Cissé, com. pers.) pour toutes les techniques de production ovine.

#### 14.2.6.2 Lait

Pendant la saison des pluies, le lait est essentiellement autoconsommé; pendant la saison sèche cependant, 90% de la production sont vendus (Sangaré, 1989). Des données précises quant à la production laitière sont rares. Sangaré (1989) a rapporté une valeur de 30 kg par petit ruminant en lactation disponible pour la consommation humaine. Wilson (1986) a rapporté un rendement total de 50 kg par période de lactation pour la brebis du Macina, mais la fraction consommée par les agneaux n'est pas indiquée. Il en est de même pour la valeur de 50 kg rapportée par Lambourne (1985) et pour les données suivantes (Charray *et al.*, 1980):

Brebis du Macina	0.25 - 0.40 kg d <sup>-1</sup>
Brebis du Sahel	0.20 - 0.40 kg d <sup>-1</sup>
Brebis Maure	0.20 - 0.40 kg d <sup>-1</sup>
Brebis Touarègue	0.20 - 0.40 kg d <sup>-1</sup> pendant la saison sèche
Brebis Touarègue	0.40 - 0.60 kg d <sup>-1</sup> pendant la saison des pluies

Dans cette étude, la production totale de lait est fixée, quelque peu arbitrairement il est vrai, à respectivement 30, 40 et 50 kg par brebis en lactation pour les brebis mises aux régimes I, III et IV. La disponibilité pour la consommation humaine est fixée à 0, à 30 et à 30% respectivement, étant donné que par définition la disponibilité laitière des moutons laitiers mis au régime I est nulle (section 12.3). Tenant compte de la fraction de brebis agnelant, la production et la disponibilité laitières ont été calculées pour les diverses techniques de production (tableau 14.5).

### 14.2.6.3 Laine et poils

La tonte du mouton du Macina est effectuée avec un couteau à double lame, et elle a généralement lieu deux fois par an (Devendra & McLeroy, 1982; Sangaré, 1989); elle peut cependant avoir lieu quatre fois par an (Wilson, 1989). La production moyenne varie de 0.6 à 0.7 kg a<sup>-1</sup> (Charray *et al.*, 1980) ou de 1.0 à 1.5 kg a<sup>-1</sup> (Devendra & McLeroy, 1982). Le poil est fourni par les moutons de type Maure, mais aucune donnée quantitative sur cette production n'est disponible.

Il n'a pas été tenu compte de la production de laine dans cette étude, étant donné que cette laine est principalement destinée à la consommation domestique des moutonniers et des bergers et qu'elle n'est pas commercialisée hors de la Région.

### 14.2.6.4 Fumier

La production de fumier de mouton (synonyme: migou) est importante comme intrant dans des activités agricoles variées. Les calculs quant à la disponibilité en fumier pour l'agriculture ont été basés sur les considérations suivantes.

Les moutons ne sont normalement pas mis à l'herbage pendant la nuit et les animaux sédentaires et semi-mobiles passent par conséquent 12 heures par jour à l'enclos, où 80% du fumier peut donc être récupéré. La récupération du fumier pendant la pâture est négligeable. Les moutons migrants passent quatre mois hors de la zone cultivée et leur fumier n'est donc pas disponible pour les activités agricoles. Par conséquent, la récupération du fumier dans les techniques de production sédentaire et semi-mobile est de 46% contre 33% pour la technique de production migrante.

Les valeurs définissant la disponibilité en fumier pour les diverses techniques de production sont incluses dans le tableau 14.5.

## 14.3 Caprins

### 14.3.1 Description générale

D'après Wilson (1986) les caprins appartiennent à un type prédominant dans le Sahel ouest-africain, mais aucune race distincte ne peut être déterminée. Charray *et al.* (1980), par contre, ont fait une distinction entre deux types: les Maures et les Touarègues. La chèvre est un animal d'utilité double, c'est-à-dire qu'elle fournit de la viande et du lait (Devendra & Burne, 1983). Consulter Charray *et al.*, (1980) pour une description détaillée de l'animal.

L'objectif principal de production est la viande et le lait pour toutes les techniques de production caprine.

Quatre activités ont été définies pour la version actuelle du modèle-PL, sur la base de deux critères, à savoir la mobilité et le niveau de production.

B18: sédentaire & semi-mobile, niveau de production bas  
 B19: sédentaire & semi-mobile, niveau de production moyen  
 B20: migrant, niveau de production bas  
 B21: migrant, niveau de production moyen

#### 14.3.2 Structure du troupeau

La structure du troupeau (répartition par âge et par sexe) dépend des mêmes mécanismes que chez les ovins (sous-section 14.2.2). Les valeurs rapportées quant à la structure du troupeau sont indiquées dans le tableau 14.3. Sur la base de ces valeurs et tenant compte du fait que la taille du troupeau doit demeurer constante, la structure du troupeau incluse dans le modèle-SR est définie pour deux niveaux de production (tableau 14.4).

Tableau 14.3. Structure d'un troupeau caprin [% du nombre total].

FEMELLES			MALES				SOURCE
TOTAL	BI- QUES	CHEV- RETTES	TOTAL	REPRO- DUCTEURS	CAS- TRES	CHEV- REAUX	
70	51	19	30	3	15	12	Kolff, 1983
71	40	12	29	7	12	10	RIM, 1987
76	62	14	24	7	5	12	Wilson, 1986
79	•	•	21	•	•	•	Peacock cité par RIM, 1987

•) valeur manquante

#### 14.3.3 Paramètres de productivité

La première mise bas (pour la chèvre: chevrotement) a lieu en moyenne au bout de 1.3 ans environ (485 d). Dans un autre troupeau, Wilson (1986) a noté un premier chevrotement au bout de 486 d pour les chèvres du mil et de 508 d pour les chèvres du riz.

La taille des portée (chevreau chèvre<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) varie suivant la période de chevrotement, de 1.14 en août/septembre à 1.31 en mars (Wilson, 1986). Les valeurs moyennes rapportées varient de 1.15 (Kolff, 1983) à 1.19 ou 1.23 (Wilson, 1983; 1986; Lambourne, 1985), sans différence notable entre les chèvres du mil et du riz (de 1.15 à 1.17; Wilson, 1986).

L'intervalle de parturition est inférieur à un an, variant de 271 à 298 d (Wilson, 1983; 1986), sans différence notable entre les chèvres du mil et les chèvres du riz (298 d; Wilson, 1986).

En conséquence, le taux annuel de reproduction est de 1.51 à 1.53 (Kolff, 1983; Wilson, 1986) ou de 1.65 (Wilson, 1983; Lambourne, 1985).

Tableau 14.4. Coefficients techniques, de l'élevage des caprins, utilisés dans cette étude en fonction du niveau de nutrition.

	NIVEAU DE NUTRITION	
	I	III
Composition du fourrage:		
Taux d'azote [g kg <sup>-1</sup> ]	9	11
Digestibilité [%]	52	56
Absorption journalière [% du poids]	2.6	2.7
Structure du troupeau [%]:		
mâles	35	18
femelles	65	82
Poids [kg]		
Femelles		
naissance	1.8	2.0
sevrage	10	10
1 an	21	21
2 ans	26	26
≥ 3 ans	30	30
Mâles		
naissance	2.0	2.2
sevrage	11	11
1 an	23	23
2 ans	34	34
≥ 3 ans	40	40
moyenne par animal	25.2	24.5
moyenne par UBT	0.10	0.10
Age du premier chevrottement [an]	1.4	1.3
Fecondité [chevreau/chèvre]	119	119
Mortalité [%]		
pré-sevrage (f)	31	24
pré-sevrage (m)	35	27
post-sevrage	5	5
1 à 2 ans	12	12
> 2 ans	12	12
Production par animal:		
Poid vif [kg kg <sup>-1</sup> ]	0.27	0.38
Lait total [kg]	34	61
Lait pour la consommation humaine [kg]	0	18

Des données sur le taux de fécondation (ratio de chèvres pleines par rapport aux chèvres saillies) sont rares. Kolff (1983) a rapporté une valeur estimée de 0.92 qui semble relativement élevée comparée à un taux d'avortement d'environ 0.13 (Wilson, 1986), mais relativement basse cependant comparée à un taux d'avortement de 0.05 (Kolff, 1983).

Si l'on considère les données ci-dessus, aucune distinction ne peut être faite entre les techniques de production caprine migrante, sédentaire et semi-mobile. Dans le modèle-SR, la taille de la portée, le nombre moyen de chevrottements par an et le taux de fécondation ont respectivement été fixés à 1.15, à 1.22 et à 0.85 pour les deux niveaux de production.

#### 14.3.4 Poids et taux de croissance

Le poids moyen des chevreaux à la naissance est de 1.8 kg, mais dans un autre troupeau, le poids des chevreaux et des chevrettes était plus élevé, soit respectivement de 2.1 et de 2.3 kg. Le poids au sevrage est fonction de l'âge du sevrage, qui est généralement de 150 jours, le poids des chevrettes et des chevreaux étant respectivement de 10.4 et de 11.4 kg. Des poids bien plus élevés ont été rapportés dans le Delta Central pour les chevreaux survivants, approchant de près celui des chevreaux d'un an (18.2 kg). Le poids des mâles et femelles d'un an est respectivement de 19.1 et de 21.3 kg environ (Wilson, 1986). Le poids adulte est atteint à l'âge de 4 ans. Le poids des chèvres adultes est d'environ 27 à 35 kg ou 32 kg (Wilson, 1983; 1986) et plus spécifiquement pour le type Maure il est de 26 à 40 kg (Charray *et al.*, 1980). La figure 14.1 présente les poids en fonction de l'âge. Le poids du bouc adulte est d'environ 40 kg, soit 13 kg de plus que celui de la bique adulte (Wilson, 1986).

Les données de la figure 14.1 ont servi de base à l'évaluation des poids moyens des chèvres en cours de développement. Elles n'indiquent pas de différences notables entre les chèvres du mil et les chèvres du riz. Il est supposé pour le modèle-SR, que le poids du bouc est de 40 kg aussi bien pour le niveau de production bas que pour le niveau moyen. La différence entre le bouc et la bique est supposée être de 1, de 2, de 8 et de 10 kg, respectivement au sevrage, à un an, à deux ans ainsi que entre 3 et 5 ans (tableau 14.4).

#### 14.3.5 Maladies et mortalité

Les causes de mortalité chez les chèvres sont les mêmes que chez les moutons (sous-section 14.2.4). Les périodes, où la mort intervient le plus souvent, sont celles entre le chevrottement et le sevrage, entre le sevrage et un an, et au-delà d'un an.

#### 14.3.5.1 Taux de mortalité avant sevrage

Les taux de mortalité en pré-sevrage varient de 19 à 52%. Les causes sont identiques à celles définies pour les moutons (i.e. causes naturelles, pathologiques et nutritionnelles); le taux moyen de mortalité des chevreaux est bien plus élevé que celui des chevrettes, 37 contre 33%. Le taux moyen de mortalité a été évalué à 39% pour les chèvres du mil et à 31% pour les chèvres du riz (Wilson, 1983).

De même que dans le cas des moutons, la garde des troupeaux étant supposée être assurée, les pertes dues aux prédateurs (17%) sont donc éliminées, réduisant ainsi le taux de mortalité des jeunes avant sevrage; pour les chevrettes, ces taux ont été fixés à 31 et 24 % pour les niveaux de production bas et moyen, respectivement. Pour les chevreaux, ces valeurs ont été fixées à respectivement 35 et 27%.

#### 14.3.5.2 Taux de mortalité après sevrage

Le taux de mortalité post-sevrage appliqué dans le modèle-SR est de 5% (Wilson, 1986).

#### 14.3.5.3 Taux de mortalité après 1 an

Le taux de mortalité rapporté, appliqué dans le modèle-SR, a la valeur de 12% (Wilson, 1986).

### 14.3.6 *Extrants*

#### 14.3.6.1 Viande

Les chèvres sont vendues vivantes pour l'abattage. Trois types de viande de chèvre sont commercialisés: celle de chevreau (âgé de 8 à 12 semaines), des jeunes d'un à deux ans et des vieilles chèvres de 2 à 6 ans (Devendra & Burns, 1983). Le mot "viande" désigne ici la somme de viande réelle et de carcasse exprimée en kg de poids vif. Les facteurs déterminant la production de viande réelle sont le taux de réforme, le poids des animaux réformés et le rendement à l'abattage. Des données détaillées sur ces facteurs sont rares. Une illustration de leur variabilité en fonction du type, du sexe et des conditions de l'environnement est présentée ci-après.

Les taux de réforme sont fonction des conditions de l'environnement, de l'objectif de production du troupeau, de l'âge des animaux, etc. Les valeurs rapportées varient de 2 à 35% pour les différentes catégories (Delgado, 1980; Wilson, 1986), mais il faut cependant noter que ces taux ne se rapportent pas à une taille de troupeau constante.

Le poids moyen de l'animal réformé est de 20.7 kg (Wilson, 1986).

Le rendement à l'abattage est basé sur les résultats du modèle-SR (annexe 6 - tableau A6.1). Ces valeurs sont incluses dans le tableau 14.4 ("réforme" exprimé en

kg de poids vif par poids en kg d'un animal moyen). Elles sont également exprimées en UBT dans le tableau des intrants-extrants (tableau 14.5).

Le prix de vente dépend non seulement du poids de l'animal, mais également de la couleur de son pelage, de la taille de ses cornes et de sa constitution. Un prix par tête de 7 500 à 8 000 FCFA a été rapporté pour l'année 1987 (Diakité & Kéita, 1988; Diakité, 1989), mais malheureusement aucun poids n'a été indiqué. Le prix estimé dans le modèle-PL est identique à celui du mouton, c'est-à-dire 340 FCFA  $\text{kg}^{-1}$  de poids vif.

#### 14.3.6.2 Lait

La production quotidienne de lait est variable suivant les types; elle est de 0.8 à 1.1 l  $\text{d}^{-1}$  pour les Maures et de 0.6 à 0.8 l  $\text{d}^{-1}$  pour les Touarègues. Il a été observé en Mauritanie que la courbe de production laitière quotidienne des Maures pouvait atteindre un pic de 1.5 l  $\text{d}^{-1}$ , pour une période de lactation de 6 mois (Charray *et al.*, 1980). Une production laitière de 75 l pour des lactations de 145 jours a été rapportée par Coulomb *et al.*, (1981).

Dans cette étude, la production laitière totale est fixée, quelque peu arbitrairement il est vrai, à 70 l pour les biques au régime alimentaire I et à 100 l pour celles au régime III. Comme pour les brebis, l'autoconsommation humaine a été fixée à respectivement 0 et 30 %.

#### 14.3.6.3 Poils

Nous ne disposons d'aucune information valable sur la production de poils. S'il y a tonte, la production est utilisée par le chevrier ou sa famille. Par conséquent, il n'est pas tenu compte de la production de poils dans cette étude.

#### 14.3.6.4 Fumier

La production de fumier et sa disponibilité sont calculés de la même manière que pour les moutons (paragraphe 14.2.6.4). Les valeurs définissant la disponibilité en fumier pour les différentes techniques de production sont incluses dans le tableau 14.5

### 14.4 Intrants

#### 14.4.1 Besoins alimentaires

Par analogie avec l'évaluation effectuée pour les bovins en matière de besoins alimentaires, les besoins énergétiques des animaux mis au régime I correspondent à l'énergie nécessaire à leur maintien en vie augmentée de 10%. Les besoins énergé-

tiques de maintien des petits ruminants sont de 27 g MSD  $W^{0.75} d^{-1}$  (Zemmelink, 1980; Tolkamp & Ketelaars, com. pers.), une valeur inférieure de beaucoup à celle évaluée pour les bovins (36 g MSD  $W^{-0.75} d^{-1}$ ; e.g. Breman & de Ridder, 1991). Comme pour les bovins, les besoins énergétiques de maintien pour les petits ruminants mis aux régimes III et IV sont de 30 et de 35% respectivement. Exprimées en termes d'absorption, ces valeurs sont respectivement de 30, de 34 et de 35 g MSD  $W^{0.75} d^{-1}$  pour les petits ruminants mis aux régimes I, III et IV. Les besoins alimentaires calculés par le biais du modèle-SR (annexe 6) figurent au tableau 14.5.

#### 14.4.2 Besoins en main-d'oeuvre

##### 1. Garde des troupeaux

D'après Sangaré (1989), les moutons sont gardés 10 heures par jour quelle que soit la saison. Il y a un berger pour 50 à 100 têtes. L'abreuvement est considéré comme étant la tâche principale des bergers. Chez les Touaregs nomades, les troupeaux sont gardés 16 heures par jour (Gatenby, 1986). On peut également observer des enfants gardant les troupeaux autour des villages (RIM, 1987).

Comme mentionné précédemment (sous-sections 14.2.5 et 14.3.5), la garde des troupeaux est importante pour la survie des jeunes animaux. Tenant compte des données ci-dessus, il a été estimé que les besoins en main-d'oeuvre pour la garde des troupeaux est d'approximativement 0.14 dth  $UBT^{-1} d^{-1}$ , soit 13 dth  $UBT^{-1}$  pendant la saison des pluies et 39 dth  $UBT^{-1}$  pendant le reste de l'année.

##### 2. Traite

Les besoins en main-d'oeuvre pour la traite des petits ruminants sont estimés à 3 minutes par tête (Sangaré, 1989), soit 0.06 dth  $UBT^{-1}$  par opération.

Dans cette étude, il a été estimé que les brebis au régime III et IV sont traitées une fois par jour, et que les biques au régime III le sont deux fois par jour. La longueur de la période de traite est fixée à 110 jours pour toutes les techniques de production concernées. Si l'on considère la fraction des brebis aux régimes III et IV et celle des biques au régime III mettant bas, les besoins en main-d'oeuvre pour la traite sont, pour ces techniques de production, respectivement de 4, de 1 et de 8 dth  $UBT^{-1}$ . En outre, il est supposé que les besoins en main-d'oeuvre sont répartis sur les deux périodes de l'année proportionnellement à leur longueur.

##### 3. Tonte

Les besoins en main-d'oeuvre pour la tonte des moutons sont estimés à 0.5 heures pour deux hommes, par mouton adulte, contre 0.25 pour les jeunes bêtes (ratio adulte/jeune dans le troupeau = 0.6:0.4, Sangaré, 1989), ce qui donne par conséquent une moyenne de 0.8 h tête<sup>-1</sup>, soit 1 dth  $UBT^{-1}$  qui est la valeur appliquée dans cette étude. Aucune donnée n'est disponible quant aux chèvres, mais il n'est pas tenu compte des besoins en main d'oeuvre dans cette étude.

#### 4. Abreuvement

Les besoins en eau des animaux dépend de la teneur en matière sèche de la nourriture, du niveau de production et de la température ambiante. Charray *et al.*, (1980), ont rapporté un besoin en eau, pour une brebis de 30 kg, de 1.5 à 2.5 l d<sup>-1</sup> pour le maintien, de 2.5 à 3.5 l d<sup>-1</sup> pendant la gestation et de 3.5 à 5 l d<sup>-1</sup> pendant la lactation. Coulomb *et al.*, (1981) a rapporté des besoins en eau respectivement de 2, de 3 et de 5 l d<sup>-1</sup> pendant la saison des pluies, la saison fraîche et la saison chaude. Des informations complémentaires sont fournies par King (1983). Dans la présente étude cependant, aucun besoin spécifique n'a été inclus dans le modèle-PL, bien que l'abreuvement soit considéré comme étant l'une des tâches régulières faisant partie de la garde des troupeaux.

#### 5. Alimentation

L'alimentation implique par définition qu'une certaine main-d'oeuvre est nécessaire, dans la technique de production du mouton de case. En ce qui concerne les autres techniques de production, cette main-d'oeuvre est supposée négligeable.

Les besoins en main d'oeuvre pour alimenter le mouton de case sont estimés à 50% de ceux calculés pour le gardiennage, à savoir 0.08 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Les besoins totaux en main-d'oeuvre pour cette opération sont donc de 20 dth UBT<sup>-1</sup> (8/12 \* 365 \* 0.08). La date de la fête de la Tabaski étant variable, les besoins en main-d'oeuvre sont donc proportionnellement répartis en fonction de la longueur des deux périodes distinguées.

#### 14.4.3 Intrants monétaires

##### 14.4.3.1 Amortissements

Aucun amortissement n'est considéré pour les techniques de production des petits ruminants. L'abri du mouton de case est considéré comme faisant partie de l'habitation villageoise.

##### 14.4.3.2 Coûts des opérations

###### 1. Vaccinations

Les petits ruminants sont parfois (3%) vaccinés contre la septicémie hémorragique. Chaque vaccination coûte 15 FCFA (Sangaré, 1989). En outre, 95% des troupeaux sont traités contre les parasites gastro-intestinaux et hépatiques, le prix étant de 150 FCFA par traitement. Sangaré (1989) rapporte que les dépenses réelles ne sont que de 8 à 20 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Etant donné que nous ne disposons pas de données suffisantes à ce sujet, les

coûts des vaccinations ont été estimés à 150 FCFA tête<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, soit 1 500 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> sur la base des informations obtenues pour les bovins (paragraphe 13.2.8.2). Pour la technique de production du mouton de case, cette valeur est réduite de moitié.

## 2. Suppléments

Les bergers achètent aux propriétaires des bourgoutières un droit de pâturage qu'ils paient 5 000 FCFA pour un troupeau de 50 à 100 têtes (aucune précision quant à l'espèce; Sangaré, 1989). Comme pour les bovins, ces coûts ne sont pas inclus dans le modèle-PL. Le prix de l'alimentation supplémentée (e.g. concentrés) est défini séparément dans le modèle-PL.

## 3. Blocs à lécher

Selon Kolff & Wilson (1985), les animaux reçoivent généralement du sel. L'utilisation des valeurs rapportées par Wilson (1984) implique des besoins annuels en sel de 5.6 kg UBT<sup>-1</sup>, correspondant à 5 100 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Pour la technique de production du mouton de case les 8/12 de cette valeur sont utilisés, à savoir 3 400 FCFA UBT a<sup>-1</sup>.

## 4. Abreuvement

Comme pour les bovins, aucun coût n'est envisagé pour cet intrant.

## 5. Taxes

Comme pour les bovins, aucune taxe n'est incluse dans le modèle-PL.

## 14.5 Tableau des intrants-extrants

Dans le modèle-PL, les intrants et extrants des diverses techniques de production des petits ruminants sont quantifiés dans le tableau 14.5.

Tableau 14.5. Tableau des intrants-extrants des techniques de productions ovine et caprine.

CHARACTERISTIQUE	CAPRIN										
	OVIN										
	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B21	
Production-cible											
viande	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
lait	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
transport/traction	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niveau de production											
bas	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-
moyen	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+
semi-intensif	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Mobilité											
sédentaire	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-
semi-mobile	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
migrant	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+
<b>INTRANTS [UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>											
FOURRAGE [kg MS]	2 340	-	2 340	-	-	2 000	-	2 000	-	2 000	-
Menu I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Menu II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Menu III	-	2 350	-	2 350	-	-	1 740	-	-	1 740	-
Menu IV/Concentrés	-	-	-	-	1 510	-	-	-	-	-	-
Fourrage des ligneux	-	-	-	-	-	350	800	350	800	350	800
<b>MAIN-D'OEUVRE<sup>a)</sup> [dth]</b>											
1-3 Gardiennage	13	13	13	13	-	13	13	13	13	13	13
1-3 Traite	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	-
1-3 Afouragement	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
1-3 Tonte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-6 Gardiennage	39	39	39	39	-	39	39	39	39	39	39
4-6 Traite	-	3	-	3	1	-	3	-	-	3	-
4-6 Afouragement	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-

a) Les chiffres précédant les opérations font référence aux périodes de l'année (sous-section 1.3.1). La main-d'oeuvre fait référence au total pendant ces périodes. .../...

Tableau 14.5. Suite.

CHARACTERISTIQUE	OVIN					CAPRIN				
	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	
4-6 Tonte	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
Total	53	57	53	57	21	52	56	52	56	
INTRANTS MONETAIRES [FCFA]										
Amortissement	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Coûts des opérations</i>										
Vaccinations	1 500	1 500	1 500	1 500	750	1 500	1 500	1 500	1 500	
Sel	5 100	5 100	5 100	5 100	3 400	5 100	5 100	5 100	5 100	
Total	6 600	6 600	6 600	6 600	4 150	6 600	6 600	6 600	6 600	
<b>EXTRANTS [UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>										
Viande [kg poids vif]	97	121	97	121	89	68	96	68	96	
Lait total [kg]	190	208	190	208	62	340	610	340	610	
Lait pour la consommation humaine [kg]	0	62	0	62	19	0	180	0	180	
Fumier disponible [kg MS]	517	476	371	341	500	519	514	372	369	

## 15. ANES ET CHAMEAUX

(N. van Duivenbooden)

Ce chapitre traite des espèces d'animaux utilisés pour le transport et la traction, autres que les boeufs. L'absence de données, particulièrement pour la Région, a été une contrainte entravant une description quantitative fiable dans ce domaine. Il n'a par conséquent pas été possible de construire un modèle identique au modèle-SR, et les données présentées ci-après doivent être considérées comme étant préliminaires.

### 15.1 Anes

#### 15.1.1 Description générale

Les ânes sont principalement gardés pour le transport local de produits commercialisables ou de personnes (e.g. Diakité, 1989b). Il existe plusieurs types d'ânes dans la Région. Deux sont cependant plus importants: L'âne du Sahel et celui du Gourma (Coulomb *et al.*, 1981).

Le nombre réel d'âne dans la Région étant difficile à évaluer (RIM, 1987), un minimum d'un âne pour 20 habitants a été arbitrairement défini, comme étant la limite inférieure du modèle-PL.

#### 15.1.2 Structure du troupeau

Le concept "troupeau" est, en pratique, difficilement applicable aux ânes, étant donné que les paysans possèdent bien un ou plusieurs ânes, mais jamais des troupeaux au sens où on l'entend pour les ruminants. Par conséquent, des données quant à la structure d'un troupeau d'ânes sont pratiquement inexistantes. Étant donné que dans un modèle théorique, une structure de troupeau est utile, il est supposé que la taille de ce dernier est constante et que les animaux perdus sont vendus sur les marchés.

#### 15.1.3 Paramètres de productivité

Nous ne disposons d'aucune donnée quant à la productivité des ânes dans la Région. Le fait d'avoir supposé une taille de troupeau constante implique que le nombre d'ânes est suffisant pour couvrir les pertes dues aux maladies ou à d'autres causes.

#### 15.1.4 Poids et taux de croissance

Le poids vif des ânes varie considérablement. Au Mali, cette variation est de 110 à 130 kg (Wilson, 1984). Pour les besoins de cette étude, le poids moyen d'un âne a été fixé à 125 kg, soit 0.5 UBT.

#### 15.1.5 Maladies et mortalité

Etant donné que nous ne disposons d'aucune donnée, le taux moyen de mortalité a été estimé à 10% sur la base des données recueillies pour les bovins et les petits ruminants.

#### 15.1.6 Extrants

##### 15.1.6.1 Force de traction

Les ânes jouent un rôle important dans le transport des produits agricoles, du fumier et du bois de feu. Selon le RIM (1987), ils sont également utilisés pour le labourage, mais les charrues légères disponibles en restreignent l'utilisation. En outre, le fait que les ânes ne peuvent charruer qu'environ 3 heures par jour, contre 5 à 6 heures pour les boeufs (FAO, 1972), en limite l'utilisation au Burkina Faso (Kolff, 1985). Comme rapporté précédemment dans cette étude, les ânes ne sont pas supposés être utilisés pour le labourage.

La traction est défini comme étant le nombre d'ânes par UBT, i.e. 2 ânes UBT<sup>-1</sup>.

##### 15.1.6.2 Fumier

Pour les ânes, comme pour les bovins, ovins et caprins sédentaires, un taux relativement haut de récupération (46%) peut être atteint.

#### 15.1.7 Intrants

##### 15.1.7.1 Besoins alimentaires

Selon la "University Federation for Animal Welfare" (cité par Fielding, 1987), les ânes sont moins sélectifs dans leur alimentation que la mule ou le cheval. Ils peuvent s'accommoder de la nourriture la plus pauvre pourvu qu'il y en ait suffisamment. A la fin de la période de sécheresse cependant, un fourrage de meilleure qualité lui est donné afin d'améliorer sa condition physique avant la saison des récoltes. Kolff (1985) a rapporté une diminution considérable du poids des ânes au Burkina Faso lorsqu'aucun supplément alimentaire n'est disponible. En conséquence, il est supposé dans cette étude qu'un régime alimentaire II (section

12.4) est fourni.

Les besoins alimentaires annuels, en termes d'énergie, pour le maintien en vie, sont d'environ 550 "Scandinavian Feed Units" (FAO, 1972; Munzinger, 1982), équivalents à 6 700 MJ en énergie métabolisable (EM), ou équivalents à 28 g MSD  $W^{0.75} d^{-1}$ . Les besoins alimentaires pour la traction (charrues et charrettes) sont évalués à 1 800 MJ EM  $a^{-1}$  (van Duivenbooden, 1987). Les besoins alimentaires pour les "autres" buts sont évalués comme étant de 10% supérieurs à ceux assurant le maintien en vie. En conséquence, les besoins alimentaires totaux des ânes sont approximativement de 9 400 MJ EM  $a^{-1}$ .

Si l'on considère une digestibilité de 0.54 et une teneur énergétique de 17.6 MJ par kg de matériel digéré et un facteur de 0.8 pour la conversion d'énergie digestible en énergie métabolisable (Breman & de Ridder, 1991), nous en arrivons à une absorption d'environ 1 000 kg MD tête $^{-1} a^{-1}$  équivalents à 2 000 kg MD UBT $^{-1}$ .

#### 15.1.7.2 Besoins en main-d'oeuvre

##### 1. Garde des troupeaux

Pendant la saison sèche, les ânes sont souvent laissés à l'abandon, seuls ou en groupes, pendant la journée; durant la nuit, ils sont gardés ou restent près des habitations. Leurs pattes antérieures sont entravées pendant la journée pour qu'ils ne puissent s'échapper (RIM, 1987). Pendant la saison des pluies, ils sont en troupeau. La taille moyenne du troupeau est de 30 bêtes pour un gardien.

Par conséquent, les besoins en main-d'oeuvre sont de 0.08 dth UBT $^{-1} d^{-1}$ , avec un total pour la saison des pluies de 7 dth UBT $^{-1}$ .

##### 2. Soins vétérinaires

Nous ne disposons pas de données sur le temps consacré à cette opération. Dans cette étude, elle est supposée faire partie du gardiennage.

##### 3. Abreuvement

Il est supposé que l'abreuvement pendant la saison des pluies est inclus dans l'activité de gardiennage. Les besoins en main-d'oeuvre pendant la saison sèche sont estimés à 25% de ceux du gardiennage pendant la saison des pluies, à savoir 0.02 dth UBT $^{-1} d^{-1}$ , soit au total pour la saison sèche, 6 dth UBT $^{-1}$ .

### 15.1.7.3 Intrants monétaires

#### A. Amortissements

Etant donné que cette activité n'exige pas d'installations particulières ou autres investissements, l'amortissement est considéré comme étant nul.

#### B. Coûts des opérations

Ces coûts comprennent le sel et les vaccins. Comme pour les autres espèces animales, aucun coût n'est considéré pour cet intrant. Le sel est important pour maintenir la condition physique des ânes et les besoins sont estimés à 5.6 kg UBT<sup>-1</sup> (Wilson, 1984), équivalents à 5 100 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Aucune information n'est disponible sur les vaccinations mais les besoins sont fixés, quelque peu arbitrairement il est vrai, à 200 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 15.2 Chameaux

### 15.2.1 Description générale

Les chameaux, ou plus exactement les dromadaires (*Camelus dromedarius*) étant donné qu'ils n'ont qu'une bosse, sont localisés presque exclusivement dans les systèmes pastoraux purs des zones arides du Mali, bien que certains aient néanmoins été localisés dans les systèmes agro-pastoraux (Wilson, 1986). Dans la Région, ils sont surtout localisés dans les parties nord (nord du Gourma, Bodara et Hodh).

Les races de la Région comprennent les Adra n Iforas, les Azwads, les Aïrs et les Hodh (Wilson, 1984). Les principaux propriétaires sont les Touaregs (Tamasheq, Iklan) (Wilson, 1984; RIM, 1987). Les chameaux sont utilisés jusqu'à l'âge de 25 ans (Nicolaisen, cité par Dahl & Hjort, 1976).

Le principal objectif de l'élevage des chameaux est de s'en servir comme bête de somme pour le transport du sel, la traction, comme animaux d'exhaure et pour la production de viande et de lait (RIM, 1987; Diakité, 1989b). Leur fumier est utilisé comme combustible. En outre, ils sont utilisés pour chercher un bon pâturage, en tête du troupeau de bovins (RIM, 1987).

Le fourrage provenant des ligneux est, en plus de la végétation des pâturages, une source importante de nourriture pour cet animal (Wilson, 1983; Yagil, 1985; Stiles, 1987).

### 15.2.2 Structure du troupeau

Les données rapportées indiquent que le troupeau est constitué à 78% de chamelles, 58% d'entre elles étant destinées à la reproduction. Les mâles ne représentent que 2% seulement du troupeau (Swift, cité par Wilson, 1984). Une

structure de troupeau stable impliquerait 72% de femelles et 48% de femelles reproductrices (Wilson, 1984).

### 15.2.3 Paramètres de productivité

L'âge de la première parturition est de 5 ans environ, avec 1.0 chamelon par naissance (Wilson, 1984). Le taux de chamelon par rapport au nombre total de chammes (ou taux de fécondité) est de 0.38 à 0.5 (Coulomb *et al.*, 1981). La moyenne pondérée de l'intervalle de parturition pour la race Adra n Iforas est de 21 mois, c'est-à-dire presque deux ans (Swift, cité par Wilson, 1984). Aucune donnée n'est disponible en ce qui concerne le taux de fécondation. Il est supposé, dans cette étude, qu'une moyenne de 50% du nombre total met bas par année.

### 15.2.4 Poids et taux de croissance

Le poids du chamelon à la naissance est d'environ 26 kg, celui de la chammelle adulte est de 350 kg à 6 ans et celui du mâle adulte est de 450 à 550 kg à 8 ans (Wilson, 1984). Dans cette étude, le poids vif moyen d'un chameau a été fixé à 300 kg, équivalents à 1.2 UBT, conformément au poids moyen rapporté par Wilson (1984).

### 15.2.5 Maladies et taux de mortalité

La maladie la plus dévastatrice touchant les chameaux est la trypanosomiase (nom local: "toughaga" ou "n'diomdé"). D'autres maladies font également des ravages, telles que la variole des camélidés, la rage, la gale sarcoptique, l'haemonchose, les brucelloses (e.g CTA, 1986). Wilson (1984) en a fait une étude détaillée. La mortalité des chamelons est élevée (Dahl & Hjort, 1976); elle atteint près de 50% d'après Wilson (1984). Le taux de mortalité après 1 an est d'environ 5% (Wilson, 1984).

### 15.2.6 Extrants

#### 15.2.6.1 Viande

La viande est principalement consommée lors d'occasions spéciales et comme alimentation supplémentaire pendant la saison sèche quand la production laitière est basse (Dahl & Hjort, 1976). Dans la partie nord de la Région cependant, la viande caméline peut représenter jusqu'aux 60% de la consommation totale de viande (Diakité, 1989b). Le taux de réforme rapporté est d'environ 30% (Wilson, 1983) et le rendement à l'abattage varie de 50 à 60% (Yagil, 1985; 1986).

Un taux de réforme de 30% est appliqué dans cette étude, à savoir 75 kg UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 15.2.6.2 Lait

La production laitière journalière varie considérablement suivant la race et le fourrage consommé. Elle est de 3 à 11 kg d<sup>-1</sup>. La production totale de lait varie de 800 à 3 600 kg (Williamson & Payne, 1978; Sohail, 1983; Yagil, 1985; 1986; Knoes *et al.*, 1986; Stiles, 1987). Capot-Rey (cité par Dahl & Hjort, 1976) a rapporté une production laitière journalière pour les chameaux sahariens de 1.9 à 4 kg; ce lait est destiné à la consommation humaine.

Etant donné que des données spécifiques sur les camélidés du Mali ne sont pas disponibles, la production annuelle totale de lait est estimée à 2 000 kg par chamelle en lactation mise au régime alimentaire II, dont 30% du total sont destinés à la consommation humaine. Si l'on considère que 40% des femelles sont en lactation, la production laitière destinée à la consommation humaine est de 240 kg UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 15.2.6.3 Poils

La production de poils varie de 1.0 à 1.4 (Wilson, 1984) ou de 1.5 à 2.0 kg tête<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Sohail, 1983). Il n'a cependant pas été tenu compte de cette production dans le modèle-PL.

### 15.2.6.4 Fumier

Le fumier des chameaux n'est généralement pas utilisé pour fertiliser les champs. Il sert de combustible. Le taux de récupération du fumier a été fixé à 24%, comme pour les bovins migrants, à savoir 318 kg UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 15.2.6.5 Force de traction

Les chameaux jouent un rôle important tant en ce qui concerne le transport que le labourage des champs. Dans cette étude, nous n'avons pas considéré cette dernière opération. Le transport a été définie comme étant le nombre de chameaux par UBT, à savoir 1.2 UBT<sup>-1</sup>.

## 15.2.7 Intrants

### 15.2.7.1 Besoins alimentaires

Les besoins alimentaires assurant le maintien en vie sont estimés à 36 MJ EM d<sup>-1</sup> pour un chameau de 300 kg (équivalents à 35 g MSD W<sup>-0.75</sup> d<sup>-1</sup>). Ceux compensant l'énergie nécessaire à la lactation et au travail ont respectivement été fixés à 5 MJ kg<sup>-1</sup> et 8 MJ h<sup>-1</sup> (Wilson, 1984). Appliquant la méthode de Wilson (1984) et supposant que 50% des chameaux travaillent une moyenne de 250 jours par an

(8 h d<sup>-1</sup>) et que 50% produisent 2 000 kg de lait par an, les besoins énergétiques totaux peuvent être évalués à 26 140 MJ EM UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ( $365 * 36 + (0.5 * 2\ 000 * 8) + (0.5 * 2\ 000 * 5)$ ). Dans cette étude, il a été supposé que 15% de ces besoins sont couverts par les fourrages provenant des ligneux et le reste par le régime alimentaire II (digestibilité de 54%). Ceci implique une absorption alimentaire totale requise de 3 455 kg MD tête<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, subdivisée en 535 kg de fourrage provenant des ligneux et 2 929 kg d'aliments du régime II, représentant respectivement 445 et 2 435 kg MD UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Il est à noter que la somme des camélidés en lactation et au travail n'est pas nécessairement de 100%, étant donné que les femelles en lactation peuvent également être utilisées pour le transport. En outre, la digestibilité fourragère est supposée être la même pour les chameaux et pour les bovins, vu que les données dont nous disposons dans ce domaine ne concordent pas (e.g. Richard, 1989a; 1989b). En outre, la digestibilité du fourrage provenant des ligneux est considérée comme étant identique à celle du régime I.

#### 15.2.7.2 Besoins en main-d'oeuvre

##### 1. Garde des chameaux

Étant donné que les chameaux sont principalement utilisés pour le transport, le gardiennage n'est pas pris en compte.

##### 2. Soins vétérinaires

Dans cette étude, ces besoins sont considérés comme négligeables.

##### 3. Abreuvement

Il est supposé que l'abreuvement pendant la saison des pluies est comprise dans le jour de travail normal. Pour la saison sèche, les besoins en main-d'oeuvre sont estimés comme pour les ânes, à 6 dth UBT<sup>-1</sup>.

##### 4. Traite

Aucune donnée n'est disponible concernant cette opération. Nous avons donc arbitrairement estimé que les besoins en main-d'oeuvre sont identiques à ceux appliqués aux bovins, à savoir 0.024 dth UBT<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. La longueur de la période de lactation est estimée à 1 an, ce qui donne donc une main-d'oeuvre annuelle totale de 9 dth UBT<sup>-1</sup>.

##### 5. Tonte

Les besoins en main-d'oeuvre pour la tonte des chameaux a été, par analogie avec les moutons, fixée à 1 dth UBT<sup>-1</sup>.

### 15.2.7.3 Intrants monétaires

#### A. Amortissements

Des installations spécifiques ou autres investissements n'étant pas considéré comme nécessaires, l'amortissement est nul.

#### B. Coûts des opérations

Les coûts des opérations incluent le sel et les vaccinations. Comme pour les autres espèces animales, aucun coût n'est envisagé en rapport avec cet intrant.

Le sel est important pour maintenir les animaux en bonne condition physique. Les besoins sont de 6 à 8 fois plus élevés que pour tous autres animaux. L'absorption rapportée est de  $0.12 \text{ kg animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$  si celui-ci est nourri ad libitum (Wilson, 1984), mais des valeurs de  $0.14 \text{ kg d}^{-1}$  ont aussi été rapportées (Yagil, 1985). En conséquence, les besoins annuels en sel ont été fixés à une moyenne de ces deux, à savoir  $40 \text{ kg UBT}^{-1}$  équivalents à  $36\,000 \text{ FCFA UBT}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Les vaccins contre la trypanosomiase caméline sont généralement disponibles au Mali, mais une telle disponibilité n'a pas été confirmée dans la Région. En ce qui concerne les autres vaccins, nous manquons également d'informations appropriées. Le coût des vaccinations a donc été fixé, quelque peu arbitrairement il est vrai, à  $250 \text{ FCFA UBT}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

## 15.3 Tableau des Intrants-Extrants

Les paramètres intrants-extrants pour les activités asines et camélines ont été quantifiés et portés au tableau 15.1.

En ce qui concerne ces deux espèces cependant, il est nécessaire de souligner que les coefficients des intrants et des extrants sont beaucoup moins fiables que ceux calculés pour les espèces précédentes, ceci étant dû à un manque de données adéquates et l'absence d'un modèle démographique. Par conséquent, les résultats devraient être considérés comme des indications préliminaires.

Tableau 15.1. Tableau des intrants-extrants des techniques de production asine et cameline.

CHARACTERISTIQUE	ANES	CHAMEAUX
Production-cible		
viande	-	+
lait	-	+
transport/traction	+	+
Niveau de production		
bas	+	+
moyen	-	-
semi-intensif	-	-
Mobilité		
sédentaire	+	-
semi-mobile	-	-
migrant	-	+
<b>INTRANTS [UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>		
FOURRAGE [kg MS]		
Menu I	-	-
Menu II	2 000	2 435
Concentrés	-	-
Fourrage des ligneux	-	445
MAIN-D'OEUVRE <sup>a)</sup> [dth]		
1-3 Gardiennage	7	-
1-3 Abreuvement	-	-
1-3 Traite	-	2
4-6 Gardiennage	-	-
4-6 Abreuvement	6	6
4-6 Traite	-	7
4-6 Tonte	-	1
<i>Total</i>	13	16
INTRANTS MONETAIRES [FCFA]		
Amortissement		
	-	-
Coûts des opérations		
Vaccinations	200	250
Sel	5 100	36 000
<i>Total</i>	5 300	36 250
<b>EXTRANTS [UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>		
Viande [kg poids vif]	-	75
Lait total [kg]	-	1 000
Lait pour la consommation humaine [kg]	-	240
Fumier disponible [kg MS]	614	320
Nombre d'animaux [tête]	2.0	0.83

<sup>a)</sup> Les chiffres précédant les opérations font référence aux périodes de l'année (sous-section 1.3.1). La main-d'oeuvre fait référence au total pendant ces périodes.

### **PARTIE III. PRODUCTIONS HALIEUTIQUES**



## 16. PECHE

(P.A. Gosseye & F.R. Veeneklaas)

### 16.1 Introduction

Les produits de la pêche représentent 3% du produit national brut du Mali. Sur le plan des exportations nationales, ils occupent la 4e place, après le coton, l'arachide et les produits de l'élevage.

Economiquement parlant, les produits de la pêche occupaient la première place de l'économie de la 5e Région. En effet selon DRPS (1984), ils représentaient 46.8% du Produit Régional Brut tandis que ceux de l'élevage représentaient 28.5% et ceux des cultures 21.7%. Donc ces trois domaines d'activités agricoles représentaient 97% du Produit Régional Brut.

L'étude sous rubrique n'est pas une analyse exhaustive du passé, du présent et du futur de ce secteur actuellement très perturbé et en profonde mutation. Par contre, il sera tenté de ramener toutes les activités de la pêche en coefficients intrants et extrants, seuls manipulables par le modèle-PL. Cela sera basé sur des informations les plus récentes. Mais elles doivent être quantifiées ou quantifiables et être reliables entre elles. De plus, il faut pouvoir les connecter avec les mêmes définitions quantifiées des ressources de la Région que celles utilisées pour les productions végétales et animales (parties I & II).

Les intrants sont l'environnement, la main-d'oeuvre, le matériel ainsi que le bois pour le fumage du poisson. Les extrants sont les captures de poisson, exprimées en frais.

Les trois activités de la pêche retenues sont définies sur la base de trois types de ménage de pêcheurs auxquels il est possible de relier un équipement et des productions. Ces trois activités sont:

- PPM: les Pêcheurs Primaires Migrants dont les ménages pratiquent la pêche comme activité primaire (principale) et qui, en ménage, migrent avec les mouvements des poissons.
- PPS: les Pêcheurs Primaires Sédentaires dont les ménages pratiquent la pêche comme activité primaire (principale) et qui ne migrent pas en ménage avec les mouvements des poissons. Cependant, des membres de ces ménages suivent les mouvements des poissons.
- PSS: les Pêcheurs Secondaires Sédentaires dont les ménages pratiquent la pêche comme activité secondaire (ou tertiaire) et qui ne migrent pas avec les mouvements des poissons. Cependant, il n'est pas exclu que des membres de ces ménages suivent les mouvements des poissons. Cette activité inclut les pêcheurs secondaires sédentaires à temps partiel et les pêcheurs secondaires sédentaires occasionnels.

## 16.2 Environnement

Avant de définir l'environnement dans lequel les activités de pêche sont pratiquées, il faut préciser que nous ne tenons compte que de la pêche dans la zone deltaïque, à savoir principalement le Delta Central et la Zone Lacustre. Les pêches faites en dehors de cette zone (c.g. dans les retenues d'eau du Plateau), sont exclues. Nous savons que l'aménagement de points d'élevage de poissons et/ou l'empoissonnement de points d'eau accentue la compétition pour l'eau qui est une ressource rare. La concurrence se passe entre les humains, leurs animaux, leurs cultures et leurs éventuelles piscicultures, sans juger du niveau de technicité de ces dernières. Elle n'est pas simplifiée par les services de santé qui cherchent à éradiquer toutes les sources de bilharziose.

Nous n'entrerons pas dans la description détaillée des différents milieux deltaïques qui sont nécessaires au cycle de vie des poissons; d'une part, ils sont relativement peu connus dans l'état actuel des connaissances, d'autre part, il est impossible de les quantifier en détail. Finalement, il n'est pas possible non plus d'établir des liens entre ces différents milieux et toutes les différentes productions de la pêche. Donc, malgré les énormes efforts entrepris récemment dans ce domaine, ce type d'informations est, pour le moment, difficilement intégrable au modèle-PL. Pour une description qualitative de certains milieux de vie des poissons et de la pêche, le lecteur peut se référer, entre autres, à INRZFH/ORSTOM (1988) et à Dansoko & Kassibo (1989).

Pour la Région, le tableau 16.1 donne les superficies qui sont susceptibles d'être inondables par les eaux du Niger et du Bani lorsqu'ils sont en crue, que la crue soit normale (660 cm) ou qu'elle soit basse (510 cm). Ce tableau est établi sur la base des chapitres 3 et 5 du rapport 1, respectivement où les milieux édaphiques sont définis et où la relation entre les crues et les surfaces inondées de la Région est établie. Donc, pour notre propos sous rubrique, il n'est tenu compte que des TI4, TI3, TI2, TI1 et TI7, c'est-à-dire les terrains inondables par les crues; le TI5 n'est pas pris en compte. Il est aussi tenu compte du X6, c'est-à-dire des surfaces permanentes d'eau (Hiernaux, 1982; PIRT, 1983; 1989; Hiernaux & Diarra, 1986).

En résumé et en cas de crue normale, le TI4 regroupe les formations des bourrelets de berges (vétivériaies hautes) qui sont couvertes par une lame d'eau haute de 0 à 60 cm. Le TI3 regroupe les formations hautes (andropogoniaies de talus de berge, panicaies, éragrostaies hautes, éragrostaies moyennes, vétivériaies moyennes) qui sont couvertes par une lame d'eau haute de 0 à 60 cm. Le TI2 regroupe les zones rizicoles (casiers de l'ORM, hors-casiers) qui sont couvertes par une lame d'eau haute de 30 à 180 cm. Le TI1 regroupe les formations moyennes à basses (éragrostaies basses, vétivériaies basses, orizaies, bourgoutières) qui sont couvertes par une lame d'eau haute de 60 à plus de 150 cm. Le TI7 regroupe les chenaux d'alimentation et les fonds de lacs pouvant s'assécher; ils sont dépourvus de végétation mais la question est de savoir s'il en fut toujours ainsi; ils sont assimilés au TI1 en ce qui concerne la hauteur de la lame d'eau (rapport 1, chapitre 5), mais cela conduit à surestimer la surface du TI7 en cas de crue basse. Le X6 regroupe toutes les surfaces d'eau libre permanente avec très peu de végétation.

Tableau 16.1. 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	\CABO	E2b	G	F3b	E1b	G	Y	
AGRO-EC.	\PIRT	TI3	TI4	TI2	TI1	TI7	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.

Source: rapport 1, chapitres 3 et 5.

Nous n'engagerons pas une polémique au sujet de l'influence que les casiers rizicoles situés sur une partie du TI2 peuvent avoir sur les productions halieutiques. Nous considérons que ces aménagements hydro-agricoles sont productifs au même titre que les autres milieux.

En année de crue normale (660 cm), il est estimé que 10 048 km<sup>2</sup> de la zone deltaïque seraient submergés, ce qui représente 56% de sa superficie totale de 28 625 km<sup>2</sup> y compris les parties exondées. Le Delta Central et la Zone Lacustre

constituent 92% de la superficie totale de la zone deltaïque et 96% des superficies inondables. Il est estimé que la superficie inondée maximale du Delta Central est de 12 593 km<sup>2</sup> représentant les 78% de sa superficie totale de 16 079 km<sup>2</sup>. La superficie submergée maximale estimée de la Zone Lacustre est de 2 841 km<sup>2</sup> représentant les 27% de sa superficie totale de 10 357 km<sup>2</sup>.

En année de crue basse (510 cm), 7 996 km<sup>2</sup> de la zone deltaïque seraient submergés, soit seulement 50% de ses superficies inondables et seulement 28% de sa superficie totale. Le Delta Central aurait un maximum inondé de 6 006 km<sup>2</sup>, soit 27% de sa surface totale. La Zone Lacustre aurait un maximum submergé de 1 942 km<sup>2</sup> soit 19% de sa superficie totale.

En année de crue haute (701 cm), 19 105 km<sup>2</sup> de la zone deltaïque seraient inondés ce qui représente les 67% de sa superficie totale.

### 16.3 Captures totales en poisson frais

Les listes de l'ichtyofaune données par Dansoko & Kassibo (1989) permettent d'observer qu'elle est composée de 138 espèces, réparties en 58 genres qui représentent 26 familles. Mais seulement 38 espèces, réparties en 20 genres, ont une importance économique. Ces deux auteurs donnent également des renseignements sur le caractère saisonnier des espèces capturées et débarquées à Mopti. Mais toute cette information est difficilement intégrable aux activités de pêche que nous avons définies (section 16.1).

En ce qui concerne les valeurs concernant les productions de poisson frais de la zone deltaïque et les potentialités, diverses informations sont données ci-après qui proviennent d'auteurs cités par Dansoko & Kassibo (1989). Daget indique que le potentiel de la zone deltaïque, en bonne année, est de 120 000 t a<sup>-1</sup> pour 30 000 km<sup>2</sup> soit 40 kg ha<sup>-1</sup>. Welcome arrive à la conclusion que les captures en poisson frais peuvent être estimées selon la formule:

$$C = 3.83 * A \quad (16)$$

où

C = Les captures en poisson frais [t]

A = La surface de capture [km<sup>2</sup>]

Cette formule implique que le rendement est de 38.3 kg ha<sup>-1</sup>. Danville & Jannet indiquent que le potentiel est de 160 000 t a<sup>-1</sup> avec possibilités d'augmentation. Des auteurs non cités ont évalué qu'en période de basses crues, les superficies inondables représenteraient 17 000 à 22 000 km<sup>2</sup> avec des rendements de 40 kg ha<sup>-1</sup>, c'est-à-dire que les productions oscilleraient entre 68 000 et 90 000 t a<sup>-1</sup>. Maharaux divise les fleuves Bani et Niger en 27 secteurs ayant chacun une fourchette de production potentielle. La moyenne, non pondérée en fonction de la longueur de ces secteurs, est de 250 à 300 kg ha<sup>-1</sup>. Mais il nous semble, comme dans le calcul des rendements des mares aménagées à divers degrés, qu'il faudrait

tenir compte du fait que les deux fleuves sont des points de concentration des ressources halieutiques. Ces dernières ont été, en réalité, produites sur de beaucoup plus grandes surfaces temporaires.

Nous n'entrerons pas dans la discussion des possibilités d'augmentation des productions par l'emploi de diverses mesures d'aménagement piscicole de plus en plus contrôlé.

Nous avons des informations sur les commercialisations contrôlées de poisson fumé et séché à Mopti (tableau A8.1). De plus, nous avons aussi la formule, dite "formule OPM" (Opération Pêche Mopti), d'estimation des captures totales en poisson frais dans la zone deltaïque. Elle est expliquée en détail à l'annexe A8.1 et peut être simplifiée ainsi:

$$R = 5.15424 * A + 43\ 174\ 476 \quad (17)$$

où

R = Estimateur de la production totale de poisson frais de la région deltaïque [kg].

A = Production de poisson fumé et séché, commercialisée et contrôlée à Mopti [kg].

La formule OPM ci-dessus contient 4 jeux de constantes dans le temps ainsi que montré à l'annexe A8.1:

### 1. La population

Selon la formule OPM, la population de pêcheurs est de 80 000 individus. La population rurale de la 5e Région est de 1 200 000 individus. Comme nous ne connaissons pas l'évolution de la population entre 1966 et 1988, nous gardons ce jeu de constantes.

### 2. La consommation

Selon la formule OPM, la consommation de poisson fumé et séché est de 20 g par jour par pêcheur et de 15 g par jour par individu du monde rural. Celle de poisson frais est de 150 g par pêcheur actif, de 50 g par pêcheur inactif et de 39 g par individu rural. Comme nous n'avons pas connaissance de l'évolution des populations et que pour le modèle-PL, nous n'utilisons ni la même notion d'actif et d'inactif, ni les mêmes notions d'autoconsommation, nous gardons ce jeu de constantes.

### 3. Coefficient de transformation

Selon la formule OPM, 3 kg de poisson frais donne 1 kg de poisson fumé et 4 kg de poisson frais donne 1 kg de poisson séché. Nous gardons ce jeu de constantes.

## 4. Ratio poisson fumé/poisson séché

Selon la formule OPM, du total de poisson fumé et séché (A), 75% est fumé et 25% est séché. Comme nous disposons des ratios exacts de poisson séché et fumé (PF/PS: tableau A8.1), la formule de base de l'OPM est modifiée comme suit:

$$R' = \text{PF}\% (4.75776 * A + 21\ 168\ 000) + \text{PS}\% (6.34368 * A + 28\ 224\ 000) + 20\ 242\ 476 \quad (18)$$

où

R' = Estimateur de la production totale de poisson frais de la région deltaïque [kg].

A = Production de poisson fumé et séché, commercialisée et contrôlée à Mopti [kg].

PF% = Fraction de A en poisson fumé [%].

PS% = Fraction de A en poisson séché [%].

Donc, sur la base de la formule OPM modifiée, c'est-à-dire qui tient compte des ratios annuels poisson fumé/poisson séché, nous avons estimé les captures totales en poisson frais ainsi comme indiqué sur le tableau A8.1 (R': poisson frais capturé).

Etant donné la relation entre la hauteur maximale décadaire de la crue à Mopti et les surfaces inondées de la zone deltaïque (chapitre 5, rapport 1), il est possible de relier ces captures en poisson frais (R') aux superficies inondées (S) et donc d'obtenir les rendements en poisson frais capturés (R'/S) par unités de surface dans la zone deltaïque, ainsi que montré au tableau A8.1.

Les considérations données ci-dessus et détaillées au tableau A8.1 sont résumées pour plusieurs périodes au tableau 16.2.

Nous y voyons que de 1969 à 1988, les commercialisations totales de poisson fumé et séché (A) passent de 8 600 t a<sup>-1</sup> à 2 400 t a<sup>-1</sup>, c'est-à-dire de 92 000 t a<sup>-1</sup> à 56 000 t a<sup>-1</sup> en captures totales en poisson frais (R'). La réduction des captures dans la zone deltaïque serait la conséquence de la baisse des hauteurs des crues qui passent, en moyenne maximales décadaires à Mopti, de 625 à 517 cm. Plus exactement, elle serait due à la diminution des hauteurs et des durées des crues ainsi que des superficies inondées que les estimateurs moyens font passer de 13 700 à 8 300 km<sup>2</sup>. En effet, les productions de poisson sont dépendantes des superficies inondées, de la hauteur d'eau sur ces superficies ainsi que de la durée de l'inondation. Ces trois facteurs conditionnent les possibilités de reproduction et de croissance. Cette dernière dépend de la quantité de nourriture disponible, associée à un espace de croissance. Il s'agit plus exactement d'un volume de croissance où la surface et la hauteur de l'eau ont chacune une influence. En effet pour leur croissance, les poissons sont non seulement sensibles à la nourriture accessible mais aussi au volume dont ils disposent où les différents rapports surface/hauteur -

Tableau 16.2. Valeurs moyennes des quantités de poisson fumé et séché commercialisées et contrôlées à Mopti [A en t], pourcentages de ce total qui le sont en fumé et en séché (PF/PS), des estimations des captures totales en frais [R' en t], des hauteurs maximales décennales des crues à Mopti [X en cm], des estimations des superficies inondées [S en km<sup>2</sup>] et des rendements en poisson frais [R'/S en kg ha<sup>-1</sup> de surfaces inondables]. Valeurs pour 7 périodes de temps comprises entre 1966 et 1988.

Périodes	A	PF/PS	R'	X	S	R'/S
De 66 à 68	10 106	•	103 146	685	17 798	56
De 69 à 73	8 605	53/47	92 059	625	13 692	67
De 74 à 78	6 566	60/40	79 622	623	13 192	61
De 79 à 83	5 782	68/32	74 178	581	10 926	69
De 84 à 88	2 420	72/28	55 955	517	8 258	70
De 69 à 88	5 843	63/37	75 454	587	11 517	67
De 66 à 88	6 466	•	79 066	599	12 336	65

•) valeur manquante.

Source: tableau A8.1.

ont chacun une influence. Les densités volumiques, nombre d'individus par unité de volume et poids vif par unité de volume, sont également importants.

Le tableau 16.2 nous montre aussi que les diminutions de captures s'accompagnent de changements dans les proportions entre poisson fumé et séché (PF/PS). La commercialisation totale du poisson traité (A) passe, respectivement en ce qui concerne les produits fumés et séchés, de 50% et 50% environ pendant la période allant de 1969 à 1973 à 70% et 30% environ pendant la période allant de 1984 à 1988. Ce phénomène serait dû au fait que ce serait plutôt les gros poissons qui seraient séchés et les petits qui seraient fumés, sans tenir compte de la sorte de poisson et des traitements qui leur seraient éventuellement et préférentiellement réservés. Il est probable que suite à la diminution des hauteurs et durées d'inondation ainsi que des superficies inondées, la taille des poissons tendrait à diminuer. Cette constatation serait confirmée par INRZFH/ORSTOM (1988) qui démontre que les engins de pêche tendent à être faits de mailles plus petites et donc à être de moins en moins sélectifs quant à la taille des poissons capturés. De plus, Dansoko & Kassibo (1989b) disent que le procédé de poisson brûlé se pratique de plus en plus, or c'est une pratique réservée au menu fretin, mis à part le fait que le produit obtenu est de très basse qualité.

Par contre, il semblerait que les diminutions des captures totales s'accompagneraient d'une légère tendance à l'augmentation des rendements à la capture qui passeraient de 67 kg ha<sup>-1</sup> des superficies inondées à 70 kg ha<sup>-1</sup> des

surfaces inondées (tableau 16.2). Autrement dit, les pêcheurs essaient de compenser les diminutions de captures totales en augmentant la pression de prédation. Pour ce faire, non seulement ils deviennent moins sélectifs en ce qui concerne la taille des captures, ainsi que vu précédemment, mais ils le deviennent également moins en ce qui concerne les espèces capturées. En effet, selon INRZFH/ORSTOM (1988), il y a de plus en plus d'engins de pêche "attrape-tout", tel le fourier, même si leur usage est réprimé aussi bien socialement que sociologiquement. A la lecture de Dansoko & Kassibo (1989b), il est paradoxal de constater que le permis de pêche résident B est valable pour les pêcheurs détenteurs de filets maillants, de palangres et d'éperviers alors que ce dernier est interdit sur tout le territoire de la 5e Région.

L'augmentation de la pression de prédation serait aussi due à une action de pêche plus accentuée. Il y a de moins en moins de surfaces à exploiter pour un nombre de pêcheurs de plus en plus grand. Il y a tendance à l'éclatement des grandes familles, ce qui fait que de plus petites familles se dispersent pour mieux exploiter toutes les possibilités de pêche, et si elles ne se disloquent pas, elles tendent à mieux exploiter leur ressources humaines. Il y a de plus en plus usage d'engins individuels, aussi bien anciens que récents. Toutes ces modifications permettraient une exploitation plus dispersée et intensive des différents milieux halieutiques, y compris les milieux peu propices à l'emploi d'engins collectifs et/ou anciens.

Finalement, il est probable que cette augmentation de la pression des pêcheurs se fait de plus en plus aux dépens des poissons de l'année même.

## 16.4 Captures et crue

Pour les productions végétales et animales, deux types d'années pluviométriques ont été définies, à savoir l'année normale et l'année sèche (rapport 1, chapitre 4). Pour les crues, nous avons défini deux régimes (rapport 1, chapitre 5), à savoir les crues normales (660 cm de crue maximale décadaire à Mopti) et les crues basses (510 cm). Il serait donc intéressant de conserver le même type d'approche et de relier les productions halieutiques à ces deux types de crue.

Le tableau A8.1 donne l'estimateur de la capture de poisson frais (R') selon la formule OPM modifiée et les crues maximales décadaires à Mopti (X). Donc, il est possible d'établir la corrélation suivante:

$$Yc = -82\,919\,424 + 67\,703 * X1 + 125\,326 * X2 + 74\,325 * X3 \quad (19)$$

où

Yc = estimateur de la capture totale en poisson frais [kg].

X1 = crue maximale décadaire à Mopti l'année de la capture [cm].

X2 = crue maximale décadaire à Mopti l'année précédant de 1 an la capture [cm].

X3 = crue maximale décadaire à Mopti l'année précédant de 2 ans la capture [cm].

Tous les paramètres statistiques ne sont pas rejetés au niveau de signification de 1%. Les résultats de cette régression linéaire multiple sont montrés à la figure 16.1 en portant  $R' = f(Y_c)$ .

Il faut noter le fort poids de la crue précédant l'année de la capture. Ceci est également bien démontré lorsque des corrélations linéaires ou mieux exponentielles, du type  $Y = f(X)$ , sont réalisées entre les captures totales et les hauteurs des crues. Cette constatation confirme l'adage: "à une bonne crue succède une bonne pêche".

L'effet de trois ans de crues successives s'explique par le fait que la capture totale dépend de la reproduction et de la croissance de l'année même. Elle est donc reliée à la hauteur et durée d'inondation ainsi qu'à la surface inondée. Mais elle dépend aussi de la reproduction et de la croissance de l'année précédente. Cette dernière laisse une quantité et une qualité de poisson à pêcher mais aussi de reproducteurs. Cet effet de série récurrente serait encore observable 4 années plus tard (Dansoko, com. pers.). Il est à noter par ailleurs que les productions en poisson dépendent aussi de l'importance des eaux résiduelles lors de l'étiage. Ces eaux servent de refuge aux poissons. Plus il y en a et plus les possibilités de survie lors des basses eaux sont grandes. Cela joue aussi sur la pression de la pêche lors des

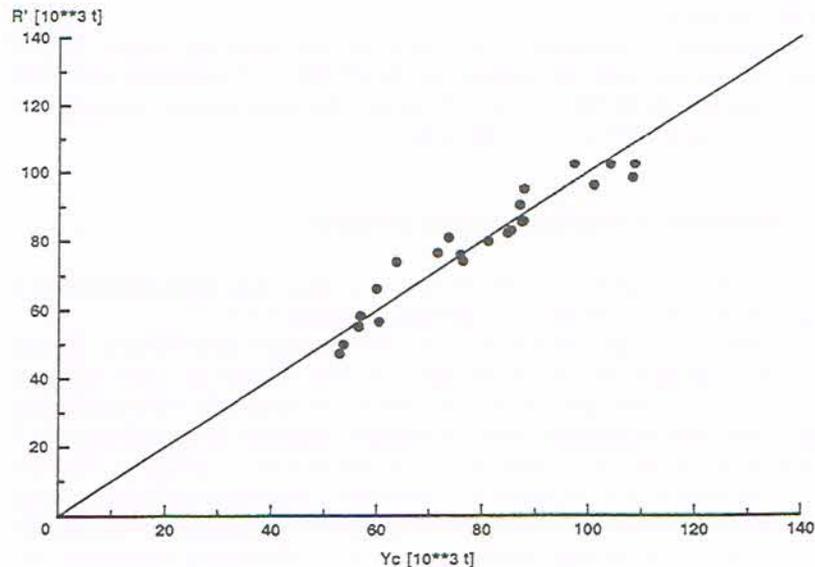


Figure 16.1. Captures totales en poisson frais estimées selon la formule OPM modifiée ( $R'$ ) en fonction des captures totales en poisson frais estimées selon la régression reliant les captures aux hauteurs maximales décennales des crues à Mopti ( $Y_c$ ).

basses eaux et lors de l'étiage. En effet, plus les eaux sont basses et moins il y a de surface, et donc de volume, à exploiter.

Nous rappelons que la hauteur des crues, utilisée pour établir la corrélation, sert en fait à intégrer la hauteur et la durée d'inondation ainsi que la surface inondée. Pour l'étude sous rubrique, nous n'avons pas cherché à corréler la production de poisson (estimateur) à la fois à la hauteur et à la durée des crues (valeurs mesurées). Nous n'avons pas cherché non plus à la corréler à la surface inondée car cette valeur est elle-même un estimateur calculé à l'aide de la hauteur des crues.

Il nous faut maintenant définir les captures totales en poisson frais lors des deux types de crue. Le modèle-PL n'est pas dynamique, donc il n'est pas possible d'utiliser telle quelle la régression donnée ci-dessus.

Sans faire d'études stochastiques, nous avons constaté empiriquement que les crues basses ne sont pas réparties aléatoirement mais qu'elles sont regroupées en série. En effet, de 1959 à 1988, les six crues les plus basses sont en 1972 ainsi qu'en 1982, 83, 84, 86 et 87. Donc, nous considérons qu'à la notion de crue normale correspond une série de crues normales et qu'à la notion de crue basse correspond une série de crues basses. Pour l'étude sous rubrique, cela signifie que, lors de l'application de la régression, nous considérons que  $X1 = X2 = X3 = 660$  cm au cours d'une année de crue normale et que  $X1 = X2 = X3 = 510$  cm au cours d'une année de crue basse.

En appliquant la régression, nous calculons que, dans une année de crue normale, la capture totale de poisson est de 93 534 t a<sup>-1</sup> pour une superficie maximale inondée de 16 048 km<sup>2</sup>, soit 58 kg ha<sup>-1</sup>. En année de crue basse, elle est de 53 431 t a<sup>-1</sup> pour 7 996 km<sup>2</sup>, soit 67 kg ha<sup>-1</sup>.

## 16.5 Calendrier et besoins en main-d'oeuvre

Pour l'étude sous rubrique, l'unité de mesure de base de la main-d'oeuvre est le ménage. Les définitions utilisées sont données à l'annexe A8.2.

Lae (1988) estime que 289 801 individus sont impliqués dans la pêche. Ils sont estimés être regroupés en 28 136 ménages qui sont répartis en 5 409 ménages migrants et 22 727 ménages sédentaires. Selon cet auteur, la composition des ménages varie avec la mobilité. Pour les ménages migrants: 52% ont moins de 7 individus, 42% ont de 7 à 15 individus et 6% ont plus de 15 individus. Pour les ménages sédentaires: 36% ont moins de 7 individus, 52% ont de 7 à 15 individus et 12% ont plus de 15 individus. Selon le même auteur ainsi que selon Dansoko & Kassibo (1989a), un ménage moyen (migrants et sédentaires confondus) est composé de 10.3 individus, mais un ménage migrant est plus petit qu'un ménage sédentaire. Donc, un ménage migrant est composé de 9.2 individus contre 10.6 pour un ménage sédentaire.

Sur la base de ces informations et d'autres, il est possible d'établir le tableau A8.2 qui donne les détails des nombres de ménages et d'individus par activité. Pour l'établir, nous avons tenu compte d'une certaine répartition ethnique. Les ethnies prises en considération sont les Bozo (14 470 ménages), les Sorko (5 139

ménages), les Somono (2 588 ménages), les Rimaïbé (3 307 ménages) et les autres (2 632 ménages). Par Bozo, il est entendu Kélinga, Sorogo et Tié. Par autres, il est entendu Bambara, Marka, Peul, Sonraï et divers.

Herry (1988) donne des répartitions de la population de pêcheurs par tranche d'âge et par sexe, selon les deux modes de mobilités distingués. Cela nous permet d'établir les tableaux A8.3 et A8.4.

Nous savons donc qu'il y a 5 409 ménages PPM (pêcheurs primaires migrants), 17 068 ménages PPS (pêcheurs primaires sédentaires) et 5 659 ménages PSS (pêcheurs secondaires sédentaires).

La population impliquée dans la pêche représente 61% de la population du Delta Central et de la Zone Lacustre qui au total compte 476 356 individus. Elle représente un total de (tableau 16.3) 133 308 années de travail humain [ath: année de travail humain = homme-an] (rapport 1, chapitre 7).

*Tableau 16.3. Nombres de ménages, nombres moyens d'individus par ménage, nombre total d'individus impliqués dans la pêche, nombre d'années de travail humain représentées par ces individus, proportions de l'année passées à la pêche et nombre d'années de travail humain effectivement passées à la pêche selon les trois activités de pêche.*

TYPE DE ACT.	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 Sédent.	17 068	10.56	180.3	82.9	74.5	61.8
Secondaires Sédent.	5 659	10.56	59.8	27.5	37.5	10.3
<i>Total</i>	<i>28 136</i>	<i>10.30</i>	<i>289.9</i>	<i>133.3</i>	<i>68.8</i>	<i>91.6</i>

Même ceux dont l'activité principale est la pêche ne sont pas occupés entièrement par cette activité. C'est-à-dire que tout leur temps actif n'est pas employé à pêcher ou à transformer du poisson frais en produits conservables. Pour les trois groupes d'activité, il est admis qu'ils s'occupent en plus des cultures.

Sur la base des informations fournies par INRZFH/ORSTOM (1988) et Dansoko & Kassibo (1989b), il s'avère que 25% des ménages PPM s'adonnent à la culture, en tant qu'activité secondaire. Pour ce groupe, il est peu tenu compte de l'ethnie vu que d'une part les Bozo en constitue 86% et que d'autre part ces ménages sont finalement très similaires quant à la taille, le matériel de pêche utilisé et le mode de vie. Pour les PPS, 70% des ménages Bozo, 97% des ménages Sorko et 80% des ménages Somono cultivent, mais c'est une activité secondaire. En ce qui concerne les PSS, 99% des ménages Rimaïbé s'adonnent à la culture en tant

qu'activité primaire, tandis que 100% des autres la pratiquent et la pêche n'est pour ces derniers qu'une activité tertiaire.

Sur la base d'autres informations fournies par les deux derniers auteurs, il est possible d'estimer, pour cette étude, que les PPM utilisent 85.5% de leur temps actif à la pêche, autrement dit ils y passent 10.5 mois  $a^{-1}$ . Les PPS y passent 74.5%, soit environ 9.0 mois  $a^{-1}$ . Les PSS y passent 37.5%, soit environ 4.5 mois  $a^{-1}$ .

Nous en déduisons que l'investissement en main-d'oeuvre effectivement passé à pêcher représente 91 648 athp [années de travail humain effectivement consacrées à la pêche] ainsi que montré au tableau 16.3. Cette valeur représente 40% de la force de travail disponible dans le Delta Central et la Zone Lacustre.

Pour le modèle-PL, nous considérons que les PPM et les PPS pêchent toute l'année et nous ne prenons pas en compte les variations d'intensité dans leurs activités de pêche. Par contre, nous considérons que les PSS ne pêchent que durant la période 6, c'est-à-dire lorsque la plupart des activités relatives aux cultures est terminée.

## 16.6 Equipement

Les engins utilisés pour la capture des poissons sont définis à l'annexe A8.2. L'estimation du nombre d'engins de pêche est donnée en détail au tableau A8.5 et est résumée au tableau 16.4.

Comme pour la main-d'oeuvre, l'unité de mesure est le ménage (tableau A8.2). L'enquête cadre du Projet d'Etudes Halieutiques du Delta Central du Niger ne donne pas le nombre réel d'engins possédés par ménage mais seulement la présence ou l'absence. Donc, il est certain que le nombre total est sous-estimé.

Afin de minimiser la sous-estimation, seules les valeurs les plus élevées obtenues suite aux différents modes de calcul ont été retenues. En effet, selon le mode de présentation des résultats (données brutes ou redressées et/ou filtrées) des différents auteurs précités, il est possible que les nombres d'engins varient quelque peu.

En vue de minimiser la sous-estimation, nous avons pris en compte un supplément d'informations. Baumann (1988) dit qu'il est très rare que des ménages possèdent plus d'une senne ou d'un filet maillant, ou d'un épervier; à ces engins nous avons ajouté le fourrier. Donc pour ces engins, nous n'avons pas modifié les résultats de nos calculs. Le même auteur écrit que pour les nasses, surtout le diéné, il arrive qu'il y en ait jusqu'à plusieurs dizaines par ménage. Donc pour les nasses (diéné, dourankoro, papolo), nous avons multiplié les valeurs obtenues par le facteur 10. Pour les autres engins de capture (ganga, swanya, filet deux mains, palangre, harpon), comme nous n'avons pas d'indications, nous avons gardé les valeurs obtenues par nos calculs. Pour l'estimation du nombre de pirogues et de pinasses, nous nous sommes basés sur Baumann (1988) et Lae (1988). Nous n'avons pas de valeur quant au nombre de moteurs mais nous considérons qu'une pinasse est une pirogue motorisée (Baumann, 1988). Dansoko & Kassibo (1989b), estiment qu'il y a 3 perches ainsi que 3 pagaies par pirogue et qu'il y a 4 perches par pinasse.

Tableau 16.4. Nombre d'engins de pêche selon les trois activités de pêche.

ENGINS	PRIMAIRES MIGRANTS	PRIMAIRES SEDENTAIRES	SECONDAIRES SEDENTAIRES
Senne	649	1 372	96
Fourier	595	2 984	0
Filet maillant PM	1 839	6 416	915
Filet maillant MM	3 462	10 907	896
Filet maillant GM	1 839	3 993	113
Epervier	1 785	8 606	301
Ganga	1 028	4 015	312
Swanya	1 244	3 610	123
Filet deux mains	920	4 726	4 027
Palangre	3 408	10 821	740
Harpon	1 460	6 396	529
Diéné	8 650	21 350	870
Durankoro	34 080	11 445	4 370
Papolo	17 310	65 370	2 010
Piroque	4 219	11 689	774
Pinasse	865	1 710	117
Perche	16 117	41 907	2 790
Pagaie	12 657	35 067	4 494
Moteur	865	1 710	117

PM: petites mailles, MM: moyennes mailles, GM: grandes mailles.  
Source: tableau A8.5.

Selon Baumann (1988), la tendance actuelle est de juste renouveler ce matériel et non de l'augmenter. Selon Lae (1988), les engins collectifs "traditionnels" seraient plutôt délaissés au profit d'engins individuels connus depuis longtemps ou d'introduction récente tel le fourier. De plus, il y a progressivement uniformisation des pratiques de pêche. Ceci ne veut pas dire que le découpage par ethnie n'a plus sa valeur en tant que mode de vie ou d'activité. Autrement dit, les différences ethniques dans les pratiques de pêche diminuent, mais elles existent toujours.

Il n'existe actuellement, en termes quantitatifs, que des données fragmentaires sur les rendements [kg de poisson par jour et par personne] de ces engins (Dansoko & Kassibo, 1989a).

Les données concernant le matériel employé (tableau 16.4) par les 3 activités ne peuvent pas être utilisées directement par le modèle-PL. D'une part, le matériel est très varié (19 éléments) et d'autre part, il n'est pas possible de relier directement chacun de ces éléments aux productions. Donc, une réduction à un ou à quelques objets qui sont reliables à la main-d'oeuvre et bien entendu aux produits de la pêche est nécessaire. De plus, il faut donner des valeurs monétaires à ce matériel. Dans le modèle-PL, le matériel est exprimé en valeur monétaire et non plus en unité physique.

L'établissement des coûts unitaires des engins de pêche, de leurs durées de vie (DV) et donc de leurs amortissements ainsi que de leurs frais d'entretien, se base

sur les tableaux A8.7 à A8.9 qui donnent les détails des informations compilées de la littérature. Le tableau 16.5 donne les valeurs retenues pour le modèle-PL.

Tableau 16.5. Coûts unitaires [FCFA], durée de vie moyenne [années] amortissement annuel [FCFA] et frais d'entretien [FCFA] pour les différents engins de pêche.

ENGINS	COUTS	DUREE	AMORTISSEMENT	ENTRETIEN
Senne	800 000	3.2	250 000	35 000
Fourier	55 000	2.5	22 000	5 000
Filet maillant PM	42 500	1.5	28 333	5 000
Filet maillant MM	40 000	1.5	26 667	5 000
Filet maillant GM	50 000	1.5	33 333	5 000
Epervier	16 500	2.5	6 600	1 000
Ganga	18 500	2.5	7 400	750
Swanya	6 250	2.5	2 500	500
Filet deux mains	4 000	2.5	1 600	500
Palangre	7 500	1.0	7 500	0
Harpon	1 500	3.0	500	0
Diéné	25 000	1.0	25 000	0
Durankoro	1 125	1.0	1 125	0
Papolo	1 125	1.0	1 125	0
Piroque	187 500	7.5	25 000	15 000
Pinasse	262 500	7.5	35 000	40 000
Perche	1 000	0.2	5 000	0
Pagaie	1 750	1.0	1 750	0
Moteur	500 000	10.0	50 000	70 000

PM: petites mailles, MM: moyennes mailles, GM: grandes mailles.  
Source: annexe A8.3.

Ceci nous permet de calculer, par ménage des trois types d'activités (tableau A8.6), les valeurs totales de l'investissement en matériel, de l'amortissement annuel (AM) et les frais d'entretien. Les frais d'utilisation des moteurs (carburant et lubrifiants) sont supposés être de 300 000 FCFA par moteur et par an. Les composantes de la charge du capital annuel du matériel, par activité de pêche et par ménage, sont donnés au tableau 16.6.

Compte tenu du nombre de ménages indiqué au tableau A8.2, ce tableau signifie que l'investissement total [FCFA], sous-estimé, en matériel de pêche représenterait 2.7 milliards, 6.9 milliards et 0.5 milliard respectivement pour les PPM, les PPS et les PSS, soit un total de 10.0 milliards de FCFA. Cet investissement entraîne des amortissements de 987 millions, de 2 646 millions et de 174 millions respectivement, soit un total de 3 808 millions de FCFA. Il entraîne aussi des frais d'entretien de 223 millions, de 549 millions et de 40 millions respectivement, soit un total de 812 millions de FCFA. Finalement, il entraîne des frais de carburant des moteurs de 260 millions, de 513 millions et de 35 millions respectivement, soit un total de 808 millions de FCFA. Donc le total de la charge du capital annuel est de 5 428 millions qui se répartit en 1 470 millions pour l'activité PPM, en 3 708 millions pour l'activité PPS et en 250 millions de FCFA pour l'activité PSS.

Tableau 16.6. Investissements en engins de pêche et la charge du capital selon les trois activités de pêche [ $10^3$  FCFA par ménage].

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

## 16.7 Activités et captures

Les captures en poisson frais ne sont pas connues par activité.

Pour pouvoir relier les captures aux trois activités retenues, nous nous basons sur la proposition économique que les revenus du capital tendent à être convergents. Autrement dit, nous posons que la production pour chaque activité est proportionnelle à la charge du capital annuel (tableau 16.6).

Cette proposition nous permet d'établir le tableau 16.7 où les captures en poisson frais sont réparties parmi les trois activités. Dans une année de crue normale, les PPM, qui représentent 19% des ménages, captureraient 27% de la totalité des captures; les PPS, qui représentent 61% des ménages, captureraient 68% de la totalité des captures et les PSS, qui représentent 20% des ménages, en captureraient 5%. Dans une année de crue basse, les captures totales diminuent (tableau 16.6) mais les répartitions entre les trois activités restent les mêmes, vu la proportionnalité avec la charge du capital annuel.

Le tableau 16.7 donne aussi, par activité, les productivités des ménages [t/Mén] et les productivités des années de travail humain effectivement consacrées à la pêche [t/athp]. Nous y voyons que ce sont les PPM qui sont les plus efficaces, suivis des PPS, puis des PSS. Pour l'établissement de ces productivités, nous considérons que toute la force de travail définie ci-dessus (section 16.5) est effectivement employée à la pêche.

Les captures en poisson frais sont partiellement consommées par les populations de pêcheurs et doivent donc être décomptées des captures totales pour pouvoir estimer les captures commercialisables.

Selon Dansoko & Kassibo (1989), il s'agit de 10% des captures, ce qui veut dire qu'au cours d'une année de crue normale, 9 353 t de poissons frais ne sont pas vendues. Cette valeur représente 332 kg par ménage et par an, autrement dit 36 kg par an et par individu de l'activité PPM ainsi que 31 kg par an et par individu des

Tableau 16.7. 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.

TYPE DE ACTIVITE	CHARGE CAPITAL	CAPTURE TOTAL		PRODUCTIVITE [t/ménage]		PRODUCTIVITE [t/ath <sub>p</sub> ]	
		NORMALE	SECHE	NORMALE	SECHE	NORMALE	SECHE
Primaires							
Migrantes	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

activités PPS et PSS. Ces valeurs constantes ont comme implication que moins la pêche est une activité essentielle et plus la consommation par les pêcheurs eux-mêmes augmente proportionnellement. Dans une année de crue normale, l'autoconsommation par les PPM représente 1 798 t soit 7% de leurs captures; pour les PPS 5 674 t soit 9% et pour les PSS, 1 881 t soit 44%.

Pour les années de crue basse, nous considérons que les consommations par les pêcheurs eux-mêmes restent identiques à celles des années de crue normale. Donc, le total autoconsommé représente alors 18% des captures totales en années de crues basses. L'autoconsommation par les pêcheurs PPM représente alors 12% de leurs captures totales, par les pêcheurs PPS 16% et 77% par les pêcheurs PSS.

Nous avons peu d'indications quant aux prix du poisson aux producteurs. Dansoko & Kassibo (1989b) utilisent un prix de 250 FCFA kg<sup>-1</sup> de poisson frais, de 750 FCFA kg<sup>-1</sup> de poisson fumé (= 250 FCFA kg<sup>-1</sup> de poisson frais) et de 1 200 FCFA kg<sup>-1</sup> de poisson séché (= 300 FCFA kg<sup>-1</sup> de poisson frais). Pour le modèle-PL, nous retenons le prix de 275 FCFA kg<sup>-1</sup> de poisson frais.

Les valeurs des captures en poisson frais commercialisées sont données au tableau 16.8 par an et par ménage. Compte tenu du nombre de ménages donné au tableau A8.2, ces valeurs signifient que, dans une année de crue normale, les valeurs commercialisées brutes en FCFA des captures (ne comprenant pas l'autoconsommation) représentent 6.5 milliards pour les PPM, 16.0 milliards pour les PPS et 0.7 milliard pour les PSS, soit un total de 23.1 milliards. En année de crue basse ces valeurs représentent 3.5 milliards, 8.5 milliards et 0.2 milliard respectivement, soit un total 12.1 milliards.

Ces captures en poisson frais sont en réalité transformées et vendues. Une partie de la totalité commercialisée et contrôlée à Mopti reste au Mali et part surtout à destination de Bamako, Sikasso, Kayes, Ségou, Koutiala et Bougouni. L'autre partie quitte le Mali et est surtout destinée au Ghana, à la Côte d'Ivoire et au

Burkina Faso. Les répartitions sont les suivantes (Dansoko & Kassibo, 1989):

Période	Mali	Etranger
de 1966 à 1970	43%	57%
de 1971 à 1975	66%	34%
de 1976 à 1980	74%	26%

## 16.8 Bois de fumage

Comme le poisson est un produit essentiellement périssable, il est le plus généralement traité avant d'être vendu, ce qui permet de le conserver. Les traitements principaux sont, par ordre d'importance, le fumage, le séchage et le brûlage. Il y a aussi la fabrication saisonnière d'huile de tinéni (*Alestes leuciscus*) et l'usinage du capitaine (*Lates niloticus*).

Nous supposons que le séchage n'entraîne pas l'emploi d'autres intrants. En effet, le poisson est séché par le soleil (Dansoko & Kassibo, 1989b). Le brûlage, fait à l'aide de paille, donne un produit de piètre qualité. Il n'est pas pris en compte dans l'étude sous rubrique. De même, les ventes de poisson frais ne sont pas prises en compte.

Pour le fumage par contre, le bois est très utilisé. Selon Dansoko & Kassibo (1989b), 2.95 kg de poisson frais et 5.8 kg de bois donnent 1 kg de poisson fumé. Mais toujours selon ces auteurs, 20% du poisson est fumé avec de la bouse de vache, ce qui donne d'ailleurs un produit de moindre qualité.

Selon la formule OPM, 75% du poisson vendu l'est sous la forme fumée. Selon les tableaux 16.2 et A8.1, ce pourcentage varie dans le temps. Nous admettons comme valeur moyenne celle calculée entre 1979 et 1988, c'est-à-dire que 70% du poisson vendu l'est sous la forme fumée. Comme nous admettons qu'environ 3 kg de poisson frais donne 1 kg de poisson fumé et que 4 kg de poisson frais donne 1 kg de poisson séché, cela signifie que 64% du poisson capturé et vendu est d'abord transformé en poisson fumé. Cependant, nous retenons finalement la valeur de 70%, ce qui revient à légèrement majorer l'intrant bois. C'est une façon de donner une valeur à d'autres intrants qui ne sont pas pris en compte, en particulier, les couteaux, les grilles de fumoirs, etc.

Nous savons aussi que le poisson consommé par les pêcheurs comprend aussi les formes transformées. Cependant nous n'avons pas d'indication quant aux proportions des différentes formes de traitement. Donc nous supposons qu'elles sont les mêmes que pour les produits vendus.

Selon Dansoko & Kassibo (1989b), le bois est à 15 FCFA kg<sup>-1</sup>. Nous considérons que l'intrant bouse de vache pour le fumage n'a pas de valeur.

Donc, pour le calcul de l'intrant bois, nous admettons que 70% des captures totales en poisson frais sont fumées, que 20% du poisson destiné à être fumé l'est avec de la bouse de vache, que 2.95 kg de poisson frais ainsi que 5.8 kg de bois donne 1 kg de poisson fumé, que le bois coûte 15 FCFA kg<sup>-1</sup> et que la bouse ne coûte rien.

Les valeurs de l'intrant bois sont données, par ménage et par an, au tableau 16.8.

Tableau 16.8. 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

Compte tenu du nombre de ménages indiqué au tableau A8.2, il résulte qu'en année de crue normale, le bois de fumage du poisson représente un total de 103 t de bois, soit 1 545 millions de FCFA. Ces valeurs se répartissent pour les PPM, les PPS et les PSS en 27 892 kg soit 418 millions, en 70 354 kg soit 1 055 millions et en 4 736 kg soit 71 millions de FCFA respectivement. En année de crue basse, le total est de 58 829 kg de bois soit 882 millions. Il se répartit pour les trois activités en 15 933 kg soit 239 millions, en 40 190 kg soit 603 millions et en 2 706 kg soit 41 millions de FCFA respectivement.

## 16.9 Revenus bruts

Les captures totales en poisson frais, les captures commercialisables exprimées en poisson frais, les charges du capital (amortissement, frais d'entretiens, carburant des moteurs) et les frais de fumage nous permettent d'établir le tableau 16.8. Donc, nous avons une estimation des revenus bruts générés par les trois activités de pêche. Les valeurs y sont données par ménage et par an.

Compte tenu du nombre de ménages indiqué au tableau A8.2, il est possible de déduire que, dans une année de crue normale, la pêche génère, en FCFA, un revenu brut de 16.2 milliards. Ce revenu brut est réparti en 4.6 milliards pour les PPM, en 11.2 milliards pour les PPS et en 0.3 milliards pour les PSS.

En année de crue basse, le revenu brut généré est de 5.8 milliards qui se répartit en 1.8 milliards pour les PPM, en 4.2 milliards pour les PPS et en une perte de 0.1 milliards pour les PSS.

## 16.10 Tableau des intrants-extrants

Le tableau 16.9 nous présente les intrants et les extrants utilisés dans le modèle-PL.

Tableau 16.9. 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/seche)	77/44	62/35	13/7
Total			
(année normale/scchc)	348/315	279/252	57/51
<b>EXTRANTS</b> [ménage <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]			
Poisson [ton] <sup>b</sup>			
- Année normale	4.68	3.74	0.76
- Année sèche	2.68	2.14	0.43

a) Année de travail humain effectivement consacrée à la pêche.  
Seuls les PSS ne sont occupés à la pêche qu'en période 6.

b) Du poisson fumé et séché mais est exprimé en équivalent poisson frais.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aalbers, C., 1988.  
Etude écologique et planification, Région Faguibine. Partie 1: inventaire. Partie 2: Analyse, évaluation des terres, projets et plans d'aménagements. Min. de Plan, Projet UNSO/MLI/85/X05, Univ. Agronomique de Wageningen, 72 p.
- ADRAO, 1980.  
Annual report on deep water and floating rice Mopti - Mali. Report of 1979 growing season. 55 p.
- ADRAO, 1982.  
Annual report on deep water and floating rice Mopti - Mali. Report of 1981 growing season. 55 p.
- ADRAO, 1985.  
1983-84 and 1984-85 results. Report presented at ADRAO bi-annual rice review meeting, 29/4 - 3/5 1985, Monrovia, Liberia. 87 p.
- ADRAO, 1986.  
Station Régional de Recherche sur le riz flottant et d'immersion profonde - Mopti. Rapport Annuel 1985. 77 p.
- Akyeampong, E., 1986.  
Some responses of cowpea to drought stress. Dans: I. Haque *et al.* (Eds.), Potentials of forage legumes in farming systems of Sub-saharan Africa, Proc. of workshop at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 16-19 September 1985, 141-159.
- Alzouma, M., 1990.  
Etude écologique de la croissance et du rendement du mil (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) au Sahel. Effets de l'association avec les légumineuses et autres relations. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique, 230 p.
- Arnon, I. 1972,  
Crop production in dry regions. II. Systematic treatment of the principal crops. L. Hill, Plant Science Monograph, London, 683 p.
- Ashley, J.M., 1984.  
Groundnut. Dans: Goldsworthy & Fisher (Eds.), The physiology of tropical field crops. John Wiley and Sons Ltd., Interscience publication, 453-494.
- Baker, E.F.I., 1978.  
Mixed cropping in Northern Nigeria. 1. Cereals and groundnuts. Experimental Agriculture 14, 293-298.
- Bakker, C. & B. Traoré, 1990.  
La culture d'oignon des femmes à Mayarasso, une étude socio-économique. Université Agricole de Wageningen, Section Economie Familiale, 116 p.
- Baudet, J.C., 1981.  
Les cereales mineures. Agence de Coopération Culturelle et Technique, 133 p.
- Baumann, E., 1988.  
A propos de la création de richesses en milieu pêcheur. Dans INRZFH/ORSTOM, 1988. Etudes halieutiques du Delta Central du Niger. Enquête statistique auprès des pêcheurs. Premiers résultats. Projet d'études halieutiques du Delta Central du Niger, Bamako, Mali, 6/1-6/17.
- Baur, H., K. Sissoko & S. Debrah, 1989.  
The economics of peasant cattle feeding in Mali. Dans: A.N. Said & B.H. Dzowela (Eds), Overcoming constraints to the efficient utilization of agricultural by-products as animal feed. Proc. of the fourth workshop, Inst. of Animal Research, Bamenda, Cameroun, 20-27 October 1987, ILCA, Addis Ababa, 49-60.

- Bayer, W., 1986.  
Influence of fertilizer application on ruminant production. Fertilizer use recommendation project, final Report, chapter 6, GTZ, 74 p.
- Beniest, J., M. D'Hondt-Defrancq, V.E. Coly & L. De Maeyer, 1987.  
Guide pratique du maraîchage au Sénégal. Centre pour le Développement de l'Horticulture, Cahiers d'Information No. 1, Dakar, 144 p.
- Berckmoes, W.M.L. & K. Bengaly, 1989.  
Perspectives of cattle husbandry by sedentary farmers in southern Mali. Dans: H. Kuil *et al.* (Eds.), Livestock production and diseases in the tropics. Proc. 6th Intern. Conference of Institutes for tropical veterinary medicine. AITVM, Wageningen, 28 August - 1 Sept. 1989, 118-122.
- Bertrand, R., J. Nabos & R. Vicaire, 1982.  
Exportations minérales par le mil et l'arachide. Conséquences sur la définition d'une fumure d'entretien d'un sol ferrugineux tropical développé sur matériaux éoliens à Tama (Niger). *Agronomie Tropicale* 27, 1287-1303.
- Bidaux, J.M., 1971.  
La riziculture en eau profonde au Mali. *Agronomie Tropicale* 26: 1100-1114.
- Bille, J.C., H. Poupon, M. Lepage, G. Morel, M.Y. Morel, A.R. Poulet, R. Fons & F. Bourlière, 1974.  
La terre et la vie. *Revue d'Ecologie appliquée*. Volume 28. 168 p.
- Bonis Charancle, J.M. & R.M. Rochette, 1989.  
Expérience No. 7. Hondo Bomo Kaina/Tomboucto - Mali (Régénération des bourgoutières). Dans: R.M. Rochette (Ed.), *Le Sahel en lutte contre la désertification, leçons d'expériences*, GTZ, 115-133.
- Bono, M. & L. Marchais, 1966.  
Le point des recherches rizicoles au Mali. *Agronomie Tropicale* 21: 520-557.
- BOSTID, 1983.  
*Agroforestry in the West African Sahel*. Nat. Academy Press, Washington, 86 p.
- Boudet, G., A. Cortin & H. Marcher, 1971.  
Esquisse pastorale et esquisse de transhumance de la région du Gourma. IEMVT, Maisons-Alfort. 131 p.
- Boudet, G., N. Genestier, G. Lamarque, J.P. Lebrun & R. Rivière, 1972.  
Projet de développement de l'élevage dans la région de Mopti (République du Mali); Etude agrostologique de la cinquième région du Mali (Région de Mopti). Etude agrostologique no. 37. IEMVT, Maisons-Alfort. 309 p.
- Bourdouxhe, L., 1983.  
Dynamique des populations de quelques ravageurs importants des cultures maraîchères du Sénégal. *Agronomie Tropicale* 38: 132-148.
- Braun, J. von, D. Puetz & P. Webb, 1989.  
Irrigation technology and commercialization of rice in the Gambia: effects on income and nutrition. IFPRI Research Report 75.
- Breman, H., 1975.  
La capacité de charge maximale des pâturages maliens. Dans: Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux Africains. Actes du colloque. Bamako-Mali, 3-8 mars 1975. ILCA, Addis Abeba. p. 249-256.
- Breman, H. & N. Traoré (Eds.), 1986a.  
Analyse des conditions de l'élevage et de propositions politiques et de programmes. République du Niger. Sahel D(86)284, Club du Sahel/CILSS/OCDE, Paris. 194 p.
- Breman, H. & N. Traoré (Eds.), 1986b.  
Analyse des conditions de l'élevage et de propositions politiques et de programmes. Burkina Faso. Sahel D(86)300, Club du Sahel/CILSS/OCDE, Paris. 202 p.
- Breman, H. & N. Traoré (Eds.), 1987.  
Analyse des conditions de l'élevage et de propositions politiques et de programmes. Mali. Sahel D(86)302, Club du Sahel/CILSS/OCDE, Paris, 243 p.

- Breman, H. & N. de Ridder (Eds.), 1991.  
Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Karthala, Paris. (in press).
- Breman, H., A. Diallo, G. Traoré & M.A. Djitéye, 1978.  
Ecologie de la transhumance du gros bétail au Sahel. Presentation sur 1ère International Rangeland Congress. Society of Range management. 2760 West Fifth Avenue, Denver, Colorado, USA. 16 p.
- Breman, H., H. van Keulen & J.J.H.M. Ketelaars, 1984a.  
Land-evaluation for semi-arid rangeland: A critical review of concepts. Proceedings of the Workshop on land evaluation for extensive grazing, Addis Ababa 1983. ILCA, ITC and FAO. ILRI, Wageningen. p. 229-244.
- Breman, H., C. Geerling, J.J. Kessler & F.W.T. Penning de Vries, 1984b.  
Le rôle agro-sylvo-pastoral de la strate ligneuse au Sahel. CABO, Club du Sahel/CILSS/OCDE. CABO, B.P. 14, Wageningen.
- Breman, H., J.J.M.H. Ketelaars & N. Traoré, 1990.  
Un remède contre le manque de terre? Bilan des éléments nutritifs, production primaire et élevage au Sahel. Sécheresse 1: 109-117.
- Bromfield, A.R., 1975.  
Effects of ground rock phosphate-sulphur mixture on yield and nutrient uptake of groundnuts (*Arachis hypogaea*) in Northern Nigeria. Experimental Agriculture 11, 265-272.
- Catherinet, M.D., S. Dumont & A.A. Mayaki, 1963.  
Le mil et le sorgho dans l'agriculture du Niger. Agronomie Tropicale 18: 108-125.
- Cérighelli, R., 1955.  
Cultures tropicales. I. Plantes vivrières. Nouvelles Encyclopédie Agricole, Librairie J.B. Baillière et Fils, Paris, 635 p.
- Charray, J., J. Coulomb, J.B. Haumesser, D. Planchenault & P.L. Pugliese, 1980.  
Les petits ruminants d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Ouest. Synthèse des connaissances actuelles. IEMVT, RFMC, Maisons Alfort, 295 p.
- Charreau, C. & J.F. Poulain, 1963.  
La fertilisation des mils et sorghos. Agronomie Tropicale 18: 53-63.
- Chopart, J.L. & R. Nicou, 1976.  
Influence du labour sur le développement racinaire de différentes plantes cultivées au Sénégal. Conséquence sur leur alimentation hydrique. Agronomie Tropicale 31, 7-28.
- Chopart, J.L. & R. Nicou, 1976.  
Vingt ans de culture continue avec ou sans labour au Sénégal. Agronomie Tropicale 44, 269-281.
- Cissé, I.B., 1975.  
La culture de fonio et quelques aspects écophysiographiques de la plante. Rapport de fin d'étude, Univ. Agro. de Wageningen, Dept. Phytotechnie Tropicale, 72 p.
- Cissé, A.M., 1986.  
Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone sud-sahélienne. Thèse Vakgroep Theoretische Teeltkunde, LUW, Wageningen. 211 p.
- Cisse, 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, 106 p. + 66 p. annexes.
- CRD, 1985.  
Diagnostic de la Région de Mopti. 239 p.
- CRD, 1986.  
Stratégies de développement économique et social de la Région de Mopti. 119 p.
- CTA, 1986.  
Les richesses du dromedaire. CTA, Spore, 5: 1-3.

- Collingwood, E.F., L. Bourdouxhe & M. Defrancq, 1984.  
Les principaux ennemis des cultures maraichères au Sénégal. Centre pour le Développement de l'Horticulture, Dakar, 95 p.
- Coulibaly, A., 1984.  
La culture fourragère au Mali. Bilan de cinq années de pré vulgarisation. INRZFH, Sotuba, 29 p.
- Coulomb, J., H. Serres & G. Tacher, 1981.  
L'élevage en pays Sahéliens. Presses Universitaires de France, 192 p.
- Courtois, B., 1988.  
Upland rice cropping systems. Mémoires & Travaux de l'IRAT, No 16, IRAT, Montpellier, 96 p.
- Dahl, G. & A. Hjort, 1976.  
Having herds. Pastoral herd growth and household economy. Univ. of Stockholm, Dept. of Social Anthropology, 335 p.
- Dansoko, F.D. & B. Kassibo, 1989a.  
Etude des systèmes de productions halieutiques en 5e Région. Rapport d'étape, juin 1989, ESPR, Mopti, Mali, 79p.
- Dansoko, F.D. & B. Kassibo, 1989b.  
Etudes des systèmes de productions halieutiques en 5e Région. Rapport de fin d'année. ESPR, 123 p.
- Dancette, C., 1970.  
Détermination au champ de la capacité de rétention après irrigation, dans un sol sableux du Sénégal. Intérêt agronomique de cette mesure et application à une culture d'arachide. *Agronomie Tropicale* 25, 225-240.
- Dancette, C., 1979.  
Agroclimatologie appliquée à l'économie de l'eau en zone soudano-sahélienne. *Agronomie Tropicale* 34, 331-335.
- Dancette, C. & A.E. Hall, 1979.  
Agroclimatology applied to water management in the Sudanian and Sahelian zones of Africa. Dans: A.E. Hall *et al.* (Eds.), *Agriculture in semi-arid environments*, Ecological Studies 34, Springer Verlag, 98-118.
- Daudel, J.F., 1988.  
Rapport de synthèse. Système de conduite des troupeaux latiers (Région de Mopti). ODEM, Mopti, 25 p. + 8 p. annex.
- De Bon, H., 1984a.  
Description et culture d'une solanacée légumière de l'Ouest africain: le djackatou (*Solanum aethiopicum* L.). *Agronomie Tropicale* 39: 67-75.
- De Bon, H., 1984b.  
La culture de la pomme de terre dans la moyenne vallée du Sénégal. *Agronomie Tropicale* 39: 358-366.
- De Bon, H., 1983.  
Expérimentation sur les cultures maraichères en Mauritanie. *Agronomie Tropicale* 38: 56-77.
- Delgado, C.L., 1980.  
Livestock and meat production, marketing and exports in Mali. Dans: C.L. Delgado & J. Staatz (Eds.), *Livestock and meat marketing in West Africa*, Volume III, Ivory Coast and Mali. CRED, Univ. of Michigan, 211-439.
- Deuse, J.P.L. & S. Hernandez, 1980a.  
Essai de désherbage chimique du sorgho au Sénégal. *Agronomie Tropicale* 35, 64-68.
- Deuse, J.P.L. & S. Hernandez, 1980b.  
Essai de désherbage chimique du mil nain au Sénégal. *Agronomie Tropicale* 35, 68-74.
- Deuse, J.P.L. & S. Hernandez, 1980c.  
Essai de désherbage chimique de l'arachide au Sénégal. *Agronomie Tropicale* 35, 74-80.

- Deuse, J.P.L. & S. Hernandez, 1980d.  
Essai de différentes formulations pour le désherbage de l'arachide au Sénégal. *Agronomie Tropical* 35, 80-83.
- Devendra, C. & G.B. McLeroy, 1982.  
Goat and sheep production in the tropics. ITAS, Longman, 271 p.
- Devendra, C. & M. Burns, 1983.  
Goat production in the tropics. Commonwealth Agricultural Bureaux, London, 183 p.
- Diakit , N., 1989a.  
Le marché à bétail sécurisé de Sofara/Mopti - Mali. Dans: R.M. Rochette (Ed.), *Le Sahel en lutte contre la désertification, leçons d'expériences*, GTZ, 135-150.
- Diakit , N., 1989b.  
Situation du secteur élevage. Eléments de reflexions et propositions d'ensemble pour le développement (Rapport de mission: Banque Mondiale: Revue du secteur élevage: janvier-fevrier 1989). 60 p.
- Diakit , N. & M. Kéita, 1988.  
L'élevage en 5 me Région: contraintes et actions prioritaires d'intervention et de recherche appliquée. ODEM, Doc. de travail, étude IER/USAID/MSU, 46 p.
- Diallo, A., 1978.  
Transhumance: comportement, nutrition et productivité d'un troupeau zébus de Diafarabé. Thèse présentée en vue d'obtenir le titre de Docteur de Spécialité en biologie. Centre Pédagogique Supérieure, Bamako, Mali.
- Diallo, B.D. & H.H. Vuong, 1980.  
Les  tats phytosanitaires des cultures vivrières, oléagineuses et de la canne à sucré au Mali. Dans SRCVO, 1980, Commission Technique des Cultures Vivrière et Oléagineuses, Document No 6, Bamako, Mali, 59-62.
- Diarra, A., 1988.  
Lutte contre les adventices en riziculture d'immersion profonde. *Bulletin de l'Economie Rurale* 1: 19-38.
- Diarra, L. & P. Hiernaux, 1986.  
Catastrophe écologique dans les plaines du Delta intérieur du Niger. Suivi de la végétation d'une dizaine de sites. Résultats de la saison seche 1984-1985. Document de Programme DP AZ 167, CIPEA (ILCA), Bamako. 23 p.
- Dicko, M.S., J. Lambourne, P.N. de Leeuw & C. de Haan, 1983.  
Les bovins (nutrition animale). Dans: R.T. Wilson, P.N. de Leeuw & C. de Haan (Eds.), *Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali: Résultats préliminaires*. Rapport de recherche No. 5, ILCA, Addis Ababa, 96-101.
- DNI, 1987.  
Recensement administratif et fiscal du 2 mai 1986. Résultats définitifs. Min. de l'Administration Territoriale et du Développement à la Base, Direction Nationale de l'Intérieur, Bamako.
- DNSI, 1987.  
Recensement général de la population et de l'habitat (du 1 au 14 avril 1987). Min. du Plan et de la Statistique, Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique, Bamako.
- Doumbia, Y.O., 1988.  
Première évaluation des attaques de la cochenille blanche dans les palmeraies du Mali. *Sahel PV info* No. 9: 12-19.
- DRPS, 1984.  
Rapport annuel de la Direction Régionale du Plan et de la Statistique. DRPS, Mopti, Mali.
- Duivenbooden, N. van, 1987.  
Evaluation of animal husbandry in the Northwestern coastal zone of Egypt (literature review and simulation). CABO Report 72, CABO, Wageningen, 204 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, Wageningen, (in prep).
- Duivenbooden, N. van, 1990b.  
Additional simulation results of sorghum, millet and cowpea. Mopti project, Working Document No. 7, CABO, Wageningen, 18 p.
- Duivenbooden, N. van, 1990c.  
Rice production in the 5th region of Mali (detailed background data). Mopti Project Working Document 9, CABO, Wageningen, 9 p.
- Duivenbooden, N. van & L. Cissé, 1989.  
L'amélioration de l'alimentation hydrique par des techniques culturales liées à l'interaction eau/fertilisation azotée. CABO Rapport No. 117, CABO, Wageningen, 106 p. + 135 p. annex.
- 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, 266 p. + 55 p. annexes.
- Dupriez, H. & Ph. De Leener, 1987.  
Jardins et vergers d'Afrique. Terres et Vie, Nivelles, Belgium, 354 p.
- 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.
- ESPR, 1988a.  
La culture de riz en submersion contrôlée: L'exemple de l'Opération Riz Mopti (ORM). Rapport ESPR, Sévaré, 19 p.
- ESPR, 1988b.  
La culture de riz flottant. Rapport ESPR, Sévaré, 5 p.
- ESPR, 1988c.  
La riziculture en submersion contrôlée. Rapport ESPR, Sévaré, 6 p.
- FAO, 1972.  
The employment of draught animals in agriculture. FAO, Rome, 249 p.
- FAO, 1977.  
Les systèmes pastoraux sahéliens, données socio-démographiques de base en vue de la conservation et de la mise en valeur des parcours arides et semi-arides. Etude FAO: production végétale et protection des plantes 5. FAO, Rome. 389 p.
- FAO & DANIDA, 1977.  
Food legume crops: improvement and production. FAO Plant Production and Protection No. 9, FAO, Rome, 248 p.
- Fay, C., 1988.  
Migration de pêche: morphologie et place dans les systèmes d'activité. Dans INRZFH/ORSTOM, 1988. Etudes halieutiques du Delta Central du Niger. Enquête statistique auprès des pêcheurs. Premiers résultats. Projet d'études halieutiques du Delta Central du Niger, Bamako, Mali, 8/1-8/39.
- Ferraris, R., M.J.T. Norman & A.C. Andrews, 1973.  
Adaptation of pearl millet (*Pennisetum typhoides*) to coastal New South Wales. 1. Preliminary evaluation. Aust. J. Expl. Agric. Anim. Husb. 13: 685-691.
- Ferraris, R., M.J.T. Norman & L.K. Fussell, 1974.  
Adaptation of pearl millet (*Pennisetum typhoides*) to coastal New South Wales. 3. Comparative productivity of pearl millet cultivars and a sudan grass-sorghum hybrid. Aust. J. Expl. Agric. Anim. Husb. 14: 777-784.

- Fielding, D., 1987.  
Donkey power in African rural transport. *World Animal Review* 63: 23-30.
- Filleton, P. & M. Monimart, 1989.  
Experience No. 5, Kano/Tombouctou - Mali (Périmètre irrigué villageois, digue de culture de submersion). Dans: *Le Sahel en lutte contre la desertification. Leçons d'expériences*. R.M. Rochette (Ed.), CILSS, GTZ, 91-106.
- Frahan, B.H. de & M.B. Diarra, 1987.  
Résultats de l'enquête préliminaire en Cinquième Région du Mali. I. La plaine du Seno et le plateau de Bandiagara. IER, Bamako, 109 p.
- Frahan, B.H., Y. Cissé, S. Traoré & M.B. Diarra, 1989.  
Etude de faisabilité de l'extension de la division de recherches sur les systèmes de production rurale en cinquième région du Mali. IER, Bamako, 320 p.
- François, J., A. Rivas & R. Compère, 1989.  
Le pâturage semi-aquatique à *Echinocloa stagnina* (Retz.) P. Beauv.. Etude approfondie de la plante "Bourgou" et des bourgoutières situées en Zone Lacustre du Mali. *Bull. Tech. Agron. Gembloux* 24: 145-189.
- Gadelle, F., 1986.  
Aménagement des lacs rive gauche du Niger. Système du lac Faguibine. Note de Synthèse à la base de l'étude de factibilité, Haskoning, Nijmegen, 38 p.
- Gahukar, R.T., 1989.  
Pest and disease incidence in pearl millet under different plant density and intercropping patterns. *Agricultural Systems* 26: 69-74.
- Gatenby, R.M., 1983.  
Research on small ruminants in Sub-saharan Africa. Dans: R.M. Gatenby & J.C.M. Trail (Eds.), *Small ruminant breed productivity in Africa*. Proc. of a seminar, ILCA, Addis Ababa, October, 1982, 13-20.
- Gatenby, R.M., 1986.  
Sheep production in the tropics and sub-tropics. Longman, 351 p.
- Genotte, Y., 1987. Contribution à l'étude de la culture mixte mil-niébé en zone semi-aride sahélienne. Mémoire de fin d'étude, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique, 208 p.
- Göhl, B., 1982.  
Les aliments du bétail sous les tropiques. FAO, Coll. Production et santé animale No. 12, 545 p.
- Gosseye, P., 1982.  
Etude phytotechnique de la production rizicole (*Oryza glaberrima* et *O.sativa*) à Sily (Pinga), Delta central du Niger, Mali. CIPEA, Doc. de programme no. AZ 68, 31 p.
- Gosseye, P.A. & H. Hulet, 1984.  
Comportements de légumineuses à grains, principalement le niébé (*Vigna unguiculata*) cultivé en association avec le mil (*Pennisetum thypoides*). CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 137, CIPEA, Bamako, 103 p.
- Gosseye, P.A. & H.N. Le Houérou, 1979.  
Expérimentation de fumure phosphatées en zone sahélienne du Mali Central (1977-1980). CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 28, CIPEA, Bamako, 74 p.
- Gosseye, P.A. & I. Yossi, L. Diarra & P. de Leeuw, 1979.  
Rapport des activités. Recherches agronomiques juillet 1977- septembre 1979. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 25, CIPEA, Bamako, 37 p.
- Gosseye, P.A., H. Hulet, P.N. de Leeuw & C. de Haan, 1983.  
Pratiques culturales et améliorations des cultures. Dans: Wilson et al. (Eds.), *Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali: résultats préliminaires*, p. 119-129.
- Gregory, P.J. & M.S. Reddy, 1982.  
Root growth in an intercrop of millet/groundnut. *Field Crops Research* 5, 241-252.

- GR Mopti, 1988.  
Région de Mopti. PPIV et casiers ORM. Direction Régionale de Génie Rural Mopti, 2 p.
- Gros, A., 1967.  
Engrais. Guide pratique de la fertilisation. La Maison Rustique, Paris, 430 p.
- Grubben, G.J.H., 1975.  
La culture de l'amarante, légume-feuilles tropical. PhD thesis Agric. Univ. Wageningen, 223 p.
- Guillaume, M., 1960a.  
Les aménagements hydro-agricoles de riziculture et de culture de décrue dans la vallée du Niger. I. Le cadre géographique considéré dans ses rapports avec les aménagements hydro-agricoles dans la vallée. *Agronomie Tropicale* 15: 73-91.
- Guillaume, M., 1960b.  
Les aménagements hydro-agricoles de riziculture et de culture de décrue dans la vallée du Niger. II. La riziculture des plaines inondées de la vallée du Niger; possibilité d'extension et d'amélioration par les aménagements hydro-agricoles. *Agronomie Tropicale* 15: 133-164.
- Guillaume, M., 1960c.  
Les aménagements hydro-agricoles de riziculture et de culture de décrue dans la vallée du Niger. III. Les cultures de décrue et les cultures irriguées de la vallée du Niger; possibilité d'extension et d'amélioration par les aménagements hydro-agricoles. *Agronomie Tropicale* 15: 165-187.
- Guillaume, M., 1960d.  
Les aménagements hydro-agricoles de riziculture et de culture de décrue dans la vallée du Niger. IV. L'Office du Niger. *Agronomie Tropicale* 15: 273-319.
- Guillaume, M., 1960e.  
Les aménagements hydro-agricoles de riziculture et de culture de décrue dans la vallée du Niger. V. Conclusions et propositions. *Agronomie Tropicale* 15: 390-413.
- Hall, H.T.B., 1985.  
Diseases and parasites of livestock in the tropics. Longman ITAS, 328 p.
- Haverman, P., 1986.  
A characterization of growth of a cowpea crop, *Vigna unguiculata*, cv. "59-25", in the sahelian zone. Agric. Univ. Dept. of Theoretical Production Ecology, Wageningen, 86 p.
- Haywood, M., 1981.  
Evolution de l'utilisation des terres et de la végétation dans la zone soudano-sahélienne du projet CIPEA au Mali. Document de travail 3. CIPEA (ILCA), Addis Abeba. 187 p.
- Heemst, H.D.J. van, J.J. Merkelijn & H. van Keulen, 1981.  
Labour requirements in various agricultural systems. *Quarterly Journal of International Agriculture* 20: 178-201.
- Hesse, C. & S. Thera, 1987.  
Système de production et risque de famine dans la Cercle de Douentza, Mali. Rapport préliminaire préparé pour OXFAM (UK), Bamako, 102 p.
- Herry, C., 1988.  
Démographie des pêcheurs du Delta Central du Niger. Dans INRZFH/ORSTOM, 1988. Etudes halieutiques du Delta Central du Niger. Enquête statistique auprès des pêcheurs. Premiers résultats. Projet d'études halieutiques du Delta Central du Niger, Bamako, Mali, 5/1-5/36.
- Hien, F. & G. Zigani, 1987.  
La haie vive. Un modèle d'intégration de l'arbre au système d'exploitation agricole et pastorale. IRDC-MR 163F, Ottawa, Canada, 60 p.
- Hiernaux, P., 1980.  
La carte des ressources fourragères des parcours du delta intérieur du Niger. Notice. CIPEA (ILCA), Bamako. 98 p.

- Hiernaux, P., 1982.  
Les cartes des ressources fourragères des parcours du delta intérieur du Niger. Notice. Contrat CIPEA/ODEM, CIPEA, Bamako, Mali, 98p.
- Hiernaux, P., 1983.  
Impact de la sécheresse sur la production et la structure du tapis herbacé. Compte rendu d'une visite effectuée à Niono-Nampala et Diarafabé en novembre 1983. Programme des zones aride et semi-aride. Document de programme N.AZ 107. CIPEA (ILCA), Bamako. 30 p.
- Hiernaux, P., 1985.  
Rapport de la mission dans le Gourma et le Delta. CIPEA, mission 114/85, 41 p.
- Hiernaux, P., 1986.  
Rapport de la mission dans le Gourma et les plaines d'inondation du Niger. CIPEA, mission 003/86, 23 p.
- Hiernaux, P. & L. Diarra, 1986.  
Bilan de cinq années de recherches (sept. 1979 - sept. 1984) sur la production végétale des parcours des plaines d'inondation fleuve Niger au Mali Central. CIPEA Doc., de Prog. AZ 142, CIPEA, 112 p.
- Hiernaux, P., M.I. Cissé, L. Diarra & M. Coulibaly, 1983.  
Recherche d'une solution aux problèmes de l'élevage dans le Delta intérieur du Niger au Mali. Volume I. Les paturages de la zone d'étude. CIPEA/ODEM, 134 p.
- Hiernaux, P., L. Diarra & A. Maïga, 1988.  
Evolution de la végétation sahélienne après la sécheresse. Bilan du suivi des sites du Gourma en 1987. Document de Programme DP AZ 181, CIPEA (ILCA), Bamako.
- Hiernaux, P., L. Diarra & A. Maïga, 1989.  
Dynamique de la végétation sahélienne après sécheresse. Un bilan du suivi des sites pastoraux du Gourma en 1988. CIPEA, Programme du Sahel, DP AZ 192, Bamako. 46 p.
- Hiernaux, P., L. Diarra & A. Maïga, 1990.  
Dynamique de la végétation sahélienne après sécheresse. Un bilan du suivi des sites pastoraux du Gourma en 1989. CIPEA, Doc. de Travail no 001/90, Bamako. 52 p.
- Hulet, H., 1983a.  
Résultats de la campagne agricole 1982. Etude de l'effet résiduel du niébé (*Vigna sinensis*) sur la culture du mil (*Pennisetum thyphoides*) subséquente. Etude de l'influence de différentes proportions de niébé associé au mil. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 81, CIPEA, Bamako, 110 p.
- Hulet, H., 1983b.  
Essai de comportement de légumineuses diverses en conditions de culture pluviale dans la zone 400 à 600 mm: résultats de l'année 1982. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 83, CIPEA, Bamako, 115 p.
- Hulet, H., 1984a.  
Résultats de la campagne agricole 1983. Etude de l'effet résiduel du niébé (*Vigna unguiculata*) sur la culture du mil (*Pennisetum thyphoides*) subséquente. Etude de l'incidence de différentes proportions de niébé associé au mil. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 102, CIPEA, Bamako, 98 p.
- Hulet, H., 1984b.  
Essai de comportement de légumineuses diverses en conditions de culture pluviale dans la zone semi-aride du Mali. Résultats de l'année 1983. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 119, CIPEA, Bamako, 96 p.
- Hulet, H., 1985a.  
Contribution à l'étude des relations interspécifiques du mil et du niébé cultivés en association ou en pure à des densités différentes. Résultats de la campagne agricole 1984. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 150, CIPEA, Bamako, 65 p.

- Hulet, H., 1985b.  
 Profils hydriques du sol sous cultures de mil ou de niébé. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 156, CIPEA, Bamako, 7 p.
- Hulet, H., 1985c.  
 Essai de productivité de niébé en conditions "station" et en milieu villageois. Test variétal de diverses espèces de légumineuses. Résultats de la campagne agricole 1984. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 145, CIPEA, Bamako, 96 p.
- Hulet, H., 1985d.  
 Essai de synthèse des résultats acquis sur l'étude des légumineuses dans la zone semi-aride du Mali entre les isohyètes de 200 et 400 mm de pluie (1979 à 1984). CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 151, CIPEA, Bamako, 24 p.
- Hulet, H., 1986.  
 Résultats de la campagne agricole 1985. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 130, CIPEA, Bamako, 28 p.
- Hulet, H. & P.A. Gosseye, 1982.  
 Etude de l'effet résiduel du niébé (*Vigna unguiculata*) sur la culture subséquente de mil (*Pennisetum thyphoides*) et selon divers types d'associations des deux espèces. Etude de l'incidence de différentes proportions de niébé associé au mil. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 134, CIPEA, Bamako, 15 p.
- Hulet, H. & P.A. Gosseye, 1984.  
 Résultats de la campagne agricole 1981. Etude de l'effet résiduel du niébé (*Vigna sinensis*) sur la culture du mil (*Pennisetum thyphoides*) subséquente. Etude de l'influence de différentes proportions de niébé associé au mil. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 71, CIPEA, Bamako, 61 p.
- Hulet, H. & P.A. Gosseye, 1986.  
 Effect of intercropping cowpea on dry matter and grain yield of millet in the semi-arid zone of Mali. Dans: I. Haque et al. (Eds.), Potentials of forage legumes in farming systems of Sub-saharan Africa, Proc. of workshop at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 16-19 September 1985, 376-396.
- Hulet, H. & P.A. Gosseye & J.M. Ouedraogo, 1986.  
 Catalogue des semences CIPEA/Niono. CIPEA Doc. de Prog. No. AZ 127, CIPEA, Bamako, 69 p. INRAN, ICRISAT, TROPISOILS, USAID & USDA, 1987. Preliminary report. Soil Water and Crop management Workshop, ICRISAT, Niamey, January 11-17, 1987, 80 p.
- INRZFH/ORSTOM, 1988.  
 Etudes halieutiques du Delta Central du Niger. Enquête statistique auprès des pêcheurs. Premiers résultats. Projet d'études halieutiques du Delta Central du Niger, Bamako, Mali, 210p.
- Jacquinet, L., 1971.  
 La nutrition minérale du mil. 2. Influence du pH sur l'absorption nitrique et ammoniacale. *Agronomie Tropicale* 26: 348-354.
- Janssen, D.M. & P.A. Gosseye, 1986.  
 Simulation of growth of millet (*Pennisetum americanum*) as influenced by waterstress. Simulation Report CABO-TT 10, CABO, Wageningen, 108 p.
- Jenny, F., 1973.  
 Expérimentation agronomique sur les phosphates naturels de Tilemsi (Mali) en conditions de culture sèche. Point des recherches. *Agronomie Tropical* 28, 1070-1078.
- Jenny, F., 1974.  
 Etudes du phosphore. Correction de la carence phosphore et fertilisation d'entretien dans quelques sols du Mali. Utilisation des phosphates solubles et des phosphates naturels. IRAT-SRCVO, Bamako, Mali, 102 p.
- Jones, M.J. 1971.  
 The maintenance of soil organic matter under continuous cultivation at Samuru, Nigeria. *J. Agric. Sci.* 77, 473-482.

- Jones, M.J., 1973.  
The organic matter content of the savanna soils of West Africa. *Journal of Soil Science* 24, 42-53.
- Jones, M.J., 1974.  
Effect of previous crop on yield and nitrogen response of maize at Samuru, Nigeria. *Expl. Agric.*, 10, 273-279.
- Jones, M.J., 1976.  
The significance of crop residues to maintenance of fertility under continuous cultivation at Samuru, Nigeria. *J. Agric. Sci.* 86, 117-125.
- Jones, M.J. & A. Wild, 1975.  
Soils of the West African savanna. The maintenance and improvement of their fertility. Technical Communication No. 55, Commonwealth Bureau of Soils. CAB, Slough, England, 246 p.
- Jong, A. de & A. Harts-Broekhuis, 1989.  
Petits périmètres irrigués, quelle contribution au développement rural du cercle de Mopti (Mali). *Leçons de géographie tropicale et subtropicale. Colloque organisée en l'honneur de P. Gourou, Nimègue, 27 Octobre 1988. Fac. der Beleidswetenschappen KUN, Publication Nr. 54: 23-38.*
- Jong, A. de & A. Harts-Broekhuis, 1989.  
Petits périmètres irrigués, une alternative ou un complément des rizères submersibles? *Cahiers d'Outre-Mer* 42: 271-292.
- Jurion, F. & J. Henry, 1967  
De l'agriculture itinérante à l'agriculture intensifiée. INEAC, Hors série, Bruxelles, Belgique, 498 p.
- Kang, B.T., 1989.  
Alley cropping/farming: background and general research issues. Paper presented at AFNETA inaugural meeting, IITA, Ibadan, Nigeria, August 1-3, 21p.
- Kang, B.T. & G.F. Wilson, 1987.  
La culture en couloirs: une technique agro-forestière pleine de promesses. Dans: H. Steppler & P. Nair (Eds.), *Agroforestry: a decade of development*, ICRAF, Nairobi, p. 227-243.
- Kassam A.H. & J.M. Kowal, 1975.  
Water use, energy balance and growth of gero millet at Samuru, Northern Nigeria. *Agric. Meteorology* 15: 333-342.
- Kassibo, B., 1988.  
Les pêcheurs du Delta Central: accès aux moyens de production par le biais du système d'encadrement. Dans INRZFH/ORSTOM, 1988. *Etudes halieutiques du Delta Central du Niger. Enquête statistique auprès des pêcheurs. Premiers résultats. Projet d'études halieutiques du Delta Central du Niger, Bamako, Mali, 7/1-7/23.*
- Keulen, H. van, J. Goudriaan & N.G. Seligman, 1988.  
Modelling the effects of nitrogen on canopy development and crop growth. Dans: G. Russel, B. Marshall & P.G. Jarvis (Eds.) *Plant canopies, their growth, form and function*. SEB, Seminar Series 31: 83-104. PIRT, 1983. *Les ressources terrestres au Mali. Volume III. Annexes. TAMS/USAID, Bamako.*
- King, J.M., 1983.  
Livestock water needs in pastoral Africa in relation to climate and forage. ILCA Research Report No. 7, ILCA, Addis Ababa, 94 p.
- Knoess, K.H., A.J. Makhudum, M. Rafiq & M. Hafeez, 1986.  
Milk production potential of the dromedary, with special reference to the province of Punjab, Pakistan. *World Animal Review* 57: 11-21.
- Kolff, H.E., 1983.  
Livestock production in Central Mali: Data on traditionally managed goat and sheep populations, a base for a comparative study between two types of collecting data. CIPEA, Bamako/Univ. Wageningen, Dept. of Tropical Animal Production, 21 p.

- Kolff, A.E., 1985.  
The use of donkeys as traction animal. Report on a 3 months research for the PEDI-project in Kya, Burkina Faso. Agric. Univ. Wageningen, Dept. of Tropical Animal Husbandry, 65 p. (in dutch).
- Kolff, H.E. & R.T. Wilson, 1983.  
Livestock production in Central Mali: smallholder sheep fattening, the "Mouton de Case". CIPEA, Doc. de Progr. No AZ 88b, 40 p.
- Kolff, H.E. & R.T. Wilson, 1985.  
Livestock production in Central Mali: the "Mouton de Case" system of smallholder sheep fattening. *Agricultural Systems* 6: 217-230.
- Koli, S.E., F.J. Bangura, A.I. Touré, G.C. Nyoka, D. Guindo, A.M. Dembele., 1983.  
Projet Régional de riz flottant et d'immersion profonde Mopti - Mali. Rapport de la campagne 1982. *Revue annuelle de la riziculture* 23-27/5 1983, Monrovia. 38 p.
- Konate, I.A. & M. Boiré, 1980.  
Commission technique des productions vivrières et oléagineuses. Sotuba 18-21 mars 1980. Cellule des essais multilocaux. Doc. No. 7. Ministère du Développement Rural, IER, Bamako, Mali, 27 p.
- Kuit, H.G., A. Traoré & R.T. Wilson, 1986.  
Livestock production in Central Mali: ownership, management and productivity of poultry in the traditional sector. *Tropical Animal Health and Production* 18: 222-231.
- Kurian, T., 1976.  
Effect of supplemental irrigation with sea water on growth and chemical composition of pearl millet. *Z. Pflanzen Physiologie* 79: 377-383.
- Lae, R., 1988.  
Analyse du système pêche dans le Delta Central du Niger: les intervenants, leurs modes de regroupements, leur répartition géographique. Dans INRZFH/ORSTOM, 1988. *Etudes halieutiques du Delta Central du Niger. Enquête statistique auprès des pêcheurs. Premiers résultats. Projet d'études halieutiques du Delta Central du Niger, Bamako, Mali, 4/1-4/37.*
- Lambert, C., 1983a.  
Influence de la précocité sur le développement du mil en conditions naturelles. I. Elaboration de la touffe. *Agronomie Tropicale* 38: 7-15.
- Lambert, C., 1983b.  
Influence de la précocité sur le développement du mil en conditions naturelles. II. Elaboration du rendement. *Agronomie Tropicale* 38: 16-26.
- Lambourne, L.J., 1985.  
Research in goat productivity in Tropical Africa. Dans: J.W. Copland (ed.), *Goat production and research in the tropics: Proc. of workshop, Univ. of Queensland, Australia, 6-8 February 1984. ACIAR Proc. Series No. 7: 53-65.*
- 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.
- Maiga, A.H., 1986.  
Rapport sur la campagne maraichères '84-85. Opération Mil Mopti, Division Production, Secteur de Développement Agricole, Douentza, 5 p.
- Marchand, M., 1987.  
The productivity of African floodplains. *Intern. J. Environmental Studies* 29: 210-211.
- Maréchal, R., J.M. Mascherpa & F. Stainier, 1978.  
Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genre *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera* vol. 28, Genève, 273 p.

- Martin, M.T., 1982.  
Food intake in two Bamabara villages in the Segou region of Mali. Msc. Thesis, Univ. of London, 42 p.
- Martin, M.T., 1985  
Design of a food intake study in two Bamabara villages in the Ségou region of Mali with preliminary findings. Dans: A.G. Hill (Ed.) Population, health and nutrition in the Sahel, 289-317.
- Mauboussin, J.-C., P. Laurent & G. Delafond, 1970.  
Les variétés d'arachides recommandées au Sénégal et leur emplois. Cahiers d'Agriculture Pratique des Pays Chauds 1970-2, 1-27. Supplément à Agronomie Tropical 25.
- Mbenque, N., 1987.  
Le développement de la culture attelée et ses contraintes dans la région de Diourbel (Sénégal). AKPO.SD, CNRA, Bambey.
- Messiaen, C.M., 1974.  
Le potager tropical. 1. Généralités. Presse Univ. de France. Collection Techniques vivantes, Section Agronomie Tropicale, Paris, 196 p.
- Messiaen, C.M., 1975a.  
Le potager tropical. 2. Cultures spéciales. Presse Univ. de France, Collection Techniques vivantes, Section Agronomie Tropicale, Paris, 186 p.
- Messiaen, C.M., 1975b.  
Le potager tropical. 3. Cultures spéciales. Presse Univ. de France, Collection Techniques vivantes, Section Agronomie Tropicale, Paris, 175 p.
- Moorehead, R., 1989.  
Comment on "Regenerating Bourgo" by D. Stiles. Haramata 6: 20-21.
- Morand, P., 1988.  
Méthodologie de traitement des données d'enquête. Dans INRZFH/ORSTOM, 1988. Etudes halieutiques du Delta Central du Niger. Enquête statistique auprès des pêcheurs. Premiers résultats. Projet d'études halieutiques du Delta Central du Niger, Bamako, Mali, 3/1-3/10.
- Mungroop, R.R., 1989.  
Dressage des jeunes bovins en culture attelée. Guide pratique d'un stage de 21 jours. IER/CMDT/KIT, 62 p.
- Munzinger, P., 1982.  
La traction animale en Afrique. GTZ, Eschborn, 490 p.
- Nair, P., 1984.  
Soil productivity aspects of agroforestry. Dans: Science and practice of agroforestry. ICRAF, Nairobi, 85 p.
- Nambiar, P.T.C., M.R. Rao, M.S. Reddy, C.N. Floyd, P.J. Dart & R.W. Willey, 1983.  
Effect of intercropping on nodulation by groundnut. Expl. Agric. 19, 79-86.
- Navasero, N.C., R.C. Bautista & R.M. Lantin, 1986.  
Tools and implements for rice farming. Dans: The wetlands and rice in sub-saharan Africa. A.S.R. Juo & J.A. Lowe (Eds.), Proc. Intern. Conf. on wetland utilization for rice production in subsaharan Africa, 4-8 November 1985, Ibadan, Nigeria, 239-247.
- Nijhof, K., 1987.  
The concentrations of macro-elements in economic products and residues of (sub)tropical field crops. Working Paper SOW 87-08, SOW, Wageningen, 52 p.
- Norman, D.W., 1975.  
Rationalising mixed cropping under indigenous conditions: the example of Northern Nigeria. Samaru Research Bulletin No 232, 21 p.
- OMM, 1988.  
Enquêtes agricoles: campagne 1987/1988. OMM, Division Etudes - Evaluation & Planification, OMM, Mopti, 20 p.

- ORM, 1979.  
Note de service No. 712. Descriptif sommaire des infrastructures hydro-agricoles (avant PAPE); descriptif sommaire des infrastructures hydro-agricoles (après PAPE), 4 p.
- ORM, 1988a.  
PPIV de Dagawomina, Campagne contre saison 87-88. 13 p.
- ORM, 1988b.  
Analyse de la campagne de saison. PPIV de Dagawomina 88-89. 14 p.
- ORM, 1989a.  
Rapport d'évaluation PPIV de Tongorongo, culture de saison 88-89. 12 p.
- ORM, 1989b.  
Fiche de renseignements sur le PPIV de Tongorongo. 5 p.
- ORM, 1989c.  
Fiche de renseignements sur le PPIV de Kouna. 4 p.
- ORM, 1989d.  
Fiche de renseignements sur le PPIV de Sare Mala. 4 p.
- ORM, 1989e.  
Fiche de renseignements sur le PPIV de Medine. 4 p.
- ORM, 1989f.  
Fiche de renseignements sur le PPIV de Neima. 4 p.
- ORM, 1989g.  
Fiche de renseignements sur le PPIV de Dagawoma. 5 p.
- Pandey, R.K., W.R.T. Herrera, A.N. Villegas & J.W. Pendleton, 1984a.  
Drought response of grain legumes under irrigation gradient. 1. Yield and yield components. *Agronomy Journal* 76, 549-553.
- Pandey, R.K., W.R.T. Herrera, A.N. Villegas & J.W. Pendleton, 1984b.  
Drought response of grain legumes under irrigation gradient. 2. Plant water status and canopy temperature. *Agronomy Journal* 76, 553-557.
- Pandey, R.K., W.R.T. Herrera, A.N. Villegas & J.W. Pendleton, 1984c.  
Drought response of grain legumes under irrigation gradient. 3. Plant growth. *Agronomy Journal* 76, 557-560.
- Penning de Vries, F.W.T., 1982.  
La fertilisation et l'irrigation. Dans: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitéye (Eds.), p. 425-433.
- Penning de Vries, F.W.T. & M.A. Djitéye (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.
- Penning de Vries, F.W.T. & H.H. van Laar, 1982.  
Simulation of growth processes and the model BACROS. Dans: Simulation of plant growth and crop production. *Simulation Monographs*, PUDOC, Wageningen, p. 114-131.
- Pernes, J., E. Nguyen Van, M. Beninga & J. Belliard, 1980.  
Analyse des relations génétiques entre formes spontanées et cultivées chez le mil à chandelle. II. Etude de 3 familles F2 issues d'hybrides entre une plante d'un écotype de *P.mollissimum Hochst* et 3 lignées de mil cultivé *P.americanum (L.) Leake*. *Ann. Amélior. Plantes* 30: 253-269.
- Piéri, C., 1971.  
Le point sur les essais de fertilisation des céréales de culture sèche réalisées au Mali de 1954 à 1970. Agence IRAT-Mali, IRAT, Paris, France, 50 p.
- Piéri, C., 1973.  
La fumure des céréales de culture sèche au République du Mali. Premier essai de synthèse. *Agronomie Tropical* 28, 751-766.
- Piéri, C., 1976.  
L'acidification d'un sol dior cultivé au Sénégal et des conséquences agronomiques. *Agronomie Tropical* 31, 245-253.

- Piéri, C., 1985.  
Bilans minéraux des systèmes de cultures pluviales en zones arides et semi-arides. *Agronomie Tropical* 40, 1-20.
- Piéri, C., 1986.  
Fertilisation des cultures vivrières et fertilité des sols en agriculture paysanne subsaharienne. *Agronomie Tropical* 41, 1-20.
- 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.
- PIRT, 1983.  
Les ressources terrestres au Mali. Volume III. Annexes. TAMS/USAID, Bamako.
- PIRT, 1984.  
Les ressources terrestres au Mali. La Région de Mopti. Séminaire de diffusion des résultats du PIRT, Publication no. 0011, Bamako, 68 p.
- PIRT, 1986.  
Zônage agro-écologique du Mali, volume 1. Bamako, 151 p. + cartes.
- PIRT, 1987a.  
Zônage agro-écologique du Mali, volume 2 (terres d'accueil). Bamako, 12 p. + cartes.
- PIRT, 1987b.  
Zônage agro-écologique du Mali, volume 3 (Évaluation des zones agro-écologiques). Bamako, 17 p.
- PIRT, 1989.  
Étude et cartographie actualisées des ressources terrestres et de l'utilisation actuelle des terres en zone ESPR. Rapport final, Bamako, 92 p. + annexes.
- Portères, R., 1949.  
Les plantes indicatrices du niveau de fertilité du complexe cultural édapho-climatique en Afrique tropicale. *Bull. Agric. Congo Belge*, 40: 735-748.
- Portères, R., 1955a.  
Les céréales mineures du genre *Digitaria* en Afrique et en Europe (début). *Journal d'Agric. Tropicale et de Botanique Appliquée* 11: 349-386.
- Portères, R., 1955b.  
Les céréales mineures du genre *Digitaria* en Afrique et en Europe (suite). *Journal d'Agric. Tropicale et de Botanique Appliquée* 11: 477-510.
- Portères, R., 1955c.  
Les céréales mineures du genre *Digitaria* en Afrique et en Europe (suite et fin). *Journal d'Agric. Tropicale et de Botanique Appliquée* 11: 620-675.
- Purseglove, J.W., 1975. *Tropical crops, monocotyledons*. Longman, London, 607 p.
- Poulain, J.F., 1976.  
Amélioration de la fertilité des sols agricoles du Mali. Bilan de treize années de travaux (1962-1974). *Agronomie Tropical* 31, 403-416.
- Purseglove, J.W., 1974.  
*Tropical crops, dicotyledons*. Longman, London, 719 pp.
- Purseglove, J.W., 1975.  
*Tropical crops, monocotyledons*. Longman, London, 607 p.
- Quilfen, J.P. & P. Milleville, 1983.  
Résidus de culture et fumure animale: un aspect des relations agriculture-élevage dans le nord de la Haute-Volta. *Agronomie Tropicale* 38: 206-212.
- Rachie, K.O., J.V. Majmudar, 1980.  
Pearl millet. Pennsylvania State Univ. Press, 307 p.
- Rao, M.R. & R.W. Willey, 1980.  
Preliminary studies of intercropping combinations based on pigeon pea or sorghum. *Exp. Agriculture* 16: 29-39.

- Rassel, A., 1958.  
Le mil à chandelles (*Pennisetum typhoides* Burm.) et sa culture au Kwango. Bull. Agricole du Congo Belge 4: 1-22.
- Reddy, M.S. & R.W. Willey, 1981.  
Growth and resource use studies in an intercrop of pearl millet/groundnut. Field Crops Research 4, 13-24.
- Reynolds, L., A. Atta-Krah & P. Francis, 1989.  
L'agriculture en couloirs et l'élevage: directives. CIPEA, Ibadan, Nigéria, 35 p.
- RFMC, 1980.  
Mémento de l'agronome. Paris, 1600 p.
- Rice, R.P., L.W. Rice & H.D. Tindall, 1986.  
Fruit and vegetable production in Africa. Macmillan Publ., 371 p.
- Richard, D., 1989a.  
Engestibilité et digestibilité des aliments par le dromedaire. Options Méditerranéennes 2: 55-59.
- Richard, D., 1989b.  
Connaissance actuelle sur les besoins et recommandations nutritionnelles pour les dromedaires. Options Méditerranéennes 2: 181-184.
- RIM, 1987.  
Un Réfugé dans le Sahel. Le cheptel et les systèmes de production dans la cinquième Région au Mali: Une évaluation rapide des ressources actuelles par une étude aérienne à basse altitude et des études complémentaires sur le terrain. RIM, Yersey, UK, 115 p.
- Roth, M.J., 1986.  
Economic evaluation of agricultural policy in Burkina Faso: A sectoral modelling approach. Dissertation Purdue Univ., 515 p.
- SAFGRAD-Mali, 1981.  
Projet SAFGRAD au Mali. Rapport de la campagne 1980. Ministère de l'Agriculture, IER, DRA, SRCVO, Bamako, Mali, 44 p.
- Samaké, B.N., B. Nimaga, S. Smaké, K. Koné, A. Kodio & P. Rossier, 1986.  
Rapport de campagne au Mali pour 1986. Projet CILSS/FAO. Développement des cultures fourragères et améliorations en zone Soudano-Sahélienne. 48 p.
- Sangaré, 1989.  
Les systèmes d'élevages. ESPR, 61 p.
- Sansoucy, R., 1986.  
Manufacture of molasses-urea blocks. World Animal Review 57: 40-48.
- Schreurs, W., 1989.  
Yield of broadcast and transplanted *Oryza glaberrima* floating rice. IRRI Newsletter 14(4): 28-29.
- Siband, P., 1981.  
Croissance, nutrition et production du mil, essai d'analyse du fonctionnement du mil en zone Sahélienne. Thèse de doctorat, Montpellier, 302 p.
- Sidibé, B. & H.H. Vuong, 1980.  
Niébé. 1. Essai de protection chimique. 2. Inventaire des maladies. 3. Résultats de l'inventaire des ravageurs du niébé. Commission Technique des Productions Vivrières et Oléagineuses, Sotuba 18- 21 mars 1980, Document No 6, Cellule de Défense des Cultures, Résultats de la campagne 1979, Ministère du Développement Rural, IER, DRA, SRCVO, Bamako, Mali, 52-58.
- Sinha, S.K., 1980.  
Légumineuses alimentaires: répartition, adaptabilité, biologie et rendement. FAO, Etude FAO Production Végétale et Protection des plantes No. 3, FAO, Rome, 148 p.
- Skerman, P.J., D.G. Cameron & F. Riveros, 1988.  
Tropical forage legumes. Second edition. FAO, Rome, 692 p.

- Sohail, M.A., 1983.  
The role of the arabian camel (*Camelis dromedarius*) in animal production. World Review of Animal Production 19: 37-40.
- Spitters, C.J.T., 1980.  
Competition effects within mixed stands. Dans: R.G. Hurd *et al.* (Eds.), Opportunities for increasing crop yields, p. 219-231.
- Spitters, C.J.T., 1983a.  
An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. Part 1. Estimation of competition effects. Neth. J. Agric. Sci. 31, 1-11.
- Spitters, C.J.T., 1983b.  
An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. Part 2. Marketable yield. Neth. J. Agric. Sci. 31, 143-155.
- SRCVO, 1980.  
Cellule de défense des cultures. Résultats de la campagne 1979. Commission Technique des Productions Vivrières et Oléagineuses, Doc. No 6, SRCVO, DRA, IER. Bamoko, Mali, 68 p.
- SRCVO, 1988.  
Amélioration des cultures mineures. Document No 3-7, Comm. Technique des Productions Vivrières et Oléagineuses, Bamako, 13 p.
- SRCVO, 1989.  
Amélioration variétale des cultures mineures et des plantes à tubercule. Document No 3-6, Comm. Technique des Productions Vivrières et Oléagineuses, Bamako, 11 p.
- Steiner, K.G., 1985.  
Cultures associés dans les petites exploitations agricoles en particulier en Afrique de l'Ouest. GTZ, Eschborn, RFA, 347 p.
- Stiles, D., 1987.  
Camel versus cattle pastoralism: stopping desert spread. Desertification Control Bull. 14: 15-21.
- Stiles, D., 1989a.  
Regenerating Bourgo. Haramata 5: 16-17.
- Stiles, D., 1989b.  
Reply to comment of Moorehead. Haramata 6: 21.
- Stoop, W.A. & C.M. Pattanayak, 1979. The ICRISAT cooperative program in Upper Volta. Int. Symp. on development and transfer of technology for rain-fed agriculture and the SAT farmer. ICRISAT, 16 p.
- Summerfield, R.J., P.J. Dart, P.A. Huxley, A.R.J. Eaglesham, F.R. Minchin & J.M. Day, 1977.  
Nitrogen nutrition of cowpea (*Vigna unguiculata*). 1. Effect of applied nitrogen and symbiotic nitrogen fixation on growth and seed yield. Experimental Agriculture 13, 129-142.
- Technisem, 1987.  
Liste descriptive des variétés de légumes pour la zone tropicale. Technisem, Morangis, France, 17 p.
- Technisem, 1986.  
Liste descriptive des variétés de légumes pour la zone tropicale. Technisem, Morangis, France, 23 p.
- Terra, G.J.A., 1973.  
Tropical vegetables. Royal Tropical Institute (KIT), Dept. of Agric. Research, Comm. No. 54, 112 p.
- Thibout, F. & B. Kéita, 1978.  
Commission technique des productions vivrières et oléagineuses, Sotuba 21-23 mars 1978, Cellule d'agropédologie. Document No. 1. Ministère du Développement Rural, D.R.A., Bamako, Mali, 17 p.
- Tindall, H.D., 1968.  
Commercial vegetable growing. Oxford Univ. Press., London, 300 p.

- Tourte, R., 1963.  
Réflexion sur l'assolement. L'exemple de la zone arachide-mil du Sénégal. *Agronomie Tropicale* 18, 167-184.
- Traoré, G., 1978.  
Evolution de la disponibilité et de la qualité de fourrage au cours de la transhumance de Diafarabé. Thèse de Doctorat, Centre Pédagogique Supérieur, Bamako, 87 p.
- Vallee, G., 1980.  
Utilisation des techniques culturales dans la lutte contre le riz suavage annuel (*O. Barthi*) dans la boucle du Niger (Mali). *Agronomie Tropicale* 35: 54-57.
- Vallée, G. & T. Coulibaly, 1978.  
Commission technique des productions vivrières et oléagineuses, Sotuba 21-23 mars 1978, Cellule techniques culturales. Document No. 2. Ministère du Développement Rural, D.R.A., Bamako, Mali, 15 p.
- Van Damme, P.L., 1986.  
Comportement de deux aubergines africaines (*Solanum aethiopicum* et *S. macrocarpon*) dans la vallée du fleuve Sénégal. *Agronomie Tropicale* 41: 218-230.
- Van Den Abeele, M. & R. Vandenput, 1956.  
Les principales cultures de Congo Belge. Publ. de la Direction de l'Agriculture, des Forêts et de l'Elevage, Bruxelles, 932 p.
- 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, 64 p. [62 p.].
- Veeneklaas, F.R., S. Cissé, P.A. Gosseye, N. van Duivenbooden & H. van Keulen, 1990.  
Compétition pour des ressources limitées: le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 4. Scénarios 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. annexes.
- Viguié, P., 1937.  
La riziculture indigène au Soudan Français. Première partie. *Annales Agric. Afrique Occidentale Française* 1: 287-326.
- Viguié, P., 1938a.  
La riziculture indigène au Soudan Français. Deuxième partie. *Annales Agric. Afrique Occidentale Française* 2: 31-89.
- Viguié, P., 1938b.  
La riziculture indigène au Soudan Français. Troisième partie. *Annales Agric. Afrique Occidentale Française* 2: 123-154.
- Wagenaar, K.T., A. Diallo & A.R. Sayers, 1985.  
Productivity of transhumant soudanese fulani cattle in the Niger Inner Delta in Mali. ILCA, Addis Abbeba. 56 p.
- Wennink, E., 1988.  
Quelques aspects économiques de la construction des parcs de stabulation en poteaux de bois. Rapport DRSPR, 7 p.
- Westphal, E., 1974.  
Pulses in Ethiopia, their taxonomy and agricultural significance. Belmontia, New Series vol. 3, Pudoc, Wageningen, Agric. Research Reports 815: 263 p.
- Wien, H.C. & R.J. Summerfield, 1984.  
Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.). Dans Goldsworthy & Fisher (Eds.), *The physiology of tropical field crops*, John Wiley and Sons Ltd., Interscience Publication, 353- 383.

- Williamson, G. & W.J.A. Payne, 1978.  
An introduction to animal husbandry in the tropics. Longman, London, 755 p.
- Wilson, R.T., 1983.  
Husbandry, nutrition and productivity of goats and sheep in tropical Africa. Dans: R.M. Gatenby & J.C.M. Trail (Eds.), Small ruminant breed productivity in Africa. Proc. of a seminar, ILCA, Addis Ababa, October, 1982, 61-75.
- Wilson, R.T., 1984.  
The Camel. Longman, London, 223 p.
- Wilson, R.T., 1986.  
Livestock production in Central Mali: Long-term studies on cattle and small ruminants in the agropastoral system. ILCA Bulletin 14, ILCA, Addis Ababa, 111 p.
- Wilson, R.T., P.N. de Leeuw & C. de Haan (Eds.), 1983.  
Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali: résultats préliminaires. CIPEA rapport de recherche no. 5. ILCA, Addis Ababa. 189 p.
- Wilson, R.T., A. Traoré, H.G. Kuit & M. Slingerland, 1987.  
Livestock production in Central Mali: reproduction, growth and mortality of domestic fowl under traditional management. Tropical Animal Health and Production 19: 229-236.
- Wit, C.T. de, 1960.  
On competition. Agric. Research Reports No. 66.8, PUDOC, Wageningen, 82 p.
- Wit, C.T. de & J.P. van den Bergh, 1965.  
Competition between herbage plants. Neth. J. of Agric. Sci. 13: 212-221.
- Wit, C.T. de, P.G. Tow & G.C. Ennik, 1966.  
Competition between legumes and grasses. Agric. Research Reports No. 687, PUDOC, Wageningen, 30 p.
- WIP, 1980a.  
Développement intégré de l'élevage et de l'agriculture en Zone Lacustre, Mali. Etude de factibilité élaborée dans le cadre de la coopération technique allemande. Projet 79.2024.2-03.100/1300. Tome 1: La région du projet. 135 p.
- WIP, 1980b.  
Développement intégré de l'élevage et de l'agriculture en Zone Lacustre, Mali. Etude de factibilité élaborée dans le cadre de la coopération technique allemande. Projet 79.2024.2-03.100/1300. Tome 2: Le projet. 167 p.
- Yagil, R., 1985.  
The desert camel, Comparative Physiological Adaptation. Comparative Animal Nutrition Vol 5., Karger, Basel, 163 p.
- Yagil, R., 1986.  
The camel, self sufficiency in animal protein in drought-stricken areas. World Animal Review 57: 2-10.
- Yamaguchi, M., 1983.  
World vegetables. Principles, production and nutritive values. AVI Publ. Comp., Westport, Connecticut, 415 p.
- Zemmelink, G., 1980.  
Effect of selective consumption on voluntary intake and digestibility of tropical forages. Agric. Res. Report 896, Pudoc, Wageningen, 100 p.

## ANNEXES



## ANNEXE 1. COUTS DES DIVERS INTRANTS

### A1.1 Matériel

Les prix d'achat du gros et du petit matériel sont indiqués dans les tableaux A1.1 et A1.2. Il est impossible de calculer les taux d'amortissement exacts du petit matériel pour les différentes techniques, par manque d'informations détaillées.

Tableau A1.1. Prix d'achat du gros matériel (FCFA), prix et longévité utilisés dans le modèle-PL.

MATERIEL	PRIX D'ACHAT	SOURCE	PRIX UTILISE	LONGEVITE
<i>Charrues</i>				
<i>mil, techniques extensive</i>				
Charrue à mil	40 000	1		
	50 000	3		
	25-35 000	9		
fabrication locale	12-15 000	9		
Charrue à 1 roue	40 000	7		
Charrue à 2 roues	65 000	7		
Charrue Bourguignon	28 130	5		
Charrue à asine	15 000	7		
Charrue Bajac	32 000	4	50 000	5
<i>riz &amp; mil, techniques intensives</i>				
Charrue à riz	65 000	1		
	63 000	4		
à Segou	40 000	2		
à Mopti	85 000	2		
à l'ORM	67 000	2		
Charrue B2	67 000	2	70 000	5
Herse	20 000	2	20 000	5
Semoir	31 000	4	40 000 <sup>a)</sup>	5
Chaînes	3 000	1	3 000	5
Charette à traction asine	75 000	1	80 000	10
Char à traction bovine (4 roues)	68 000	4	70 000	10
Pulverisateur	19 100	4		
	30 000	6	30 000	5
Pirocque	187 500	8	190 000	7.5

<sup>a)</sup> augmenté pour compenser les différences de qualité.

Sources: 1: van Duivenbouden, com. pers. après consultation de plusieurs magasins à Mopti, 2: ORM, comm. pers.; 3: INRZFH & ORSTOM, 1988; 4: PIRT, 1983b; 5: OMM, 1987; 6: Traoré du Bureau d'Assistance Technique, com. pers.; 7: de Frahan & Diarra, 1987; 8: Gosseye, comm. pers.

Tableau A1.2. Petit matériel de base des paysans, prix d'achat [FCFA] et longévité.

MATERIEL	PRIX D'ACHAT	LONGEVITE
Bineuse ('Dabah')	1500	4
Bineuse ('Faloh')	750	4
Hache	750	10
Faucille	500	0
Couteau à mil	100	3
Couteau	150	3

Source: van Duivenbooden, comm. pers. après consultation de plusieurs magasins à Mopti.

## A1.2 Engrais minéraux

Le prix d'achat des engrais minéraux appliqué dans le modèle-PL, est celui d'une politique de marché non subventionnée, vu que les prix subventionnés varient suivant les endroits. Par exemple, l'urée coûte 134 FCFA  $\text{kg}^{-1}$  à la CMDT, alors qu'elle coûte 149 FCFA  $\text{kg}^{-1}$  à l'ODIPAC (en mai 1990, van der Heijden, com. pers.). Dans la définition des prix non-subventionnés, une option a cependant été maintenue: le calcul de l'effet des subventions sur l'utilisation des engrais. Dans cette étude, les prix appliqués sont ceux définis pour l'azote, le phosphore et le potassium, et non celui des engrais composés.

Le prix d'achat de l'urée non subventionnée (46% d'azote) est de 205 FCFA  $\text{kg}^{-1}$  (Samou, ORM, com. pers.), soit l'équivalent de 450 FCFA  $\text{kg}^{-1}$  pour l'azote. La comparaison entre les prix des engrais, aussi bien en provenance d'Europe que d'Afrique de l'Ouest (e.g. Gosseye, 1981; Gosseye & le Houérou, 1979; Gosseye *et al.*, 1979) indique que le rapport azote/potassium est de 1 environ. En conséquence, le prix d'achat du potassium a été fixé au même niveau que celui de l'azote.

Le phosphore est généralement appliqué dans les champs sous la forme d'engrais composés, en combinaison avec l'azote, le potassium, le calcium, le soufre, etc. En se basant sur les prix de l'urée et du superphosphate simple prévalant, le rapport de prix du phosphore et de l'azote est d'environ 1:2.8. En conséquence, un prix de 1 245 FCFA  $\text{kg}^{-1}$  est appliqué pour le phosphore dans le modèle-PL.

## ANNEXE 2. RIZ

### A2.1 Compléments sur les rendements et les superficies

Ces tableaux font partie du chapitre 3.

Table A2.1. Rendement du riz flottant *O. glaberrima* [kg ha<sup>-1</sup>].

VARIETE	REND.	MIN-MAX	NO.	REMARQUES	REFERENCE
Dembu	2 400	700-4 400	19		Schreurs, 1989
Jinga	2 400	2 300-2 400	5		Schreurs, 1989
Kossa	1 200		1		Schreurs, 1989
Mogo	1 250		1	1968	Bidaux, 1971
	3 220		1	1967	Bidaux, 1971
	3 000	1 250-4 420	3	1966	Bidaux, 1971
	3 000		1	1965	Bono & Marc.'66
?	1 195		5	meilleurs parcelles des paysans	ADRAO, 1985
?	495		1		ADRAO, 1985
	2 210	MOYENNE PONDEREE (n = 37)			

Tableau A2.2. Zone des casiers de l'ORM situés dans la Région après application du PAPE et superficies cultivables de chaque casier [ha], CP = casier pastoral, PPIV = petits périmètres irrigués villageois.

ZONE	CASIER	SUPERFICIE CULTIVABLE	SUPERFICIE DE PPIV	SUPERFICIE NETTE
Mopti	Diambacourou	1 005	0	1 005
Nord	Ouro-Néma	3 350	0	3 350
	Tiroguel	845	20	825
	Karbaye	(710) CP	0	CP
	Mopti Nord			
	Tongorongou	3 765	41	3 724
	Mopti Nord			
	Sévaré	1 985	0	1 985
	<i>total partiel</i>	10 950	61	10 889
Mopti	Mopti Sud-Tibo	1 956	0	1 956
Sud	Mopti Sud			
	Périmpé	2 100	0	2 100
	Souroufoulaye	2 240	0	2 240
	Souroufoulaye			
	Diaby	CP (900)	0	CP
	Torokoro-Kouna	1 620	20	1 603
	Saré Mala	2 460	47	2 414
	Ibétémi	CP (300)	0	CP
	<i>total partiel</i>	10 376	67	10 309
Sofara	Sofara	675	0	675
	Sarantomo-Syn	2 315	0	2 315
	Bougoula	2 470	0	2 470
	<i>total partiel</i>	5 460	0	5 460
Diaka	Ténenkou	4 600	0	4 600
	Dia	1 770	0	1 770
	<i>total partiel</i>	6 370	0	6 370
TOTAL		33 156	128	33 128

Sources: ORM, 1979; rapport 1, chapitre 5.

Tableau A2.3. Rapport surface semée sur surface rizicultivable [%], rapport surface récolté sur semée [%] et rendement des carrés de rendement [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]. Les valeurs sont pour tous l'ORM, zones et casiers confondus. CL = Classification: S = année sèche et N = année normale.

AN	CL	SEMEE/CULTIVABLE		RECOLTE/SEMEE		RENDEMENT	
		SECHE	NORMALE	SECHE	NORMALE	SECHE	NORMALE
1972/73	S	55.3		33.2		899	
1973/74	N		48.4		45.4		931
1974/75	N		50.1		86.3		1 618
1975/76	N		58.1		79.0		1 452
1976/77	N		66.0		81.6		1 818
1977/78	N		68.0		71.1		1 243
1978/79	N		65.0		75.4		1 146
1979/80	N		56.4		76.6		1 080
1980/81	N		47.6		81.8		1 080
1981/82	N		62.0		71.0		1 048
1982/83	S	63.2		10.3		729	
1983/84	S	70.2		13.1		1 500	
1984/85	S	67.4		0.0		0	
1985/86	N		66.7		73.7		1 424
1986/87	S	58.7		35.9		742	
1987/88	S	57.0		5.6		718	
1988/89	N		50.8		77.1		1 285
MOYENNE		62.0	58.1	16.4	74.5	765	1 284

Source: rapport 1, chapitre 5.

Tableau A2.4. Rendement du riz de casier sur les sites de la station expérimentale et chez des paysans [kg ha<sup>-1</sup>]. HWL = Zone d'immersion profonde; MWL = immersion moyenne; LWL = immersion faible; NF = sans fumure; WF = avec fumure.

VARIETE	ADRAO		No	PAYSANS/AUTRES		No	REMAR- QUES
	moyenne	min-max		moyenne	min-max		
Khao Gaew				1 884	542-4 000	26	
Khao Gaew	3 084	1 620-4 269	47				HWL-WF
Khao Gaew	2 307	1 288-3 129	6				HWL-NF
Khao Gaew	2 146	1 080-3 638	49				HWL-?
Khao Gaew	2 693	1 544-3 250	11				MWL-WF
Khao Gaew	1 954	1 613-2 294	2				MWL-NF
Khao Gaew	2 949	2 032-3 948	5				MWL-?
Khao Gaew	1 942		1				LWL-?
Khao Gaew	2 208	864-3 361	36				? -WF
Khao Gaew	1 290	736-1 708	5				? -NF
Khao Gaew	2 433	1 159-4 500	36				? ?
	2 463	MOYENNE PONDEREE (N= 198)					
FRRS-43-3				2 323	1 812-3 334	5	
FRRS-43-3	3 186	2 835-3 281	4				HWL-WF
FRRS-43-3	2 673		1				HWL-NF
FRRS-43-3	3 000	2 348-4 054	4				HWL-?
FRRS-43-3	3 540	3 397-3 616	3				MWL-WF
FRRS-43-3	2 808		1				MWL-NF
	3 142	MOYENNE PONDEREE (N= 13)					
D52-37				2 439	440-3 800	6	
D52-37	2 438	2 098-2 777	2				MWL-WF
D52-37	5 327		1				MWL-?
D52-37	3 233	2 301-4 059	3				LWL-WF
D52-37	5 071		1				LWL-?
D52-37	4 250	2 500-4 500	2				? -?
	3 719	MOYENNE PONDEREE (N = 9)					

.../...

Tableau A2.4. Suite.

VARIETE	ADRAO			PAYSANS/AUTRES			REMAR- QUES
	moyenne	min-max	No	moyenne	min-max	No	
DM16				2 544	630-4 147	78	
DM16	2 764	1 409-3 580	9				HWL-WF
DM16	1 977		1				HWL-NF
DM16	3 355	1 415-4 465	13				HWL-?
DM16	3 178	2 325-3 870	9				MWL-WF
DM16	2 883		1				MWL-NF
DM16	2 972	2 097-3 685	7				MWL-?
DM16	3 825	3 756-3 894	2				LWL-WF
DM16	2 414	1 315-3 755	10				LWL-?
	2 972	MOYENNE PONDEREE (N = 10)					
BH2				2 110	512-3 854	41	
BH2	1 667	1 198-2 208	8				HWL-WF
BH2	1 077		1				HWL-NF
BH2	2 842	2 180-3 503	2				HWL-?
BH2	2 696	1 697-3 487	20				MWL-WF
BH2	2 561	1 900-3 221	2				MWL-NF
BH2	2 944	1 708-3 736	3				MWL-?
BH2	3 369	2 476-3 954	3				LWL-WF
BH2	3 029	2 158-3 865	7				LWL-?
BH2	2 027	1 061-5 000	11				? -?
	2 484	MOYENNE PONDEREE (N = 57)					

Sources: Bidaux, 1971; ADRAO, 1980; 1982; 1985; 1986; Gosseye, 1982);  
Koli et al., 1983; van Duivenbooden, 1990c.

Tableau A2.5. Superficie totale des périmètres irrigués villageois dans la Région<sup>a</sup> (valeur entre parathèses pas utilisée).

NOM	REMARQUES	SUPERFICIE TOTALE <sup>b</sup>
DELTA CENTRAL		
Dagawomina	dans casier ORM	20
Déra		2
Kaléssourou		5
Kaniéou		25. (20, 13)
Komio		40. (30, 25)
Konna		7
Kouakourou		28
Kouna	dans casier ORM	20. (17)
Médine	dans casier ORM	21
Néma	dans casier ORM	27
Ouro-Modi		15
Saba 1		17
Saba 2		18
Sahona		13
Saré-Mala		20. (19)
Séné		?
Ténenkou		?
Tongoroungou	dans casier ORM	20
Toguéré		7
Wagnoka		18
	<i>total partiel</i>	323
ZONE LACUSTRE		
Ambiry		40
Deyboita		11
Owa		20
Sah		20
Seybi		20
	<i>total partiel</i>	111
TOTAL		434

Sources: GR Mopti, 1988; Dansoko & Kassibo, 1989; ORM, com. pers.

<sup>a</sup>) Superficies planifiées par le FED non comprises.

<sup>b</sup>) Superficies cultivées = 0.9 fois la superficie totale.

Tableau A2.6. Rendement du riz irrigué sur les sites paysans [kg ha<sup>-1</sup>].

VARIETE	MOYENNE	MIN-MAX	No	REMARQUES	REFERENCES
non-spécifié	4 936	3 648-5 766	6	saison sèche	ORM, 1988a
non-spécifié	450*		1	saison sèche	de Jong & Harts- Broekhuis, 1989
non-spécifié	5 060		1	saison sèche	ORM, 1989g
non-spécifié	4 081		1	saison sèche	ORM, 1989g
non-spécifié	1 522	1 433-1 610	2	saison sèche	ORM, 1989f
non-spécifié	5 579		1	saison sèche	ORM, 1989e
non-spécifié	6 090		1	saison sèche	ORM, 1989d
non-spécifié	6 172		1	saison sèche	ORM, 1989c
non-spécifié	4 991		1	saison sèche	ORM, 1989b
	4 617	MOYENNE PONDEREE (n = 14)			
non-spécifié	3 456		1	première saison	ORM, 1989f
non-spécifié	4 161	1 662-6800	11	saison de pluie	ORM, 1989a
non-spécifié	4 200	3 624-4 760	10	saison de pluie	ORM, 1988b
IR 1529	3 440	2 667-4 110	4	saison de pluie	ESPR, 1988c
non-spécifié	4 733	3 000-5 700	3	saison de pluie	de Jong & Harts- Broekhuis, 1989
	4 100	MOYENNE PONDEREE (n = 29)			
	4 275	MOYENNE PONDEREE (n = 43)			

\* n'entre pas en ligne de compte pour le calcul de la moyenne pondérée.

## ANNEXE 3. NIEBE

### A3.1 Cultures en couloir

La culture en couloir est un système agro-sylvo-pastoral c'est-à-dire que c'est un système qui cherche à intégrer la culture, l'élevage et la sylviculture. Les buts de la culture en couloir sont:

1. lutter contre la dégradation des sols (érosion physique et chimique) sous l'influence des cultures itinérantes et donc fixer les cultures selon un système soutenable (durable);
2. fournir du fourrage de qualité en saison sèche;
3. fournir du bois.

Ces buts sont atteints par l'introduction de légumineuses ligneuses en rangées dans les champs. Lors des saisons de croissance des cultures, ces ligneux sont régulièrement émondés et les branches feuillées sont étalées sur le sol (paillage ou mulching). En fin de saison de croissance des cultures, ces ligneux ne sont plus émondés et les branches feuillées sont laissées sur les arbres et servent de fourrage lors de la saison sèche. Les branches séchées sur le sol servent comme bois de chauffe.

La restauration de la fertilité des sols se ferait:

1. par la fixation de l'azote par la légumineuse;
2. par le transport des éléments minéraux via le mulching qui agit directement en libérant des éléments minéraux en surface du sol où se trouve la majorité des racines des céréales et indirectement par son apport de matière organique qui améliore les propriétés chimiques et physiques;
3. par l'amélioration du bilan hydrique via le mulching qui agit directement en diminuant l'évaporation du sol et qui agit indirectement par sa matière organique qui améliore les propriétés physiques, et donc hydriques du sol; de plus, si ces légumineuses ligneuses sont pâturées directement, il y a apport supplémentaire de fumier qui agit par ses propriétés chimiques et physiques.

Le but de restauration de la fertilité des sols nécessite:

1. de trouver un ou des cultivars (variétés) d'espèces de légumineuse ligneuse qui soient adaptés à la zone agro-écologique où ils seront introduits et qui soient adaptés au sol où ils seront implantés;
2. que ces ligneux adaptés soient d'implantation facile: si possible par semis directement en place et si possible ne pas nécessiter des inoculations de rhizobium, ce qui est actuellement une technique peu accessible aux paysans;
3. que ces ligneux doivent être de croissance rapide et supporter l'émondage lors des cultures, le rythme d'émondage étant à préciser;
4. de résoudre le problème de géométrie spatiale de l'ensemble qui minimiserait la compétition intraspécifique entre le ligneux et la culture (céréale); autrement dit, il faut mettre au point le mode d'implantation et le mode de conduite du système.

Ce premier but amène cependant des remarques:

1. par l'apport d'azote suite à la fixation, il pourrait y avoir, la ou les premières années, un effect de pseudofumure; c'est-à-dire que l'apport d'azote permet de mieux exploiter les autres minéraux mais accélère leur consommation et donc l'épuisement des sols; pour que le système soit réellement durable, il faut veiller à ce que l'apport d'azote par la fixation soit équilibré par l'apport externe des autres éléments minéraux; il semble admis que lors de l'installation d'un tel système une fumure ternaire soit nécessaire, surtout sur les sols naturellement carencés;
2. l'apport de fumier supplémentaire, qui se ferait par les animaux venant brouter le fourrage vert sur pied en saison sèche, participe au transfert de fertilité;
3. lorsqu'un système est mis au point pour une zone agro-écologique donnée et un type de sol donné, il y a, à long terme, des modifications de ces sols quant à leurs propriétés physiques et chimiques; il se peut que les légumineuses ligneuses ayant permis la mise en route du système ne soient plus valables sur les sols de meilleure qualité qu'elles ont permis de "construire"; il se peut aussi que ces légumineuses ligneuses restent valables mais que leur mode de conduite doive être modifié.

Le but de fournir du fourrage nécessite: (i) de trouver une espèce appétée qui soit verte en saison sèche, de préférence en fin de saison sèche, moins pour améliorer la quantité de fourrage que pour améliorer surtout la qualité du fourrage disponible (en terme de taux de N) et (ii) cette espèce doit supporter le broutage, s'il y a pâturage sur pied, ou l'émondage, s'il y a affouragement.

Le but de fournir du bois ne semble pas une priorité et il servirait plus à fournir du petit bois (piquet, bois de chauffe). Cependant cet objectif est parfois vital dans les zones très intensément cultivées où il n'existe plus, ou quasi plus, de réserves de bois exploitable, car les réserves de bois des "vergers" (karité, acacia, etc.) sont immobilisées étant donné que ces essences ont pour objectifs de fournir des fruits, des feuilles, etc. et non pas du bois.

En ce qui concerne la mise au point de ces systèmes et de la preuve de leur efficacité:

1. pour la zone humide (Ibandan, Nigéria), ce système agro-sylvo-pastoral est mis au point en association avec le maïs et son efficacité est prouvée;
2. pour la zone sub-humide (de 800 à 1 000 mm), ce système agro-sylvo-pastoral est en cours de mise au point et donc son efficacité sur la maïs, le sorgho et le mil n'est pas encore prouvée;
3. pour la zone sub-aride (450 mm), qui nous intéresse, ce système est au tout début de mise au point (criblage des variétés d'espèces adaptées) et donc son efficacité sur le mil n'est pas encore prouvée; en effet, à Niono, sur sol allant du sable au sable limoneux aride ("terre à mil"), le CIPEA retiendrait actuellement, suite à ses essais:
  - a. 11 cultivars (variétés) de *Gliricidia sepium* provenant des zones sèches du Mexique;

- b. *Leucaena leucocephala* cv. "Cunningham"; cette espèce présente la particularité d'être assez spécifique quant au rhizobium et d'être très sensible aux termites;
- c. le *Prosopis (juliflora?)* n'est pas retenu;
- d. les espèces locales ne sont pas retenues vu leur croissance trop lente et leur production trop faible; pour la zone sub-aride, il semble déjà certain que la mise au point de la géométrie de plantation devra concilier; (i) une compétition, intraspécifique au ligneux, accentuée par la faible disponibilité en eau, surtout en saison sèche; (ii) une compétition, interspécifique entre le mil et le ligneux, accentuée par la faible disponibilité en eau de cette zone et par la forte compétitivité du mil, qui à un système racinaire puissant et profond.

## ANNEXE 4. CULTURE MARAICHERE

### A4.1 Superficies actuelles sous horticulture

Le Cercle de Bandiagara est entièrement compris dans le Plateau dont il ne représente qu'une partie. Le tableau A4.1 nous donne les surfaces emblavées à un moment de la contre-saison 1986-87 ainsi que les contributions des différentes cultures: en moyenne 65% sont sous échalote et 35% sont sous d'autres cultures, dont 15% en légumes et 15% en tomate. Notons pour Goundaka, l'importance des autres cultures soit 85% dont 64% en tomate du fait de la présence proche et accessible du marché qu'est la ville de Mopti. Les cultures horticoles du Cercle de Bandiagara exploitent 148 points d'eau dont 60 barrages.

Tableau A4.1. Pour les Arrondissements du Cercle de Bandiagara, nombre de barrages (Bar) et d'autres points d'eau (PtE) exploités par la culture maraichère, superficies [ha]. De ces superficies pourcentage occupé par les échalotes (EC%) et les autres cultures (AC%) qui comprennent les féculents (FC%), les légumes (LG%), le tabac (TA%) et la tomates (TO%). Contre-saison 1986-1987.

Arron	Bar	PtE	ha	EC%	AC%	FC%	LG%	TA%	TO%
Bgara	14	13	180	70	30	3	15	2	10
Dourou	12	11	153	80	20	2	8	8	2
Gdaka	-	5	67	15	85	5	15	1	64
Kani-G	9	8	95	85	15	-	9	2	4
Kendié	5	12	95	66	34	12	17	2	3
Ningari	4	7	19	50	50	-	30	-	20
Ouo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sangha	16	32	116	89	11	2	5	2	2
Total	60	88	724	65	35	3	15	2	15

Source: GTZ/SDA (com. pers.).

-) valeur nulle.

Le tableau A4.2 nous donne, entre autre, les superficies et le nombre d'exploitants en 1987-88. Nous voyons au tableau A4.3 que seulement 0.09% de la superficie du Cercle de Bandiagara est sous maraîchage et que cela ne concerne que 9.2% de la population. Autrement dit, chaque habitant exploiterait théoriquement 45 m<sup>2</sup> en moyenne et chaque exploitant cultiverait 484 m<sup>2</sup> en moyenne. Mais ce tableau nous montre aussi la disparité entre les Arrondissements de ce Cercle. La disponibilité en terre arable et en eau ainsi que l'accès au marché influencent l'éventuelle augmentation des superficies horticoles en même temps que l'augmentation de la densité de population.

Tableau A4.2. Pour les Arrondissements du Cercle de Bandiagara, superficies<sup>a</sup> [km<sup>2</sup>], population<sup>b</sup> (Pop), superficies maraichères<sup>c</sup> [ha] et nombre d'exploitants maraichers<sup>c</sup> (Exp). Contre-saison 1987-1988.

Arrondis.	km <sup>2</sup>	Pop	ha	Exp
Bandiagara	1 650	30 980	300	4 678
Dourou	720	17 370	99	2 101
Goundaka	542	16 880	83	646
Kani-Gogouna	720	16 620	89	1 490
Kendié	700	25 170	163	3 241
Ningari	787	29 840	17	402
Ouo	2 400	25 990	-	-
Sangha	700	20 020	65	4 294
Total	8 219	182 870	816	6 852

a) DNI (1987). b) DNSI (1987). c) GTZ/SDA (com. pers.).

-) valeur nulle.

Tableau A4.3. Pour les Arrondissements du Cercle de Bandiagara, densité de population [habitants km<sup>-2</sup>], superficies maraichères par exploitant [m<sup>2</sup>/exp] ainsi que par habitant [m<sup>2</sup>/pop], pourcentage du territoire concerné (%ter) et pourcentage de la population concernée (%pop). Contre-saison 1987-1988.

Arrondis	DENSITE	m <sup>2</sup> /exp	m <sup>2</sup> /pop	%ter	%pop
Bandiagara	18.8	641	97	0.18	15.1
Dourou	24.1	469	57	0.14	12.1
Goundaka	31.1	1 287	49	0.15	3.8
Kani-Gogouna	23.1	600	54	0.12	9.0
Kendié	36.0	504	65	0.23	12.9
Ningari	37.9	426	6	0.02	1.3
Ouo	10.8	-	-	0.00	0.0
Sangha	28.6	151	32	0.09	21.4
Total	20.5	484	45	0.10	9.2

Source: GTZ/SDA (com. pers.).

-) valeur nulle.

Le tableau A4.4 nous donne, à un autre moment de la contre-saison 1986-87, diverses informations: les 919 ha d'horticulture sont à 70% sous échalote et à 30% sous autres cultures à raison de 18% pour les féculents, 4% pour les légumes, 5% pour le tabac et 3% pour la tomate. Nous retiendrons cette répartition des superficies de 70% pour l'activité "échalote" et de 30% pour l'activité "autres cultures".

Tableau A4.4. Pour le Cercle de Bandiagara, superficies allouées aux différentes cultures maraichères [ha], pourcentage qu'elles représentent [%], rendements [t ha<sup>-1</sup> de MV] et prix [FCFA kg<sup>-1</sup>]. Contre-saison 1986-1987.

Cultures	ha <sup>b</sup>	% <sup>b</sup>	t ha <sup>-1</sup>	FCFA kg <sup>-1</sup>
<b>ECHALOTES</b>				
Bulbes	645.9	70.3	25.7 <sup>c</sup>	75 <sup>b</sup>
Feuilles	645.9	70.3	8.9 <sup>c</sup>	11 <sup>c</sup>
Echalotes	645.9 <sup>a</sup>	70.3 <sup>a</sup>	34.6	59
<b>AUTRES</b>				
patate douce	148.0	16.1	20.0 <sup>b</sup>	75 <sup>b</sup>
pomme de terre	16.5	1.8	20.0 <sup>e</sup>	75 <sup>d</sup>
Féculents	164.5	17.9	20.0	75
betterave	0	0	15.0 <sup>e</sup>	100 <sup>d</sup>
callebasse	0.2	0	20.0 <sup>e</sup>	25 <sup>d</sup>
carotte	0.5	0	15.0 <sup>e</sup>	100 <sup>d</sup>
chou	3.1	0.3	25.0 <sup>e</sup>	100 <sup>d</sup>
djakattou	15.2	1.7	5.0 <sup>b</sup>	75 <sup>b</sup>
laitue	0.8	0.1	15.0 <sup>e</sup>	100 <sup>d</sup>
melon	0	0	10.0 <sup>e</sup>	100 <sup>d</sup>
pastèque	0	0	20.0 <sup>e</sup>	100 <sup>d</sup>
piment	13.8	1.5	12.3 <sup>g</sup>	89 <sup>g</sup>
Légumes	33.6	3.7	10.4	88
Maïs	0.1	0	0.4 <sup>d</sup>	55 <sup>f</sup>
Tabac	47.1	5.1	6.0 <sup>i</sup>	427 <sup>h</sup>
Tomate	27.4	3.0	15.0 <sup>b</sup>	40 <sup>b</sup>
Autres	72.8	29.7	15.9	96

a) comprend 2.9 ha d'ail soit 0.3% de la superficie.

b) selon GTZ/SDA-Bandiagara.

c) selon Bakker & Traoré (1990).

d) valeur estimée.

e) selon Beniest et al. (1987) et RFMC (1980): valeurs les plus faibles des fourchettes.

f) prix plancher céréales.

g) selon GTZ/SDA: piment 4 t ha<sup>-1</sup> de MS à 275 FCFA kg<sup>-1</sup> or piment frais de 25 à 40% de MS soit 32.5% de MS selon RFMC (1980).

h) selon GTZ/SDA: tabac à 2 137 FCFA kg<sup>-1</sup> de MS or tabac frais à 20% de MS selon RFMC (1980).

i) selon GTZ/SDA: tabac 0.5 t ha<sup>-1</sup> de MS mais prenons valeur de RFMC (1980) de 6 t ha<sup>-1</sup> de MV.

0: moins de 0.05 ha ou de 0.05%.

Le Cercle de Douentza est composé d'un patchwork de zones agro-écologiques: le coin nord-est du Séno Bankass, les extrémités nord-est du Plateau, presque tout le Séno Mango sauf son coin sud-ouest, le Gourma à l'exclusion de la frange ouest, quasi tout le Bodara sauf l'extrémité de la pointe ouest et la bordure est de la Zone Lacustre.

Tableau A4.5. Pour les Arrondissements du Cercles de Douentza, superficies consacrées aux cultures maraîchères [ha] et pour ces superficies, pourcentage que représentent l'échalote (EC%), les féculents (FC%), les légumes (LG%), le maïs (MA%), le tabac (TA%) et la tomate (TO%). Contre-saison 1984-1985.

Arron	ha	EC%	AC%	FC%	LG%	MA%	TA	TO%
Boni	0.04	21	79	-	52	-	-	27
Boré	17.26	62	38	1	15	0	20	2
Douentza	109.14	40	60	16	5	5	3	31
Hombori	0.94	14	86	42	32	-	-	12
Mondoro	0.04	7	93	23	38	8	9	15
N'Gouma	7.56	12	88	42	23	13	9	1
Total	134.98	41	59	15	9	4	5	26

Source: Maïga (1986).

-) valeur nulle. 0) valeur négligeable.

Le tableau A4.5 nous donne les superficies horticoles du Cercle de Douentza lors de la contre-saison 1984-85, soit 135 ha. Il est à noter la disparité entre les Arrondissements quant aux surfaces et aux spéculations. Ceci est dû entre autre au fait que ce Cercle a vécu trois vagues d'installation maraîchère. Selon nos observations et Hesse & Thera (1987), nous pouvons décrire ces trois vagues comme pré-coloniale, coloniale et post-coloniale.

1. Pré-coloniale: exploitation des sources aux pieds des massifs rocheux grâce à tout un système de gestion de l'eau d'irrigation par gravité plus ou moins réussi selon le périmètre mais en perpétuelle évolution. Selon les informations recueillies à Kikara, ce système était déjà en place lors de l'installation des Sonraïs au Dyoundé. Les cultures y sont surtout l'échalote, l'ail, le tabac, le manioc, la patate et la courge. Ces cultures "traditionnelles", bien que toutes exotiques, ont leurs semences productibles par les cultivateurs, ont subi une sélection locale, ont leurs techniques de production et de conservation bien dominées dans le contexte actuel. De plus, leurs circuits de commercialisation sont bien établis entre des marchés, souvent spécifiques, et les producteurs qui seraient des "professionnels" veillant à ne pas saturer leur marché et ayant, dans certaines limites, une capacité d'adaptation aux évolutions du contexte de production, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas cristallisés. A ce type d'exploitation, s'ajoute les cultures maraîchères de décrue, surtout de manioc et de patate, dans l'Arrondissement de N'Gouma mais vu l'état actuel des crues, ce type de production est profondément perturbé.
2. Coloniale: mise en exploitation de céanes à Boré "plaine" et aux alentours de Hombori vers 1940-50; étant donné la disponibilité en eau plus faible et le travail d'exhaure de l'eau, ces cultures sont réalisées sur des surfaces plus petites qu'au point précédent mais finalement tendent à y ressembler très fort.
3. Post-coloniale: accélération du processus d'introduction de nouvelles cultures vers les années 1970. Dans un souci de sécurisation alimentaire, forte

installation de périmètres potagers "modernes" à partir de 1984-85, suite à des initiatives du bas, ou des interventions du haut, ou à des conciliations de gens essayant de satisfaire les uns sans heurter les autres. Ces nouvelles productions, parfois très appréciées comme la pomme de terre, sont soumises à un approvisionnement en semences totalement aléatoire, ne sont pas toujours bien dominées quant à leurs techniques de production et sature rapidement un marché actuellement petit. Ce nouveau secteur, dans le Cercle de Douentza, est très désorganisé (producteurs atomisés) ainsi que dans tous les autres Cercles de la Région ce qui n'empêche pas l'émergence de nouveaux "professionnels" organisés comme les producteurs de laitues de Nantaka.

Au tableau A4.6, nous voyons que le Cercle de Douentza n'a que 0.007% de son territoire sous maraîchage soit 14 fois moins que le Cercle de Bandiagara, autrement dit 9 m<sup>2</sup> par habitant soit 5 fois moins que pour le Cercle de Bandiagara. La disparité entre les Arrondissements du Cercle de Douentza montre cependant une tendance à l'augmentation des superficies horticoles avec l'augmentation de la densité de la population.

Nous ne disposons pas d'informations pour les autres Cercles de la Région si ce n'est pour celui de Niafunké qui aurait eu sous horticulture 1 268 ha en 1985, 680 ha en 1986, 520 ha en 1987 et 130 ha en 1988.

Tableau A4.6. Pour les Arrondissements du Cercle de Douentza, superficies<sup>a</sup> [km<sup>2</sup>], population<sup>b</sup>, densité de population [habitant km<sup>-2</sup>], superficies maraîchères<sup>c</sup> [ha], pourcentage du territoire concerné (%ter) et superficies maraîchères par habitant [m<sup>2</sup>/pop].

Arrondis- sement	km <sup>2</sup>	Population	Densité ha	%ter	m <sup>2</sup> /pop
Boni	4 592	15 867	3.5	0.04	0
Boré	2 378	16 474	6.9	17.26	10
Douentza	880	54 926	62.4	109.14	20
Hombori	2 203	17 583	8.0	0.94	1
Mondoro	5 598	16 140	2.9	0.04	0
N'Gouma	3 252	29 618	9.1	7.56	3
Total	18 903	150 608	8.0	134.98	9

a) DNI, 1987. b) DNSI, 1987. c) Maïga, 1986.

0) valeur négligeable.

## A4.2 Semis d'échalote

Il existe 2 méthodes de semis de l'échalote: soit par semis de bulbes, soit par semis de graines. La technique par semis de bulbes, retenue pour le modèle-PL, a des avantages et des inconvénients. Les avantages sont:

- souplesse dans les dates de semis qui peuvent être étalées de octobre à fin décembre;

- occupation du terrain de 90 à 110 d et besoin d'eau seulement durant cette période;
- possibilité de réaliser 2 cycles.

Les inconvénients sont:

- prélèvement sur la production des semences ou achat au prix fort;
- conservation de bulbes-semences avec des pertes énormes.

La technique de production d'échalote en utilisant le semis de graines en pépinière, non retenue pour le modèle-PL, est parfois utilisée et est par exemple la technique préférée des producteurs de Boré "plaine". Elle a des avantages et des inconvénients. Les avantages sont:

- toute la production de bulbes est commercialisable;
- il ne faut pas conserver des bulbes-semences pour la campagne suivante avec des taux de pertes de l'ordre de 50%, ni acheter des bulbes au moment où ils sont le plus cher.

Les inconvénients sont:

- elle oblige le cultivateur à semer en pépinières au plus tard fin octobre ou début novembre;
- elle demande 160 d de croissance (de 40 à 60 d de pépinière et environs 120 d en planche pour les échalotes locales de jour court), donc un seul cycle est permis et il faut de l'eau durant ces 160 d.

En ce qui concerne les distances de plantation de l'échalote, les distances habituellement utilisées par les producteurs de la Région sont de 0.10 \* 0.10 ou de 0.12 \* 0.12 m (obs. pers.). Les distances recommandées sont de 0.12 \* 0.12 ou de 0.20 \* 0.08 ou de 0.20 \* 0.10 m (Messiaen, 1975b).

En cas de semis de graines d'échalote, méthode non retenue pour le modèle-PL, il faut, selon Messiaen (1975b), de 2 à 5 g de graines par m<sup>2</sup> de pépinière et comme 1 g de graines d'oignon contient 250 graines, il faut de 2 à 4 kg ha<sup>-1</sup> de graines d'oignon selon la densité de plantation finale, sans tenir compte des pertes à la conservation, aux semis et au repiquage. Soit le producteur achète des graines et les graines d'oignons valent à Bamako 20 100 FCFA kg<sup>-1</sup>, soit il réserve une partie de ses planches à la production de graines; les planches grainières peuvent produire 2 t ha<sup>-1</sup> de graines mais les rendements en bulbes sont réduits à un maximum de 2 t ha<sup>-1</sup>, bulbes de mauvaise qualité et conservation. Selon Beniest *et al.* (1987), il faut 3.5 kg ha<sup>-1</sup> de graines d'oignon.

### A4.3 Données phytotechniques.

Le tableau A4.7 montre les données de base concernant les cycles des cultures horticoles ainsi que les rendements normalement atteignables si toutes les conditions de croissance sont réunies.

Tableau A4.7. Pour les principales cultures maraîchères rencontrées dans la Région, durée d'occupation de la pépinière [PEP en d] et du terrain [TER en d], fumure organique préconisée [FUO en t ha<sup>-1</sup>] (fumure organique du type 1.20-0.32-1.28 + 1.24 CaO + 0.61 MgO) et minérale [FUM en t ha<sup>-1</sup>]; (fumure minérale toujours à fractionné; sur base d'un engrais du type 10-10-20) ainsi que rendement en matière verte ou fraîche [t ha<sup>-1</sup>]. Les formules des fumures sont en N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

CULTURES	PEP	TER	FUO	FUM	t ha <sup>-1</sup>
Amarante	15-20	30	20	-	13-38 <sup>a</sup>
Amarante	15-20	*	20	*	25-50 <sup>b</sup>
Aubergine	30-50	150-240	20-30	0.75	25-40
Betterave	-	*	*	*	10-25
Carotte	-	100-120	10-20	0.80	10-40
chou	15-35	80-100	20-30	0.70	10-40
Chou de Chine	25-35	55- 85	15-20	0.70	10-40
Concombre	-	85-120	30-40	1.00	10-80
Courge	-	*	*	*	10-20
Courgette	-	70- 90	15-25	1.10	20-40
Echalote	40-60	100-170	10-20	1.00	20-70 <sup>c</sup>
Echalote	-	90-100	10-20	1.00	20-30 <sup>d</sup>
Djakattou	30-40	130-200	10-20	1.00	8-20
Gombo	-	90-160	10-20	0.60	4-29
Haricot gousse	-	75- 85	10-15	0.50	3-14
Haricot sec	-	75- 85	10-15	0.50	1-03
Laitue	20-30	60-105	15-25	1.00	8-25
Manioc	-	240-365	1-10	0.60	2-20
Melon	-	100-140	30-40	1.00	10-20
Niébé	-	*	*	*	0- 2
Oignon	40-60	100-170	10-20	1.00	20-70 <sup>c</sup>
Pastèque	-	100-150	20-30	0.50	20-45
Patate douce	-	100-120	1-15	0.90	3-50 <sup>e</sup>
Patate douce	-	100-120	1-15	0.90	15 <sup>f</sup>
Piment	45-60	90-240	15-20	0.70	1-15 <sup>g</sup>
Pomme de terre	-	75-100	15-20	0.75	5-40
Poivron	30-45	120-180	15-25	1.30	10-30
Radis chinois	-	35- 50	15-25	0.70	15-25
Roselle	-	120-180	10-20	0.90	10-20 <sup>f</sup>
Roselle	-	120-180	10-20	0.90	3- 4 <sup>h</sup>
Tabac	50-90	50-100	40	*	6-12 <sup>f</sup>
Tomate	25-40	110-150	20-30	1.20	5-50

Sources: Grubben, 1975; RFMC, 1980; Beniest et al., 1987.

a) feuilles fraîches en 1 récolte à 15% de MS.

b) en 2 à 4 récoltes par coupes successives contenant de 50 à 75% de feuilles fraîches.

c) par semis de graines.

d) par semis de bulbilles.

e) tubercules.

f) feuilles fraîches.

g) jusqu'à 8 mois d'occupation du terrain pour les potentiellement vivaces.

h) calices frais soit 0.5-0.6 t ha<sup>-1</sup>.

-) valeur nulle. \*) valeur manquante.

#### A4.4 Compléments sur les opérations et les temps de travaux

Le tableau A4.8, établis selon Bakker & Traoré (1990), donne les temps des travaux de la culture de l'échalote à Mayarasso, au Mali (4e Région, vers Baramandougou, en frontière avec la 5e). Cette culture se fait par plantation de bulbes et ne passe pas par le semis de graines en pépinières, technique peu utilisée dans la Région.

Tableau A4.8. Temps de travail [dth ha<sup>-1</sup>], selon les divers travaux de la culture de l'échalote à Mayarasso (vers Baramandougou en 4e Région faisant frontière avec la 5e) et pourcentage moyen que représentent ces divers travaux. SA: sols argileux, SS: sols sableux, SM: moyenne de SA et SS.

Travail	SA	SS	SM	%
Nettoyage du sol	34	18	24	1
Labourage	191	135	159	8
Clôture	66	39	50	3
Plantage	67	43	54	3
Arrosage	942	1 135	1 053	55
Fumage	21	15	17	1
Désherbage	175	206	193	10
Récolte <sup>a</sup>	375	375	375	19
Total	1 871	1 966	1 925	100

Source: Bakker & Traoré (1990).

a) incluant la transformation des produits frais (bulbes et feuilles) en produits secs.

Sur sols lourds, le nettoyage, le labourage, le clôture, le plantage et le fumage prennent 379 dth ha<sup>-1</sup> tandis que sur sols légers, ces opérations prennent 250 dth ha<sup>-1</sup> soit une diminution de 34%. Par contre sur sols lourds, l'arrosage et le désherbage prennent 1 117 dth ha<sup>-1</sup> contre 1 341 sur sols légers soit une augmentation de 20%. Le temps total de travail investi est presque le même quel que soit le sol mais la répartition interne est différente. L'arrosage prend en moyenne 55% du temps total de travail investi dans la culture de l'échalote, soit 50% sur sols lourds et 58% sur sols légers. Donc, le premier facteur limitant est l'arrosage. Il est suivi par la récolte-transformation qui prend 19% du travail total.

N'ayant pas la décomposition entre la récolte stricte et la transformation, nous ne pouvons pas les distinguer mais comme souvent les produits de cette activité quittent les frontières de l'activité sous forme transformée, cela ne fausse pas les données totales.

Le tableau A4.9 nous donne les temps des travaux, sans l'arrosage, obtenus au Sénégal en station expérimentale pour l'oignon avec semis de graines en pépinières (Beniest *et al.*, 1987). Nous assimilons, pour cette étude, la culture de l'oignon à celle de l'échalote.

Tableau A4.9. Temps de travail [dth ha<sup>-1</sup>] pour divers travaux maraîchers et selon 5 cultures (OIG = oignons, PDT = pomme de terre, CHO = chou, TOM= tomate, TAB= tabac).

Travail	OIG	PDT	CHO	TOM	TAB
Nettoyage	21	13	20	19	*
Pépinière	98	-	15	24	30
Labourage et fumage	18	23	19	21	30
Plantage	87	23	29	21	45
Fumage	8	15	8	9	*
Désherbage	57	21	28	21	60
Buttage	-	21	-	-	-
Pulvérisation	6	6	12	10	*
Récolte <sup>a</sup>	41	84	17	73	65
Total <sup>b</sup>	336	207	147	198	230

Sources: RFMC (1980); Beniest et al. (1987).

a) récolte n'incluant pas les transformations post-récoltes faites à et par l'unité de production; si transformations du tabac incluses, ajouter 265 dth ha<sup>-1</sup> soit un total pour le tabac de 495 dth ha<sup>-1</sup>.

b) total n'incluant pas l'arrosage.

-) valeur nulle. \*) valeur manquante.

Entre les tableaux A4.9 et A4.8, des différences sont remarquées pour le labourage (18 dth ha<sup>-1</sup> contre 159), le plantage (87 dth ha<sup>-1</sup> contre 54), le fumage (8 dth ha<sup>-1</sup> contre 17) et le désherbage (57 dth ha<sup>-1</sup> contre 193).

- Pour le labourage, les différences proviennent peut-être du fait qu'au Sénégal, les labours sont exécutés sur des sols très légers avec des outils plus performants (bêche, râteau, etc.) et que les planches sont plus classiques (environ 1.2 m de large sur X m de long), tandis qu'à Mayarasso, les outils sont la houe pour retourner -après arrosage si les sols sont trop durs-, émousser et égaliser des sols, qui mêmes légers, sont des sables limoneux à la limite des limons sableux. De plus, la confection des petites planches demande du travail. Mais ces planches très petites, mesurant 0.55 \* 0.55 m (Bakker & Traoré, 1990) ou 0.5 \* 0.5 m (ob. pers.), sont souvent une nécessité pour assurer une répartition homogène de l'eau d'arrosage sur des planches horizontales construites sur des reliefs irréguliers et en pente sans devoir passer par un aménagement foncier. De plus, elles correspondent à une unité d'arrosage: un arrosoir-calebasse correspond à une planche.
- Pour le plantage, la différence est due au fait que mettre en terre des bulbes est plus rapide que de déterrer des plantules, les démarier soigneusement et les repiquer proprement à distance.
- Pour le fumage, la différence provient peut-être du fait qu'au Mali, selon nos observations, il n'y a pas application de fumure de fond tant organique que minérale mais que tout au long du cycle, il y a épandage très fractionné de fumure organique du type poudrette de parc.
- Pour le désherbage, la différence provient peut-être du fait que les cultures d'échalote, ainsi que toutes les cultures maraîchères que nous avons observées au

Mali, reçoivent tout au long du cycle des façons culturales de surface: nombreux sarclages en début de cycle pour éradiquer les adventices suivi de très nombreux binages pour incorporer les fumures organiques très fractionnées, faciliter la pénétration de l'eau et limiter les pertes par évaporation.

Tableau A4.10. Temps de travaux [dth ha<sup>-1</sup>] pour les 2 activités de culture maraîchère en comparaison avec celles de 4 autres cultures (EC: échalote, AC: autres cultures subdivisées en FC: féculents, LG: légumes, TA: tabac et TO: tomate).

Travail	FC	LG	TA	TO	AC <sup>e</sup>	EC
Nettoyage	13	20	24	19	16	24
Pépinière	-	15	30	24	9	- <sup>c</sup>
Labourage	23	19	30	21	24	159
Clôturage <sup>a</sup>	50	50	50	50	50	50
Plantage	23	29	45	21	27	54 <sup>c</sup>
Arrosage	1 053	1 053	1 053	1 053	1 053	1 053
Fumage	15	8	17	9	14	17
Entretiens <sup>b</sup>	48	40	60	31	47	193
Récolte	84	17	330	73	117	375 <sup>d</sup>
Total	1 309	1 251	1 639	1 301	1 358	1 925

Sources: RFMC, 1980); Beniest et al., 1987; Bakker & Traoré, 1990.

a) clôturage pas toujours réalisé mais considéré comme tel.

b) entretiens: désherbage, buttage s'il a lieu, etc.

c) si au lieu de plantation de bulbes il y a semis de graines en pépinière, il faut alors ajouter 98 dth ha<sup>-1</sup> de pépinière (confection, semis, arrosage, entretiens) et 33 dth ha<sup>-1</sup> au plantage (repicage) soit un total de 2 056 dth ha<sup>-1</sup> pour un cycle de croissance.

d) comprenant les traitements post-récolte ou séchage: sans les traitements, la récolte est de 41 dth ha<sup>-1</sup> soit un total de 1 591 dth ha<sup>-1</sup>.

e) moyenne pondérée en considérant que les autres cultures sont constituées, quant à leurs surfaces, de 60.3% de féculents, de 12.3% de légumes, de 17.3% de tabac et de 10.0% de tomate.

La colonne échalote (EC) du tableau A4.10 est la combinaison des tableaux A4.8 (SM) et A4.9 (OIG). Nous rappelons qu'en réalité, il y a quatre méthodes d'obtention de l'échalote (tableau A4.10):

- plantation de bulbes en place et transformation: 1 925 dth ha<sup>-1</sup>, valeur retenue pour le modèle-PL;
  - plantation de bulbes en place et non transformation: 1 591 dth ha<sup>-1</sup>;
  - semis de graines en pépinières et transformation: 2 023 dth ha<sup>-1</sup>;
  - semis de graines en pépinières et non transformation: 1 689 dth ha<sup>-1</sup>.
- L'idéal aurait été de pondérer les temps des travaux de l'échalote sur la base des proportions exactes des quatre façons d'obtention mais étant donné que nous ne connaissons pas ces proportions, seule la première méthode est considérée.

Le tableau A4.9 nous donne les temps des travaux pour un féculent, un légume, la tomate (Beniest *et al.*, 1987) et le tabac (RFMC, 1980). Nous pouvons voir que chaque production a ses spécificités. Ces données nous servent de base à l'établissement du tableau A4.10 où, lorsque des valeurs nous manquent, comme celles de l'arrosage, nous prenons celles de Bakker & Traoré (1990). Les temps des travaux de l'activité "autres cultures" du tableau A4.10 sont les moyennes pondérées par les surfaces respectives des féculents, des légumes, du tabac et de la tomate. Les labours sont conservés à 24 dth ha<sup>-1</sup> vu que les autres cultures comprennent la tomate et le piment qui souvent ne sont pas plantés sur des terres labourées mais dans de petites fosses servant à l'arrosage et que, suite à une impression générale de nos observations dans la Région, les autres cultures sont le plus souvent établies sur des planches plus grandes que celles couramment utilisées pour l'échalote.

Ne pouvant réaliser une étude exhaustive et détaillée de toutes les spéculations maraîchères, nous admettons, que pour le modèle-PL, les autres cultures nécessitent en moyenne 1 358 dth ha<sup>-1</sup>.

Le clôturage par des haies fabriquées avec des branches de ligneux contribue au déboisement, vu la durée de vie très courte de ce type de clôture. Malgré les interventions des Eaux et Forêts, peu de haies vives permanentes sont implantées. Mais ceci entre dans le contexte général d'une apparente inertie du monde rural au reboisement due, entre autre, au fait que tout arbre planté serait perçu comme appartenant au Code Forestier et non plus au planteur.

En ce qui concerne l'arrosage, de toutes nos observations dans la Région, nous n'avons vu qu'une seule fois l'usage du paillage (Tabaco), avec des balles de mil. La pratique du paillage, bien que connu de certains maraîchers (Sévaré), n'est pas appréciée. L'apport de mauvaises herbes est la raison invoquée. Cependant, notre expérience montre que beaucoup d'eau et du temps d'arrosage sont économisés par cette pratique. Mais la matière du paillage n'est pas toujours facile à se procurer (rareté, éloignement, compétition avec d'autres usages). Il y a aussi effectivement apport de graines d'adventices avec parfois envahissement par des plantules, par exemple si la balle de mil "non prégermée" est utilisée. Parfois, il y a de forts ravages dûs à des attaques des collets. Cependant, nous pensons que cette pratique n'est pas utilisée par méconnaissance. Il ne s'agit pas de simplement mettre un paillis mais il faut aussi changer le mode d'apport du fumier, non plus en fractionné tout au long du cycle mais en fond avant le paillage; il faut contrôler l'état hydrique du sol avant d'arroser et beaucoup d'échecs dus "au paillage" sont en fait dus à un excès d'eau; le désherbage ne se fait plus par sarclage mais par arrachage ou remuage manuel du paillage; finalement, certaines plantes nécessitent un dégagement des collets. En résumé, la notion d'économie de l'eau, et du travail, ne serait pas toujours perçue et cette technique demande l'abandon de certaines habitudes et pratiques, mises au point sans paillage, au profit de nouvelles, à mettre au point avec paillage.

En ce qui concerne le système d'approvisionnement en eau, il est à noter que le système de céanes non aménagées tend à transformer lentement les périmètres

potagers en un assemblage de bosses et de fosses peu propices aux cultures. L'exploitation des sources dans les cônes de déjections nécessite un minimum d'aménagement de la canalisation de l'eau. Cette mesure doit être accompagnée de lutte anti-érosive. En effet, si la canalisation de l'eau est trop simpliste, comme de simples surcreusements de rigoles non protégées et mal conçues, elle peut être la cause d'érosions en ravines lors des pluies, ainsi que visible à Tabako.

Par contre, des aménagements biens conçus, comme à Ibissa où même les diguettes sont valorisées par la culture du cresson alénois, tendent à permettre une exploitation maximale de l'eau disponible, ainsi que des surfaces, tout en garantissant la protection de l'aménagement.

Il est à constater cependant, que tous les périmètres d'exploitation des sources nécessitent un aménagement et/ou reboisement des bassins versants afin de régulariser, lors des pluies, les débits des oueds et donc diminuer leur force destructive. Ces aménagements permettraient également d'assurer une meilleure alimentation des inféoflux qui suivent ces cours d'eau temporaires et donc des sources, base du système.

En ce qui concerne le fumage, le tableau A4.7 nous donne également les fumures organiques et minérales préconisées pour les cultures les plus souvent rencontrées dans la Région. Ces fumures sont basées sur du fumier dosant (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) 1.20-0.32-1.28 + 1.24 CaO + 0.61 MgO et un engrais minéral (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) du type 10-10-20 (Beniest *et al.*, 1987). En moyenne, toutes cultures confondues, il faudrait de 15 à 23 t ha<sup>-1</sup> de fumier et 800 kg ha<sup>-1</sup> d'engrais minéral 10-10-20. Ces auteurs préconisent pour l'oignon une fumure de 14.5 t ha<sup>-1</sup> de fumier et 450 kg ha<sup>-1</sup> d'engrais minéral.

En réalité, chaque culture a ses exigences spécifiques qui ne sont vraiment applicables que si chaque culture est pratiquée en monoculture intensive sur de grandes étendues et si ces fumures spécifiques sont accessibles aux producteurs sur le marché. Comme souvent dans la Région, les cultures horticoles sont des mosaïques de productions, tant sur le terrain que dans le temps, et que les producteurs doivent travailler avec ce qu'ils peuvent trouver sur le marché, ils ne peuvent donc pas appliquer les fumures minérales indicatives passe-partout qui sont recommandées ci-dessous.

Messiaen (1974) recommande 3 t ha<sup>-1</sup> d'engrais minéral (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) du type: 16- 8- 8 pour les légumes feuilles, 12-12-12 pour les légumes fruits et 4-12-20 pour les légumes racines. Les deux premières fumures sont à fractionner, pour l'azote, si le cycle de la culture dépasse 50 d.

Rice *et al.* (1987) recommande, en t ha<sup>-1</sup>, l'application de (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O): 2.2-2.2-2.2 pour les légumes feuilles, 1.1-1.1-1.7 pour les légumes fruits, 1.7-1.1-2.8 pour les légumes racines et 0.6-0.8-0.6 pour les légumineuses; l'azote est à fractionner en deux ou trois applications.

Beniest *et al.* (1987), au Sénégal, utilisent pour leurs calculs de rentabilité la dose de 14.5 t ha<sup>-1</sup> de fumier à 3 500 FCFA t<sup>-1</sup>. Actuellement dans la Région, l'usage des engrais minéraux est proche de 0 kg ha<sup>-1</sup>. Nous insistons sur le fait que le non usage des engrais minéraux n'est pas dû à un refus, mais à une difficulté d'approvisionnement.

En ce qui concerne la récolte-transformation du tabac, il semblerait que chaque périmètre a ses habitudes de récolte-transformation et a son circuit de commercialisation s'adressant à une région précise.

A Ibissa, les inflorescences sont récoltées plusieurs fois, séchées et pilées pour faire de la poudre à chiquer. Puis toute la plante est récoltée et divisée en:

1. première qualité: feuilles, sauf celles du bas, avec pétioles et noeuds qui sont soigneusement ordonnées en petits tas et séchées sur lit de son de mil; cette qualité est destinée à être fumée, prisée ou chiquée;
2. deuxième qualité: fleurs séchées en vrac sur le sol et destinées à faire de la poudre à chiquer;
3. troisième qualité: entre-noeuds refendus en long, séchés sur le sol et destinés à faire de la poudre à chiquer;
4. quatrième qualité: feuilles du bas et bourgeons feuillés, séchés sur le sol et destinés à faire de la poudre à chiquer.

A Kara, les inflorescences sont récoltées en 3 passages, sont écrasées avec des pierres pour les rendre méconnaissables et sont séchées sur le sol. Lorsque les feuilles commencent à jaunir, elles sont récoltées et séchées sur le sol. Finalement, lorsque les bourgeons se sont développés, toutes les plantes sont récoltées, séchées sur le sol puis battues pour séparer les feuilles de repousses des tiges. Les fleurs, feuilles et repousses sont mélangées, bien que parfois les repousses soient gardées à part pour faire du tabac à priser et que les feuilles soient séparées pour faire du tabac à fumer ou à chiquer. Les tiges ne sont pas utilisées et sont jetées ou brûlées pour la fabrication de "potasse".

## ANNEXE 5. BOURGOU

### A5.1 Compléments sur les rendements et les taux des éléments nutritifs

Cette annexe fait référence au chapitre 9 et donne des valeurs sur les rendements du bourgou (tableaux A5.1 à A5.3) et également sur les taux des éléments nutritifs (tableau A5.4).

Tableau A5.1. Production de biomasse [ $\text{kg ha}^{-1}$  de MS] de bourgou suivant les années après bouturage.

ANNEE						INCONNU	REFERENCE
1	2	3	4	5			
5 000	10 000	12 500	15 000	30 000	30 000		François et al., 1989 <sup>a</sup>
8 760 <sup>b</sup>	•	•	•	•	•	•	François et al., 1989
5 910 <sup>c</sup>	•	•	•	•	•	•	François et al., 1989
2 700 <sup>d</sup>	•	•	•	•	•	•	François et al., 1989
1 270 <sup>e</sup>	•	•	•	•	•	•	François et al., 1989
1 500	10 000	15 000	15 000	15 000		•	Bonis Charancle & Rochette, 1989
•	•	•	•	•	•	• 17-30 000	Stiles, 1989a
•	•	•	•	•	•	• 17 000 <sup>f</sup>	Traoré, 1978
•	•	•	•	•	•	• 7 000 <sup>g</sup>	Traoré, 1978
4 190	10 000	13 750	15 000	22 500	20 000		Moyenne

a) densité 1.0 \* 0.7 m, repiquage en hivernage.

b) densité 0.5 \* 0.5 m, repiquage en crue.

c) densité 1.0 \* 1.0 m, repiquage en crue.

d) densité 1.5 \* 1.5 m, repiquage en crue.

e) densité 2.0 \* 2.0 m, repiquage en crue.

f) en 1976, Delta Central.

g) en 1977, Delta Central.

•) donnée manquante

Tableau A5.2. Biomasse permanente [ $\text{kg ha}^{-1}$  de MS] et nombre d'observations pour trois types de strates de bourgou<sup>a</sup>.

SITE	MOIS	ANNEE	FAIBLE	NO	MEDIANE	NO	FORTE	NO	SOURCE
Banadje	2	1986	3 410	3	7 260	6	9 650	3	Hiernaux, 1986
Banguita	2	1986	920	3	3 380	6	6 080	3	Hiernaux, 1986
Banadje	11	1985	2 280	1	5 310	1	12 280	1	Hiernaux, 1985
Kakagnan <sup>b</sup>	11	1985	1 320	3	2 140	6	2 950	3	Hiernaux, 1985

a) définition inconnue.

b) production émergée.

Tableau A5.3. Biomasse permanente totale de bourgou [ $\text{kg ha}^{-1}$  de MS] et moyenne calculée en cours d'année dans une région protégée contre les animaux dans le Mali Central.

MOIS	1979-80	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	MOYENNE
Juillet	•	3 210	•	24 600	•	13 900
Août	•	6 140	6 340	•	•	6 200
Septembre	•	•	13 680	9 580	•	11 000
Octobre	•	•	9 780	19 160	•	14 500
Novembre	•	11 040	22 040	19 360	15 680	17 000
Décembre	•	•	21 970	•	•	22 000
Janvier	•	21 830	17 830	•	•	20 000
Février	•	25 400	21 540	•	•	23 500
Mars	•	29 320	18 130	•	27 140	25 000
Avril	•	20 900	22 190	•	•	21 500
Mai	9 590	21 760	27 110	•	•	19 500
June	8 430	24 110	21 830	•	•	18 100

Source: Hiernaux & Diarra, 1986.

•) donnée manquante

Tableau A5.4. Teneurs en éléments minéraux [ $\text{g kg}^{-1}$ ] de la matière sèche de bourgou pendant les trois périodes de l'année.

PERIODE	N	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	Source
REPOUSSE	20.8	•	•	•	•	•	•	1
	25.6	3.2	•	•	•	•	•	2
INONDATION MAXIMUM	8.8	1.8	14.4	2.9	1.7	0.6	0.1	1
	12.8	•	•	•	•	•	•	2
	11.8	•	•	•	•	•	•	3
	6.3	1.0	•	1.1	•	•	•	3 <sup>c</sup>
	16.6	•	•	•	•	•	•	3 <sup>c</sup>
EXONDATION	12.4	1.7	25.3	3.8	3.3	0.6	0.7	1
	4.8	0.6	•	•	•	•	•	2 <sup>a</sup>
	4.5	0.8	•	•	•	•	•	3 <sup>a</sup>
	4.8	1.1	•	•	•	•	•	2 <sup>b</sup>
	4.0	0.6	•	•	•	•	•	3 <sup>b</sup>

Sources: 1 = François et al. (1989); 2 = Traoré (1978); 3: Hiernaux & Diarra, 1986.

a) tiges seulement.

b) paille.

c) tiges immergées.

•) donnée manquante

## ANNEX 6. SMALL RUMINANTS

### A6.1 Listings of SR-models

The listings of the SR-models used are presented in Tables A6.1 and A6.2 for sheep and goats and mouton the case activities, respectively.

The listings read as follows: The first column gives the number of the line, the second the characteristic, the third the value of that characteristic as given in the main text (Chapter 14) or as calculated by the formula presented in the last column.

*Table A6.1. Listing of the SR-model for calculation of herd composition, meat production and feed intake of sheep and goats. Values for low meat production level of sheep (B13).*

No	CHARACTERISTICS (D)	VALUE	FORMULA
2	animal	sheep	
3	mobility	all	
4	productivity	low	
5			
6	Herd		
7	female lamb 0-1	22	
8	ewes 1-2	19.3	
9	ewes 2-3	16.6	
10	ewes 3-4	14.1	
11	ewes 4-5	12.4	=D10*(1-D35)
12	male lamb 0-1	8.5	
13	ram 1-2	4	
14	ram 2-3	1.2	
15	ram 3-4	1	
16	ram 4-5	0.9	=D15*(1-D35)
17	total	100.0	=SUM(D7:D16)
18	total breeding	62	=SUM(D8:D11)
19	total ram	16	=SUM(D12:D16)
20			
21	PRODUCTIVITY		
22	Prolificacy	1.04	
23	lambings per year	1.26	
24	conception rate	0.92	
25			
26	Fraction female lambs	0.5	
27	Total females net breeding	55	=(D8*(1-D34)+(D9+D10+D11)*(1-D35))
28	Female lambs born	33	=D27*D22*D23*D24*D26

.../...

Table A6.1 Continued.

No	CHARACTERISTICS (D)	VALUE	FORMULA
29	Male lambs born	33	=D27*D22*D23*D24*(1-D26)
30			
31	Pre-weaning mortal. (f)	0.3	
32	Pre-weaning mortal. (m)	0.3	
33	Post-weaning mortality	0.05	
34	mortality age 1-2	0.12	
35	mortality age >2	0.12	
36			
37	Culling rates to maintain herd structure		
38	female yearlings	0.01	=D28*(1-D31)*(1-D33)-D7
39	ewe 2	0.06	=D7*(1-D34)-D8
40	ewe 3	0.38	=D8*(1-D35)-D9
41	ewe 4	0.51	=D9*(1-D35)-D10
42	ewe 5	10.92	=(D10*(1-D35))-D11+(D11*(1-D35))
43	male yearling	13.51	=D29*(1-D32)*(1-D33)-D12
44	ram 2	3.48	=D12*(1-D34)-D13
45	ram3	2.32	=D13*(1-D35)-D14
46	ram 4	0.06	=D14*(1-D35)-D15
47	ram 5	0.77	=(D15*(1-D35))-D16+(D16*(1-D35))
48	total	32.0	=SUM(D38:D47)
49			
50	Weights		
51	Female weaning	13	
52	ewe 1	23.8	
53	ewe 2	27.8	
54	ewe 3	28	
55	ewe 4	28	
56	ewe 5	28	
57	Male weaning	15	
58	ram 1	28.8	
59	ram2	37.8	
60	ram 3	40	
61	ram 4	40	
62	ram 5	40	
63			
64	culling weight	9.95	=(D38*D52+D39*D53+D40*D54+D41*D55+D42*D56+D43*D58+D44*D59+D45*D60+D46*D61+D47*D62)/100

.../...

Table A6.1 Continued.

No	CHARACTERISTICS (D)	VALUE	FORMULA
65	average weight	25.8	$= (D7 * (D51 + D52) / 2 + D8 * (D52 + D53) / 2 + D9 * (D53 + D54) / 2 + D10 * (D54 + D55) / 2 + D11 * (D55 + D56) / 2 + D12 * (D57 + D58) / 2 + D13 * (D58 + D59) / 2 + D14 * (D59 + D60) / 2 + D15 * (D60 + D61) / 2 + D16 * (D61 + D62) / 2) / 100$
66	av. weight/250	0.103	$= D65 / 250$
67	Production/UBT	97	$= D64 / D66$
68	Prod as % of av. weight	39	$= D64 / D65 * 100$
69			
70	ddm intake d-1/ $w^{0.75}$	30	
71	intake (kg av. head-1 yr-1)	125.2	$= D70 * (D65^{0.75}) * 365 / 1000$
72	% Browse	0	
73	Digestibility diet	0.52	
74	Digestibility Browse	0.52	
75	DM-intake diet av. head-1	241	$= D71 * (100 - D72) / (100 * D73)$
76	DM intake Browse av head-1	0	$= D71 * (D72 / 100) / D74$
77			
78	DM Intake diet UBT-1	2337	$= D75 / D66$
79	DM Intake Browse UBT-1	0	$= D76 / D66$
80	DM intake UBT-1	2337	$= D78 + D79$

Table A6.2. Listing of the SR-model for calculation of herd composition, meat production and feed intake of the mouton de case activity.

NO	CHARACTERISTICS (C)	VALUE	FORMULA
1			
2	animal	sheep	
3	mobility	mouton de case	
4	productivity	high	
5			
6	HERD		
7	female lamb 0- 8 months	3.9	=C34
8	ewes 1-1.67	15.4	
9	ewes >1.67	0	
10	male lamb 0-0.67	3.9	=C37
11	ram 1-1.67	76.9	
12	ram >1.67	0	
13	total	100.0	=SUM(C7:C12)
14	total breeding	15	=SUM(C8:C9)
15	total ram	81	=SUM(C10:C12)
16			
17	PRODUCTIVITY		
18	Prolificacy	1.04	
19	lambings per year	1.05	
20	conception rate	0.92	
21			
22	Fraction female lambs	0.5	
23	Total net breeding	15	=(C8*(1-C30)+(C9)*(1-C31))
24	Female lambs born	5	=C23*C18*C19*C20*C22*0.75
25	Male lambs born	5	=C23*C18*C19*C20*(1-C22)*0.75
26			
27	Pre-weaning mortality (f)	0.22	
28	Pre-weaning mortality (m)	0.22	
29	Post-weaning mortality	0.01	
30	mortality age 1-2	0.033	
31	mortality age >2	0.033	
32			
33	Culling rates		
34	female lambs of 8 months of age	3.87	=C24*(1-C27)*(1-C29)
35	yearlings	-15.4	=-C8

.../...

Table A6.2. Continued.

NO CHARACTERISTICS (C)	VALUE	FORMULA
36 ewes of 1.67 year age	14.89	=C8*(1-C30)
37 male lambs of 8 months of age	3.87	=C25*(1-C28)*(1-C29)
38 yearlings	-76.9	=-C11
39 rams of 1.67 year of age	74.36	=C11*(1-C31)-C12
40 total	4.7	=SUM(C34:C39)
41		
42 Weights		
43 Female birth weight	2.7	
44 ewe 0.67 year	33.5	
45 ewe 1 year (bought)	24	
46 ewe 1.67 year (sold)	35	
47 Male birth weight	2.8	
48 ram 0.67 year	35.5	
49 ram 1 year (bought)	29	
50 ram 1.67 year (sold)	40	
51		
52 net culling weight	11.63	=(C34*C44+C35*C45+C36*C46+C37*C48+C38*C49+C39*C50)/100
53 average weight	32.5	=(C7*(C43+C44)/2+C8*(C45+C46)/2+C9*C46+C10*(C47+C48)/2+C11*(C49+C50)/2+C12*C50)/100
54 av. weight/250	0.13	=C53/250
55 Production/UBT	89	=C52/C54
56 Prod as % of av. weight	36	=C52/C53*100
57		
58 ddm intake d-1/ w <sup>0.75</sup>	35	
59 intake (kg av. head-1 yr-1)	116	=C58*(C53 <sup>0.75</sup> )*365/1000*8/12
60 % Browse	0	
61 Digestibility diet	0.59	
62 Digestibility Browse	0.52	
63 DM-intake diet av. head-1	197	=C59*(100-C60)/(100*C61)
64 DM intake Browse av head-1	0	=C59*(C60/100)/C62
65		
66 DM Intake diet UBT-1	1511	=C63/C54
67 DM Intake Browse UBT-1	0	=C64/C54
68 DM intake UBT-1	1511	=C66+C67

## ANNEXE 7. COEFFICIENTS TECHNIQUES INITIAUX DES ACTIVITES D'ELEVAGE.

F.R. Veeneklaas

### A7.1 Introduction

Comme pour les cultures, les niveaux-cibles de production ont également été définis. Pour le bétail, les valeurs de production ont été évaluées sur la base de l'étude de Breman & de Ridder (1991) (incluant un modèle démographique) et sur une rapide revue bibliographique ayant porté sur les autres espèces animales. Cependant, une étude plus détaillée de la production des différentes espèces animales (chapitres 12 à 15) effectuée ultérieurement a indiqué que les valeurs originales de toutes les espèces animales, sauf celles des bovins, nécessitaient des adaptations.

Etant donné le manque de temps, il a cependant été décidé de faire fonctionner le modèle-PL avec la série de données alternative, comme variante de la série originale (Rapport 4, sous-section 6.4.4).

La "série originale" des coefficients techniques est présentée dans cette étude, de même que la "série alternative", afin de permettre au lecteur de mieux se rendre compte des différences.

### A7.2 Extrants

Les coefficients techniques originaux définissant les extrants sont résumés dans le tableau A7.1; ceux dérivés des chapitres 13 à 15 le sont dans le tableau A7.2. Pour la méthode de calcul de la disponibilité en fumier, il faut se référer aux chapitres concernés (13 à 15); dans la série de données originales cependant, la récupération du fumier dans la technique de production caméline a été fixée à 0%.

Tableau A7.1. Coefficients originaux des extrants des activités d'élevage [kg poids vif, kg lait disponible pour la consommation humaine, nombre d'animaux pour le travail en tête et kg MS de fumier, par UBT par an].

CODE	PRODUIT PRINCIPAL	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; +b: fourrage des ligneux inclus; +c: concentrés inclus.

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

-) Valeur nulle.

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

Tableau A7.2. Coefficients améliorés des extrants des activités d'élevage (kg poids vif, kg lait disponible pour la consommation humaine, nombre d'animaux pour le travail en tête et kg MS de fumier, par UBT par an].

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 des 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.

-) Valeur nulle.

Source: chapitres 12 à 15.

## A7.3 Intrants

### A7.3.1 Besoins alimentaires

Les besoins alimentaires de tous les animaux ont été calculés sur la base de leur poids métabolique; les besoins correspondants sont indiqués au tableau 13.1.

### A7.3.2 Besoins en main-d'oeuvre

Les besoins en main-d'oeuvre sont spécifiés pour chaque espèce animale séparément, sur la base des opérations suivantes: gardiennage des troupeaux (y compris abreusement et soins vétérinaires) et traite.

#### Bovins

L'intrant main-d'oeuvre requis pour le gardiennage est calculé sur la base d'une taille moyenne de troupeau évaluée, pour les bovins, de 70 à 100 UBT; deux bergers sont nécessaires pour la garde d'un tel troupeau. La main-d'oeuvre maximale serait alors de 1/35 homme par UBT par jour. Pendant la saison sèche, cet intrant est considéré comme standard et comprend les soins vétérinaires, l'abreusement, etc. Cependant, un pacage plus sélectif (i.e. la recherche de meilleurs pâturages) demande un peu plus de temps pendant la saison sèche. En outre, des activités d'élevage offrant une productivité plus élevée par animal implique des soins vétérinaires plus fréquents et par conséquent une plus grande main-d'oeuvre. Les besoins additionnels en main-d'oeuvre ont été estimés à 20% pour les activités les plus productives.

La production de lait est la plus élevée après le vêlage, c'est-à-dire en juin et juillet, au début de la saison des pluies. Par conséquent, le temps consacré à la traite est le plus long pendant la saison des pluies. Les besoins en main-d'oeuvre pour cette opération sont estimés représenter entre 20 et 40% de ceux attribués au gardiennage, en fonction de la production laitière.

En résumé, les besoins en main-d'oeuvre pour les activités d'élevage bovin migrants et semi-mobiles, oscillent entre 1/35 et 1.6/35 homme par UBT par jour.

La supervision des boeufs, qui a lieu pendant une partie de l'année, est incluse dans les activités de cultures; les besoins en main-d'oeuvre pendant la saison humide ont de ce fait été évalués à 0.8/35.

En ce qui concerne la technique de production semi-intensive de lait, les besoins en main-d'oeuvre excèdent ceux calculés pour les bovins migrants et semi-mobiles, du fait que davantage de temps est consacré à l'alimentation, au gardiennage et aux soins vétérinaires. La main-d'oeuvre totale est estimée à 2.0/35 dth par jour pendant la saison des pluies, quand la production laitière est la plus élevée; elle est estimée à 1.8/35 dth par jour pendant le reste de l'année.

### Petits ruminants

La taille moyenne d'un troupeau est de 70 têtes environ, soit 7 UBT; un berger suffit. En se basant sur les mêmes considérations que pour les bovins, les besoins en main-d'oeuvre oscillent entre 1/7 et 1.6/7 homme par jour par UBT.

### Anes

Les ânes doivent être gardés pendant la saison de végétation pour éviter qu'ils ne causent des dommages aux cultures. La taille moyenne d'un troupeau est estimée à 30 têtes, ou 15 UBT; un berger est suffisant. Par conséquent, l'intrant main-d'oeuvre est de 1/15 dth par jour pendant la saison des pluies.

### Chameaux

En ce qui concerne l'élevage des chameaux, aucune main-d'oeuvre n'a été spécifiée.

#### A7.3.3 Intrants monétaires

Les intrants monétaires comprennent presque exclusivement les soins vétérinaires et les concentrés éventuellement administrés. Les coûts des soins vétérinaires par UBT sont estimés à respectivement 2 300 et 3 500 FCFA pour les techniques de production de niveaux bas et élevé. Le prix des concentrés est de 37 FCFA par kg, soit 44 FCFA par kg de matière sèche.

Pour atteindre les niveaux de production spécifiés pour l'activité semi-intensive d'élevage des bovins, il faut plus que l'administration d'un fourrage de qualité supérieure. Il est également nécessaire d'effectuer des investissements supplémentaires en matière de gestion des troupeaux, non seulement en ce qui concerne les soins vétérinaires, mais également en étables et autres structures. En outre, le coût du transport du lait doit aussi être pris en compte. Nous ne disposons pas de données fiables sur ces dépenses; dans la version actuelle du modèle, nous avons supposé un intrant monétaire global de 20 000 FCFA UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pour l'activité de production laitière semi-intensive.

Les intrants utilisés dans la série de données originale sont résumés dans le tableau A7.3, et ceux dérivés des chapitres 13 à 15 dans le tableau A7.4.

Tableau A7.3. Coefficients originaux des intrants des activités d'élevage [ $UBT^{-1} a^{-1}$ ]; absorption fourragère (menu d'une certaine qualité qui comprend fourrage, fourrage des 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].

CODE ACTI-VITE	PRODUIT PRINC.	MOBILITE	ABSORPTION			MAIN-D'OEUVRE		INTR. MON.	
			MENU FOURRAGE	BROWSE <sup>a</sup>	CONC.	PLUIES	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	sédentaire	IV	1 820	-	380	5	14	22.0
B12.	Lait	sédentaire	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.

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

-) Valeur nulle.

Tableau A7.4. Coefficients améliorés des intrants des activités d'élevage [UBT<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]; absorption fourragère (menu d'une certaine qualité qui comprend fourrage, fourrage des 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>a</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>b</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

a) fourrage provenant des essences ligneuses.

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

Source: chapitres 12 à 15.

-: valeur nulle.

## ANNEXE 8. PECHE

### A8.1 Formule OPM (Opération Pêche Mopti).

La formule, dite formule OPM, permet d'estimer les captures totales en poisson frais dans la zone deltaïque. C'est en fait une succession de calculs, développés en détail ci-dessous, qu'il est possible de simplifier en une formule donnée à la section 16.3. Les différents calculs sont extraits de Dansoko & Kassibo (1989b):

A = production de poisson fumé et séché, commercialisée et contrôlée à Mopti [kg].

B = 20% de A = production de poisson fumé et séché, commercialisée et contrôlée dans le reste de la zone [kg].

C = 10% de (A + B) = production de poisson fumé et séché, commercialisée et non contrôlée à Mopti [kg].

D = 20% de C = production de poisson fumé et séché, commercialisée et non contrôlée dans le reste de la zone [kg].

E = A + B + C + D = production de poisson fumé et séché, commercialisée dans la zone [kg].

F = 3% de E = pertes à l'emballage [kg].

G = 15% de E = pertes à la conservation [kg].

H = 576 000 kg = autoconsommation des pêcheurs: 20 g par individu par jour \* 80 000 individus \* 360 jours.

I = 6 480 000 kg = consommation par la population rurale de la 5e Région: 15 g par individu par jour \* 1 200 000 individus \* 360 jours.

J = E + F + G + H + I = 1.58592 \* A + 7 056 000 kg = production totale transformée [kg].

K = 2.25 \* J = poisson fumé converti en poisson frais: 75% de la production totale transformée est du poisson fumé et 1 kg de poisson fumé provient de 3 kg de poisson frais.

L = 1.00 \* J = poisson séché converti en poisson frais: 25% de la production totale transformée est du poisson séché et 1 kg de poisson séché provient de 4 kg de poisson frais.

M = K + L = 3.25 J = 5.15424 \* A + 22 932 000 kg

N = 2 922 048 kg = autoconsommation en frais des pêcheurs actifs: 150 g par actif par jour \* 54 112 actifs \* 360 jours.

O = 472 428 kg = autoconsommation en frais des pêcheurs inactifs: 50 g par individu par jour \* 26 246 inactifs \* 360 jours.

P = 16 848 000 kg = autoconsommation en frais par le monde rural de la 5e Région: 39 g par individu par jour \* 1 200 000 individus \* 360 jours.

Q = 20 242 476 kg = N + O + P = consommation totale en frais.

R = 5.15424 \* A + 43 174 476 kg = M + Q = captures totales en poisson frais dans la zone deltaïque.

## A8.2 Glossaire.

Ce très bref glossaire reprend les définitions données par INRZFH/ ORSTOM (1988).

### A8.2.1 Unités de base pour les mesures.

- Ménage:** Groupe social caractérisé par une habitation commune et une préparation commune des repas: une ou plusieurs femmes préparent pour le groupe. Ce groupe est en général constitué d'un homme marié, de son épouse (ou de ses épouses), de ses enfants et d'éventuels dépendants, mariés ou non. Ce ménage correspond au "foyer".  
 A l'intérieur d'une concession, il peut y avoir plusieurs ménages.  
 Un ménage sédentaire (permanent) est un ménage qui habite une concession permanente.  
 Un ménage migrant (temporaire) est un ménage qui habite une concession temporaire.
- Concession:** Ensemble de constructions à usage divers, tout d'un bloc ou indépendantes, entourées ou non par une clôture. Une concession peut se réduire à une construction.  
 Concession permanente: concession qui est occupée habituellement, même si elle est délaissée une partie de l'année.  
 Concession temporaire: concession qui est occupée pour une campagne de pêche ou seulement une partie de campagne de pêche.
- Pêcheur:** Tout ménage possédant des engins de pêche et exerçant une activité régulière de pêche, même faible, est considéré comme ménage pêcheur.

### A8.2.2 Engins de pêches.

- Senne:** Grand filet muni de gros flotteurs et de lest ainsi que souvent d'une poche. Il barre le fleuve à partir d'une extrémité tenue à la rive. Puis deux équipes le tirent à terre, les uns halant la ralingue supérieure, les autres la ralingue inférieure, de façon à enfermer le poisson dans la poche. Il nécessite la participation d'au moins une dizaine de personnes et s'utilise seulement aux basses eaux.
- Fourier:** Sorte de petite senne, sans flotteurs et très lestée, apparue dans les dix dernières années. Elle est courte (de 7 à 9 m environ), ne barre pas le fleuve et peut être manipulée par un seul pêcheur ou deux. Elle se manoeuvre très lentement, de façon à enfermer le poisson qu'on "recouvre" ensuite en tirant la partie supérieure vers la rive. On dit qu'on le fait "étouffer". Cette petite senne ne s'utilise également qu'aux basses eaux.
- Filets maillants:** Terme très général indiquant que le filet est formé de mailles où les poissons viennent se prendre. Les filets sont pourvus de flotteurs, de lests et ont différents maillages selon le type de poisson visé. Contrairement aux sennes, il s'agit d'un engin passif. On distingue schématiquement les **filets dormants** et les **filets dérivants**.

**Filets**

**dormants:** Les filets dormants sont tendus en fin de journée, entre des piquets. On les relève le matin. Ils s'utilisent aux hautes eaux dans les plaines, puis dans le fleuve quand les eaux baissent, jusqu'à l'étiage.

**Filets**

**dérivants:** Filet que l'on fait dériver, soit entre deux pirogues, soit entre une pirogue et un gros flotteur. Ils sont utilisés en début de crue et surtout aux hautes eaux. Ils sont principalement utilisés par les Somono et les Bozo installés sur le fleuve.

**Epervier:** Filet circulaire, lesté de plombs, avec une amarre centrale. Lancé par le pêcheur, il s'étale à la surface de l'eau puis, en s'enfonçant, il coiffe le poisson comme une cloche. Le pêcheur le remonte ensuite à l'aide de l'amarre.

**Ganga:** Ce sont des filets triangulaires comportant une poche maintenue ouverte par deux perches de bois pouvant avoir une forme de V ou de Y. La poche peut être fermée, percée ou encore munie d'un réservoir. La taille des mailles est très variable. Ils peuvent être manoeuvrés à pied ou en pirogue et l'on note de nombreux types d'utilisation.

Par convention, on utilise uniquement le terme de **ganga** pour le filet triangulaire dont on se sert en début de décrue, de octobre à décembre, pour pêcher principalement le tinéni à des barrages spécialement aménagés dans les plaines d'inondation. Pour tous les autres filets triangulaires, on utilise le terme de **swanya**.

**Swanya:** Voir **ganga**.

**Filet à deux mains:**

Filet à poche avec une armature de bois en forme de Y. Le pêcheur en a un dans chaque main et capture le poisson en amenant les deux ouvertures l'une contre l'autre. Autrefois associé à des barrages en début de cycle, il est maintenant surtout utilisé à l'étiage, dans les mares ou dans le lit mineur des cours d'eau, notamment par les agriculteurs.

**Palangre:** Ce sont des lignes à hameçons multiples. Chacun d'entre eux est monté sur un avançon de cinq à dix centimètres. Ces lignes sont fixées à des piquets, soutenues par des flotteurs et maintenues, par des plombs. Elles sont tendues entre deux eaux. Les poissons s'accrochent en passant près des hameçons non appâtés. L'usage d'appât peut cependant se rencontrer, tout particulièrement en début de crue. Les palangres sont utilisés toute l'année, jusqu'aux très basses eaux.

**Diéné:** Très grande nasse pouvant mesurer trois mètres de long et jusqu'à deux mètres de diamètre. L'armature est faite de cerceaux de bois. La paroi anciennement faite de nervures de rônier est maintenant remplacée la plupart du temps par du filet. Le poisson entre par l'ouverture située en bas et au milieu. Ces nasses sont disposées en barrage, fixées avec des piquets et jointes par des herbes ainsi que des branchages. Les barrages, en forme de V, peuvent compter une certaine de nasses. Les diénés sont utilisés à la décrue, entre novembre et janvier principalement. On peut également en trouver à l'étiage.

- Durankoro:** Petite nasse appâtée de forme tronconique, à armature en bois recouverte de filet. Son diamètre inférieur est d'environ 50 cm pour une hauteur équivalente. Elle s'utilise presque toute l'année sauf aux plus hautes eaux, dans les plaines, au bord des cours d'eau, en barrage sur de petits bras à l'étiage. Cette petite nasse est apparue dans les dix dernières années et est utilisée notamment par les femmes.
- Papolo:** Nasse de forme presque cylindrique, pouvant avoir 60 cm de diamètre et jusqu'à trois mètres de long. Cependant, des types plus petits apparaissent. Elle s'utilise à la montée des eaux, dans les marigots principalement.
- Pirogue:** Longue barque étroite et à fond plat mue à la pagaie ou à la perche et parfois à la voile. Pour notre étude, elle est, par convention, sans moteur et a une capacité de 0.5 à 2 t.
- Pinasse:** Embarcation à fond plat. Pour notre étude, elle est, par convention, avec moteur et a une capacité de 2 à 4 t.

## A8.3 Tableaux annexes

Tableau A8.1. Valeurs des quantités de poisson fumé et séché commercialisées et contrôlées à Mopti [t], des ratios des pourcentages de ces totaux qui sont en fumé et en séché, des estimateurs du poisson total capturé en frais [t], des hauteurs maximales décennales des crues à Mopti [cm], des estimateurs des superficies inondées [km<sup>2</sup>] et des rendements en poisson frais [kg ha<sup>-1</sup>]. Les valeurs sont données pour 23 années de mesures.

AN	FUME & SECHE	FUME/SECHE	TOTAL FRAIS	HAUTEUR	SUPER- FICIE	RENDE- MENT
64	•	•	•	716	nc	•
65	•	•	•	683	nc	•
66	11 578 000	53/47	108 442 179	684	17 838	61
67	9 524 000	53/47	97 138 724	719	20 447	48
68	10 745 000	53/47	103 858 061	651	15 108	69
69	11 243 549	47/53	108 094 889	683	17 763	61
70	10 357 090	57/43	100 784 077	664	16 346	62
71	7 840 097	54/46	87 677 069	648	14 880	59
72	7 751 676	52/48	87 578 868	563	9 673	91
73	5 830 837	57/43	76 162 593	567	9 799	78
74	3 574 349	59/41	63 633 470	650	15 032	42
75	7 634 925	50/50	87 317 807	662	16 197	54
76	8 054 850	64/36	86 872 444	620	12 522	69
77	7 705 000	66/34	84 622 691	566	9 768	87
78	5 859 435	61/39	75 664 219	619	12 441	61
79	7 157 681	70/30	80 987 257	638	14 122	57
80	7 784 976	65/35	85 240 346	591	10 559	81
81	5 600 084	66/34	73 473 009	626	13 007	56
82	5 235 650	67/33	71 389 018	548	9 198	78
83	3 132 824	71/29	59 802 779	502	7 743	77
84	1 994 652	74/26	53 557 585	434	5 822	92
85	1 894 389	76/24	52 838 008	569	9 863	54
86	3 318 427	75/25	60 278 445	532	8 692	69
87	2 431 169	66/34	56 687 352	479	7 020	81
88	2 462 157	70/30	56 413 063	570	9 894	57

•) donnée manquante. nc) estimateur non calculé.

Sources: colonnes 1 & 2: Dansoko & Kassibo (1989) et archives OPM (Dansoko, com. pers.); colonne 4: Direction Régionale de l'Hydraulique de Mopti.

Tableau A8.2. Nombre de ménages et nombre d'individus selon les ethnies concernées par la pêche et selon les trois activités de pêche distinguées.

ACTIVITE/ETHNIE	MENAGE	INDIVIDU
Bozo	4 652	42 796
Sorko	207	1 904
Somono	270	2 484
autres	280	2 576
Pêcheurs Primaires Migrants	5 409	49 760
Bozo	9 818	103 697
Sorko	4 932	52 091
Somono	2 318	24 483
Pêcheurs Primaires Sédentaires	17 068	180 271
Rimaïbé	3 307	34 928
autres	2 352	24 842
Pêcheurs Secondaires Sédentaires	5 659	59 770
Total	28 136	289 801

Source: Baumann (1988), Herry (1988), Lae (1988), Morand (1988), Dansoko & Kassibo (1989).

Tableau A8.3. Répartition [%] selon le sexe (féminin: F; masculin: M) et selon les classes d'âge. Les valeurs sont données selon les populations des trois activités de pêche.

Age	PRIMAIRES MIGRANTS		PRIMAIRES SEDENTAIRES		SECONDAIRES SED.	
	M	F	M	F	M	F
0- 4	9.04	9.04	11.02	8.01	7.76	8.01
5- 9	8.17	8.06	7.66	6.78	7.66	6.78
10-14	5.17	4.26	4.96	5.53	4.96	5.53
15-19	4.41	4.07	4.43	4.67	4.43	4.67
20-24	3.85	3.77	3.49	3.60	3.49	3.60
25-29	3.50	5.54	3.62	4.02	3.62	4.02
30-34	3.10	4.26	2.98	3.63	2.98	3.63
35-39	3.16	2.24	2.74	3.58	2.74	3.58
40-44	1.95	1.82	2.50	2.57	2.50	2.57
45-49	1.96	1.34	2.05	1.78	2.05	1.78
50-54	2.34	1.34	1.96	1.92	1.96	1.92
55-59	0.95	0.78	1.46	1.08	1.46	1.08
60-69	1.63	0.73	2.83	2.02	2.83	2.02
70-79	0.50	0.23	1.08	0.59	1.08	0.59
>80	0.63	0.18	0.46	0.24	0.46	0.24
Total	50.36	49.64	50.23	49.77	50.23	49.77
		100.00		100.00		100.00

Source: Herry (1988).

Tableau A8.4. Répartition [nombre d'individus] selon le sexe (féminin: F; masculin: M) et selon les classes d'âge. Les valeurs sont données selon les populations des trois activités de pêche.

Age	PRIMAIRES MIGRANTS		PRIMAIRES SEDENTAIRES		SECONDAIRES SED.	
	M	F	M	F	M	F
0- 4	4 498	5 484	14 440	13 989	4 788	4 638
5- 9	4 065	4 011	13 809	12 222	4 578	4 052
10-14	2 573	2 120	8 941	9 969	2 965	3 305
15-19	2 194	2 025	7 986	8 419	2 648	2 791
20-24	1 916	1 876	6 291	6 490	2 086	2 152
25-29	1 742	2 757	6 526	7 247	2 164	2 403
30-34	1 543	2 120	5 372	6 544	1 781	2 170
35-39	1 572	1 115	4 939	6 454	1 638	2 140
40-44	970	906	4 507	4 633	1 494	1 536
45-49	975	667	3 696	3 209	1 225	1 064
50-54	1 164	667	3 533	3 461	1 171	1 148
55-59	473	388	2 632	1 947	873	646
60-69	811	363	5 102	3 641	1 691	1 207
70-79	249	114	1 947	1 064	646	353
>80	313	90	829	433	275	143
Total	25 059	24 701	90 550	89 721	30 022	29 748
		49 760		180 271		59 770

Source: tableau A8.1 & A8.2.

Tableau A8.5. Nombre d'engins de pêche selon les trois activités de pêche (PPM: pêcheurs primaires migrants; PPS: pêcheurs primaires sédentaires; PSS: pêcheurs secondaires sédentaires) et les ethnies qui les composent.

Engins	PPM	Boz			PPS Tot	PSS		PSS Tot
		Boz	Sor	Som		Rim	Aut	
Senne	649	589	296	487	1372	20	76	96
Fourrier	595	1866	937	181	2984	0	0	0
F.m. PM	1839	3731	1874	811	6416	562	353	915
F.m. MM	3462	6087	3058	1762	10907	496	400	896
F.m. GM	1839	1964	986	1043	3993	66	47	113
Epervier	1785	5204	2614	788	8606	66	235	301
Ganga	1028	2651	1332	32	4015	265	47	312
Swanya	1244	2356	1184	70	3610	99	24	123
F.2 ma.	920	2945	1480	301	4726	2381	1646	4027
Palangre	3408	6971	3502	348	10821	364	376	740
Harpon	1460	4026	2022	348	6396	364	165	529
Diéné	8650	13745	6905	700	21350	630	240	870
Durankoro	34080	70690	35510	8250	114450	2250	2120	4370
Papolo	17310	40257	20223	4890	65370	830	1180	2010
Piroque	4219	6833	3433	1423	11689	478	296	774
Pinasse	865	1021	513	176	1710	84	33	117
Perche	16117	24583	12351	4973	41907	1770	1020	2790
Pagaie	12657	20499	10299	4269	35067	1434	3060	4494
Moteur	865	1021	513	176	1710	84	33	117

F.m.) filet maillant, PM) petites mailles, MM) moyennes mailles, GM) grandes mailles, F.2 ma.) filet deux mains (annexe A8.2.2).

Source: Baumann (1988), Fay (1988), Kassibo (1988), Lae (1988), Morand (1988), Dansoko & Kassibo (1989).

Tableau A8.6. Valeurs monétaires par ménage pêcheur [ $10^3$  FCFA] de l'investissement total en engins de pêche totaux possédés (CU), de l'amortissement annuel (AM) et des frais d'entretien (FE). Valeurs données pour les différents engins de pêche selon les trois activités de pêche (PPM: pêcheurs primaires migrants; PPS: pêcheurs primaires sédentaires; PSS: pêcheurs secondaires sédentaires).

	PPM			PPS			PSS		
	CU	AM	FE	CU	AM	FE	CU	AM	FE
Sen	95988	29996	4199	64307	20096	2813	13571	4241	594
Xub	6050	2420	550	9616	3846	874	0	0	0
FmP	14450	9633	1700	15976	10651	1880	6872	4581	808
FmM	25602	17068	3200	25561	17041	3195	6333	4222	792
FmG	16999	11333	1700	11697	7798	1170	998	666	100
Epe	5445	2178	330	8320	3328	504	878	351	53
Gan	3516	1406	143	4352	1741	176	1020	408	41
Swa	1437	575	115	1322	529	106	136	54	11
F2m	680	272	85	1108	443	138	2846	1139	356
Pal	4725	4725	0	4755	4755	0	981	981	0
Har	405	135	0	562	187	0	140	47	0
Dié	39980	39980	0	31272	31272	0	3843	3843	0
Dur	7088	7088	0	7544	7544	0	869	869	0
Pap	3600	3600	0	4309	4309	0	400	400	0
Pir	146249	19500	11700	128409	17121	10273	25645	3419	2052
Pin	41979	5597	6397	26299	3507	4007	5427	724	827
Per	2980	14898	0	2455	12276	0	493	2465	0
Pag	4095	4095	0	3595	3595	0	1390	1390	0
Mot	79959	7996	11194	50094	5009	7013	10338	1034	1447
Tot	501228	182497	41313	401553	155048	32150	82180	30833	7081

Source: tableau A8.5 & tableau 16.5.

Tableau A8.7. Prix minimum, maximum et moyen d'achat des engins de pêche et les valeurs utilisées par le modèle-PL sont marquées par \* [FCFA].

ENGIN	MINIMUM	MAXIMUM	MOYEN	REMARQUES
Senne	650 000	800 000	725 000	
	575 000	750 000	662 500	
	500 000	1 000 000	750 000	
	650 000	1 000 000	825 000	
	575 000	1 075 000	825 000	
	500 000	1 075 000	787 500	
	800 000		800 000*	
Fourier				
	50 000	60 000	55 000*	
Filet maillant				
	25 000	60 000	42 500	
	42 500		42 500*	si à petites mailles: PM
	40 000		42 500*	si à moyennes mailles: MM
	50 000		50 000*	si à grandes mailles: GM
	35 000			
Epervier				
	15 000	37 000	26 000	
	15 000	18 000	16 500*	
	11 000			
Ganga				
	15 000	22 000	18 500*	
Swanya				
	5 000	7 500	6 250*	
	3 750	5 000	4 375	
Filet deux mains				
	3 000	5 000	4 000*	
	1 750			
Palangre				
	7 000	8 000	7 500*	
	23 000			
Harpon				
	1 500		1 500*	
Diéné				
	25 000		25 000*	
	20 000			
Durankoro				
	750	1 500	1 125*	
	500	1 500	1 000	
Papolo				
	1 125		1 125*	
Pirogue				
	125 000			[0.5 t]
	125 000	150 000		[1.0 t]
	150 000	250 000		[2.0 t]
	175 000	350 000		[3.0 t]
	300 000			[4.0 t]

Tableau A8.7. Suite.

ENGIN	MINIMUM	MAXIMUM	MOYEN	REMARQUES
Pirogue	350 000	400 000		[5.0 t]
	750 000	1 000 000		[7.0 t]
	125 000	250 000	187 500*	de 0.5 à 2 t, sans moteur
Pinasse	150 000	375 000	262 500*	de 2 à 4 t, avec moteur. Au delà de 4 t, nous considérons que ce sont des pinasses de ba- teliers et non plus de pêcheurs
Perche	750	1 250	1 000*	
Pagaie	1 500	2 000	1 750*	
Moteur	500 000		500 000*	

Sources: Baumann (1988); Dansoko & Kassibo (1989).

Tableau A8.8. Durée de vie des engins de pêche [années]. Les valeurs marquées par \* sont celles utilisées par le modèle-PL.

ENGIN	MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE	REMARQUES
Senne	3	4	3.5	
	2	4	3.0	
	2	3		
	2	4	3.2*	
	3	5		
Fourier	1			sans entretien
Filet maillant	2	3	2.5*	
	1			sans entretien
Epervier	1	2	1.5*	
	1	3	2.0	
	2	3	2.5*	
Ganga	2	3	2.5*	
Swanya	2	3	2.5*	
	2		2.0	

Tableau A8.8. Suite.

ENGIN	MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE	REMARQUES
Filet				
deux mains	2	3	2.5*	
	3		3.0	
Palangre	1		1.0*	
Harpon	3		3.0*	
Diéné	1		1.0*	
Durankoro	2	3	2.5	
	1		1.0*	
Papolo	1		1.0*	
Pirogue	5	7		[0.5 t]
	5			[0.5 t]
	10			[1.0 t]
	10			[2.0 t]
	10			[3.0 t]
	10	15		[4.0 t]
	10	15		[5.0 t]
	10			[7.0 t]
Pirogue:	5	10	7.5*	de 0.5 à 2 t sans moteur
Pinasse:	5	10	7.5*	de 2 à 4 t, avec moteur
Perche	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	0.2*	
Pagaie	1		1.0*	
Moteur	10		10.0*	

Sources: Baumann (1988); Dansoko &amp; Kassibo (1989).

<sup>a</sup>) en mois

Tableau A8.9. Frais annuels d'entretien des engins de pêche (FCFA).  
Les valeurs marquées par \* sont celles utilisées par  
le modèle-PL.

ENGIN	MINIMUM	MAXIMUM	MOYENS	REMARQUES
Senne				
	25 000	40 000	35 000*	
Fourier	5 000		5 000*	
Filet maillant	5 000		5 000*	
Epervier	1 000		1 000*	
Ganga	750		750*	
Swanya	500		500*	
Filet deux mains	500		500*	selon swanya
Palangre	0		0*	
Harpon	0		0*	
Diéné	0		0*	
Durankoro	0		0*	
Papolo	0		0*	
Pirogue	15 000 40 000 70 000			[0.5 t] [3.0 t] [7.0 t]
Pirogue	15 000		15 000*	de 0.5 à 2 t sans moteur
Pinasse	40 000		40 000*	de 2 à 4 t, avec moteur
Perche	0		0*	
Pagaie	0		0*	
Moteur	70 000		70 000*	

Sources: Baumann (1988); Dansoko & Kassibo (1989).

## ANNEXE 9. 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

