

1514

G.K
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
ET DE L'ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DU MALI
UN PEUPLE-UN BUT-UNE FOI

INSTITUT D'ECONOMIE RURALE

CENTRE REGIONAL DE RECHERCHE
AGRONOMIQUE DE NIONO

PROJET PRODUCTION SOUDANO-
SAHELIENNE PSS

K 13

Séminaire sur "Stratégie d'Alimentation du bétail en zone Soudano-Sahélienne du Mali"

UTILISATION DE FANE DE NIEBE (VIGNA unguiculata) ET TOURTEAU DE COTON COMME SUPPLEMENT AVEC LA PAILLE DE RIZ (ORYZA sativa) PAR DES TAURILLONS.

K00
0522

G.A. Kaasschieter; J. Attema et Y.A. Coulibaly

UNION
BIBLIOTHEQUE
N° K 13
Date: 01/06/95

JUIN 1995

L'UTILISATION DE FANE DE NIEBE (*VIGNA UNGUICULATA*) ET TOURTEAU DE COTON COMME SUPPLEMENT AVEC LA PAILLE DE RIZ (*ORYZA SATIVA*) PAR DES TAURILLONS

G.A. Kaasschieter, J. Attema et Y.A. Coulibaly

1. INTRODUCTION

Dans la zone soudano-sahélienne la pression démographique et les besoins croissants à satisfaire en produits alimentaires agricoles occasionnent une exploitation de plus en plus intensive des ressources naturelles (terres agricoles, pâturages). La durabilité des systèmes de production agro-pastoraux sera menacée par cette intensification quand il s'agit d'une sur-exploitation des ressources disponibles.

L'élément-clé en ce qui concerne la production durable des systèmes agro-pastoraux constitue l'amélioration de la disponibilité en éléments nutritifs du sol, car il représente le facteur le plus limitatif (Penning de Vries et Djitéye, 1991; Van Keulen en Breman, 1990). C'est dans ce cadre que l'objectif du Projet Production Soudano-Sahélienne (PSS) a été formulé, c'est-à-dire contribuer au développement des systèmes agro-pastoraux durables dans la zone soudano-sahélienne des pays sahéliens par la recherche de l'efficacité maximale de l'utilisation des intrants azotés et phosphatés dans la production végétale et animale.

La recherche de l'Equipe Exploitation Fourragère (EEF) du PSS est orientée vers l'utilisation la plus efficace des suppléments fourragers (comme intrant azoté) pendant la saison sèche pour plusieurs systèmes d'élevage bovin (stabulation - parcours naturels) en tenant compte du comportement fourrager de l'animal (sélection). Pour atteindre cet objectif des essais fourragers sur l'ingestion et la digestibilité sont formulés avec deux types de fourrage de faible qualité, c'est-à-dire la paille de riz (comme paille fine) et la paille de mil (comme paille grossière) respectivement, et avec différents types de suppléments, comme le tourteau de coton, la fane de niébé et le bourgou.

L'approche choisie est celle de la 'dose - réponse', laquelle donnera des informations sur:

- a. l'effet de chaque niveau de supplément sur l'ingestion de la ration de base et la digestibilité de la ration totale;
- b. l'effet de chaque niveau de supplément sur la production animale.

La connaissance de ces effets permettra ensuite l'élaboration de stratégies fourragères sur la base d'une analyse économique.

Dans ce rapport de recherche l'EEF présente les résultats de deux essais d'ingestion fourragère et de digestibilité de la paille de riz (*Oryza sativa*) supplémentée avec d'une part 4 'doses' de fane de niébé (*Vigna unguiculata*) et d'autre part 4 doses de tourteau de coton par des jeunes taurillons¹.

L'objectif de ces deux essais est de déterminer la rentabilité de ces rations fourragères

¹ Les résultats présentés ici font partie d'une série d'essais de l'ingestion fourragère exécutée par l'Equipe Exploitation Fourragère. Les essais exécutés avec la paille de mil, supplémentée avec le tourteau de coton et la fane de niébé, respectivement, ont été publiés comme Rapport de Recherche No. 4 et No. 7 du projet PSS.

en fonction des différents niveaux de production animale. D'abord des paramètres zootechniques, comme l'ingestion de la ration, le niveau de sélection de la paille et l'interaction entre la paille de riz et les suppléments, seront traités. Ensuite une analyse économique montrera la rentabilité de l'utilisation de la fane de niébé et du tourteau de coton comme suppléments azotés dans une ration à base de paille de riz. Une analyse économique plus profonde de l'utilisation des suppléments dans l'élevage pendant la saison sèche sera publiée par l'Equipe Modélisation des Systèmes du projet.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Animaux et rations

Les deux essais de l'ingestion et de la digestibilité se sont déroulés en 1994 aux étables du Centre Régional de Recherche Agronomique de Niono avec 24 taurillons en croissance (poids vif début: 150 - 200 kg) de race Zébu Peuhl. Quatre lots de 6 taurillons sont soumis aux 4 niveaux de supplémentation (SUP0 - SUP3) de fane de niébé (essai 1 - mars à mai) et de tourteau de coton (essai 2 - juin à août), correspondant à 0 % (témoin), 20 %, 40 % et 60 %, respectivement, de l'ingestion volontaire totale attendue² et exprimés en gramme de matière organique (MO) par kilogramme poids métabolique ($\text{kg}^{-0.75}$) par jour (j^{-1}).

La paille de riz est classée comme paille fine. Il n'y a pas des indications dans la littérature que les ruminants sélectionnent les composantes les plus digestibles de ces types de paille (Doyle *et al.*, 1988; Soebarinoto *et al.*, 1991, de Jong et van Bruchem, 1993); des niveaux élevés de l'offre n'influenceront pas l'ingestion volontaire de la paille par l'animal (voir 2.2). Néanmoins, pour permettre de comparer les résultats avec les essais de la paille de mil (paille grossière) le même dispositif expérimental est utilisé; cela veut dire que chaque lot est subdivisé en trois sous groupes de 2 animaux qui reçoivent environ 120 % (QO1), 180 % (QO2) et 240 % (QO3), respectivement, de l'ingestion volontaire attendue de paille de riz (voir Tableau 1).

La paille de riz et la fane de niébé ont été récoltés durant la campagne 1993 et proviennent du même terroir villageois (aux environs de la ville de Niono). Dans la zone de Niono le battage du riz se fait par une batteuse, ce qui réduit la taille de la paille. Ensuite la paille est bottelée mécaniquement pour faciliter le transport et le stockage. Le tourteau de coton est le sous-produit d'extraction d'huile des graines de coton, et provient en forme de pellet de l'usine HUICOMA (Huilerie Cotonnière du Mali) de Koulikoro.

La mesure de l'ingestion (15 jours) et la collecte de fèces (les 7 derniers jours de ces 15 jours) ont lieu en 3 différentes périodes de mesure pendant lesquelles la quantité offerte (QO) de la paille de riz change entre les sous groupes.

² L'ingestion volontaire attendue de la matière organique (MOI) est calculée sur la base de la teneur en azote et de la digestibilité de la matière organique (Ketelaars et Tolkamp, 1991) de la paille de riz et des suppléments. Pour un calcul détaillé de l'ingestion fourragère se réfère au Rapport de Recherche No. 4 du PSS.

Tableau 1. Dispositif expérimental d'un lot

sous groupes: animaux:		I n=2	II n=2	III n=2
pm1	adaptation : 28 jours mesure : 15 jours	QO1	QO2	QO3
pm2	adaptation: 5 jours mesure : 15 jours	QO2	QO3	QO1
pm3	adaptation: 5 jours mesure : 15 jours	QO3	QO1	QO2

pm = période de mesure; QO = quantité offerte paille de mil

Le supplément est distribué quotidiennement à 8 h, tandis que la paille de riz est distribuée deux fois à 8 h et à 18 h. Le refus de la paille et le fèces de chaque animal sont pesés quotidiennement (7 h 30). Un échantillon de la quantité offerte de la paille, du supplément, du refus et du fèces (par animal) est pris quotidiennement et gardé. Chaque semaine un sous-échantillon de chacun de ces différents échantillons est pris, séché à l'étuve (24 h, 60° C) et broyé (1 mm) pour l'analyse de la matière sèche et des cendres (quantité offerte et refus) et de l'azote (quantité offerte).

Pour la couverture des besoins en minéraux, une pierre à lécher est mise à la disposition de chaque animal.

Les animaux sont pesés au début et à la fin de chaque période de mesure. Ils sont soumis au programme de vaccination et de déparasitage.

2.2. L'ingestion de la paille de riz

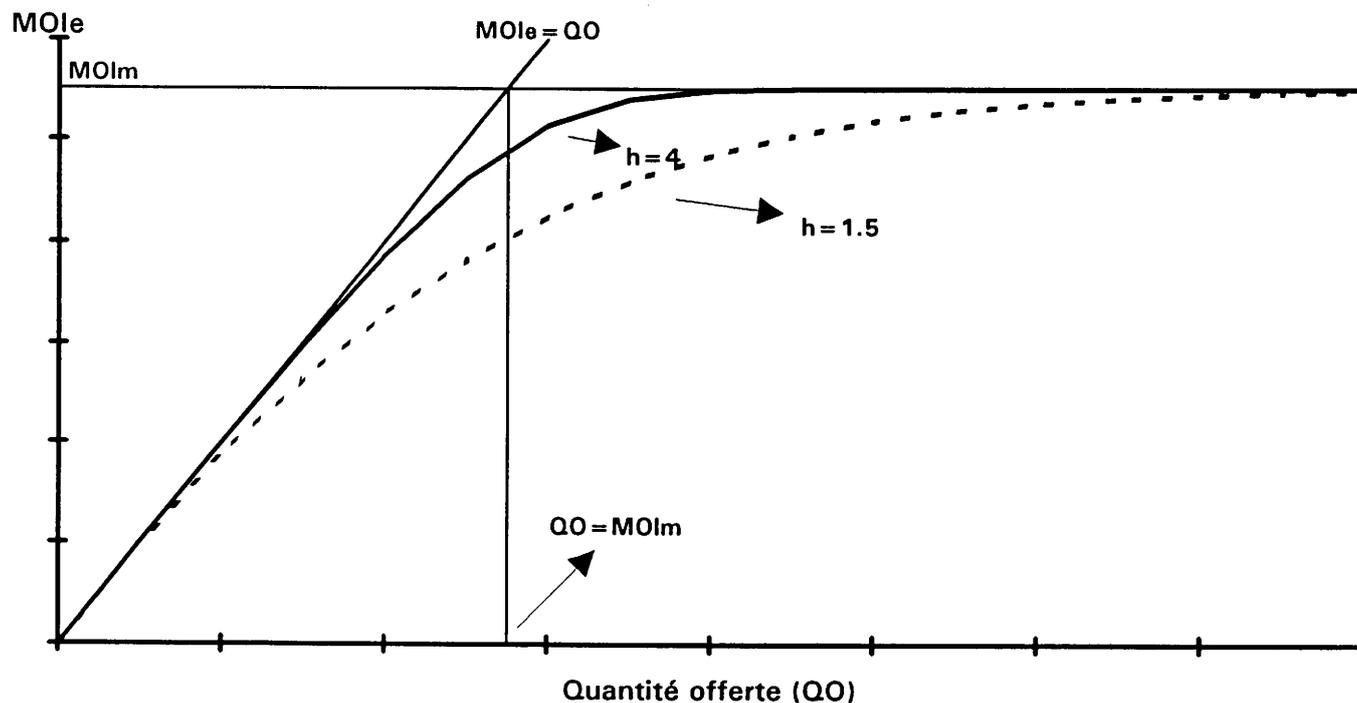
Pour la description de l'ingestion de la paille de riz en fonction de la quantité offerte le modèle non linéaire suivant a été utilisé: (Zemmelink, 1980)

$$MOI_e = MOI_m \times [1 - e^{-\left(p \times \frac{QO}{MOI_m}\right)^h}]^{\frac{1}{h}} \quad \text{Equation 1}$$

avec: $0 < p \leq 1$
 $m > 0$
 $h > 0$

où MOI_e = matière organique ingérée (g kg^{-0,75} j⁻¹)
 MOI_m = matière organique maximale ingérée (g kg^{-0,75} j⁻¹)
 QO = quantité offerte de matière organique du fourrage (g kg^{-0,75} j⁻¹)
 p = fraction de fourrage acceptable, quelque soit la quantité offerte
 h = paramètre de la courbe, tel que $MOI = MOI_m \cdot (1 - e^{-1})^{1/h}$ quand $QO = MOI_m/p$; le degré d'homogénéité du fourrage consommable

Figure 1. Relation entre la matière organique ingérée (MOI) et offerte (QO)
($g\ kg^{-0.75}\ j^{-1}$) (Zemmelink, 1980)



Ce modèle estime trois paramètres: l'ingestion maximale de la matière organique (MOI_m), la fraction acceptable (p) et un paramètre de courbe (h).

Des valeurs faibles de h se traduisent par une dépression de MOI quand $QO = MOI_m/p$ (cf Figure 1); elles indiquent que le fourrage est hétérogène et que l'animal peut faire une distinction entre les différentes composantes de ce fourrage (Zemmelink, 1980). Il est une mesure pour l'homogénéité du fourrage consommable.

Le paramètre p est considéré comme une caractéristique du fourrage qui sera déterminé pour le lot SUP 0 (témoin); pour les lots supplémentés on prendra l'estimation de p du lot témoin.

Si les résultats donnent une estimation élevée du paramètre h , on peut tirer la conclusion que l'ingestion de la paille ne sera plus influencée par l'offre quand cette dernière est supérieure à l'ingestion maximale ($QO_p > MOI_m$). Par conséquent, l'offre de la paille de riz ne sera pas prise en compte dans les modèles pour estimer la digestibilité et l'ingestion de la matière organique digestible³.

³ Voir: Rapports de Recherche No 4 et No 7

2.3. La digestibilité apparente de la matière organique

La digestibilité apparente de la matière organique (DMO) de la ration par animal a été calculée comme suit:

$$DMO_i \% = \left(\frac{MOID_i}{MOI_{totale,i}} \right) \times 100 \% \quad \text{Equation 2}$$

où	DMO_i	= digestibilité apparente de la matière organique de l'animal i (%)	
	$MOID_i$	= matière organique ingérée digestible de l'animal i (= $MOI_{totale,i} - MO_{fèces,i}$)	($g \cdot kg^{-0,75} \cdot j^{-1}$)
	$MOI_{totale,i}$	= matière organique ingérée totale de l'animal i	($g \cdot kg^{-0,75} \cdot j^{-1}$)
	$MO_{fèces,i}$	= matière organique fèces de l'animal i	($g \cdot kg^{-0,75} \cdot j^{-1}$)

2.4. Modèles statistiques

L'objectif de ces essais est de déterminer la rentabilité de l'utilisation des 2 suppléments azotés avec la paille de riz. Pour atteindre cet objectif l'élaboration des modèles statistiques est nécessaire pour prédire l'effet d'un niveau quelconque de supplément (l'azote) sur l'ingestion et la digestibilité de la ration totale. La teneur en azote dans la ration joue un rôle important dans la digestibilité et l'ingestion (énergétique). Dans les modèles statistiques, alors, le taux d'azote sera pris comme variable explicatif.

2.4.1. La digestibilité

Pour permettre d'estimer la digestibilité indépendamment d'un certain niveau du supplément, la DMO est analysée en fonction de l'ingestion de l'azote en utilisant le modèle de régression multiple suivant⁴:

$$DMO_e \% = a + b N + c (N \times N) + e_r \quad \text{Equation 3}$$

où	DMO_e %	= digestibilité apparente estimée de la matière organique (%)	
	N	= azote de la ration	($g \cdot kg^{-1} \cdot MO$)
	a	= constante	
	b,c	= coefficient de régression	
	e_r	= erreur résiduelle	

⁴ Par rapport aux essais fourragers avec la paille de mil il y a un changement dans l'analyse statistique. Dans les modèles de régression pour estimer la digestibilité de la ration et l'ingestion de la matière organique digestible la teneur en azote est prise comme variable indépendante au lieu de la proportion de supplément (voir rapport de recherche No 4 et No 7). Cela nous permet de mieux valoriser l'azote apporté par des suppléments.

2.4.2. La matière organique ingérée digestible

L'ingestion de la matière organique digestible (MOID) par rapport au taux d'azote dans la ration peut être écrite comme une fonction non-linéaire asymptotique et est estimée avec le modèle suivant:

$$MOID_e = a \times (1 - e^{-bN}) + e_r \quad \text{Equation 4}$$

où	MOID _e	= matière organique ingérée digestible	(g kg ^{-0,75} j ⁻¹)
	N	= azote de la ration	(g kg ⁻¹ MO)
	a	= matière organique ingérée digestible maximale (asymptote)	(g kg ^{-0,75} j ⁻¹)
	b	= constante	
	e _r	= erreur résiduelle	

2.5. Gain moyen quotidien

La durée d'essai (83 jours, y compris la période d'adaptation) permet de calculer le gain moyen quotidien (GMQ) de chaque animal (à travers la régression linéaire des poids vifs sur les jours). Pour se prononcer de la relation entre le GMQ et l'ingestion moyenne de la MOD l'équation suivante est utilisée:

$$GMQ = a + b MOID + e_r \quad \text{Equation 5}$$

où	GMQ	= gain moyen quotidien	(g kg ^{-0,75})
	MOID	= matière organique ingérée digestible	(g kg ^{-0,75} j ⁻¹)
	a	= constante	
	b	= coefficient de régression	
	e _r	= erreur résiduelle	

Les valeurs de GMQ et de MOID sont exprimées en g kg^{-0,75} j⁻¹ en diminuant ainsi la variation dans les poids vifs des animaux. Les besoins d'entretien et de gain sont calculés à partir de la constante estimée (a) et du coefficient de régression (b), comme -a/b et 1/b, respectivement.

2.7 Analyse économique

Quant aux calculs de la rentabilité de l'utilisation des suppléments, la production de viande (et du fumier) est choisie comme extrant, produit pendant une période de supplémentation de 90 jours. Les indicateurs économiques suivants sont utilisés:

- La valeur de la production, exprimée en Fcfa par tête (Fcfa t⁻¹) par période d'utilisation, correspond à la valorisation du poids vif final de l'animal et de la

production de fumier d'origine animale et végétale (litière: le refus de la paille). La contribution du fumier au sol constitue l'amélioration de la structure de la matière organique du sol et le maintien de la fertilité du sol (entre autres par l'apport de l'azote). Dans le dernier cas on suppose que tout l'azote apporté sera minéralisé (à long terme) dans le sol et donc absorbable par la culture (Quak et al., 1995). Cependant, il faut tenir compte avec des pertes de stockage et de lessivage dans le sol de MO et de N.

- b. Le coût total de production par animal et par période d'embouche (Fcf^a t⁻¹) correspond à la somme des coûts des différents postes, comme l'achat de l'animal, l'alimentation, les soins vétérinaires, les amortissements (parc à bétail, matériel), l'impôt et la main d'oeuvre.
- c. Le bénéfice net par période (en Fcf^a t⁻¹) est la différence entre la valeur de la production (VP) et le coût total de production.
- d. La productivité de la main-d'oeuvre est le bénéfice net (calculé sans tenir compte des frais de main-d'oeuvre), divisé par le nombre d'homme-jours (FCFA t⁻¹). Il s'agit ici d'un jugement de la rémunération d'un homme-jour lequel est important dans les situations où la main-d'oeuvre est limitative et où une alternative d'utilisation de main d'oeuvre existe. Les besoins en main-d'oeuvre sont constitués par le temps consacrés aux soins des animaux (fixé à 10 minutes par tête par jour) et à l'alimentation (y compris la collecte quotidienne de fumier: fèces et refus fourrager). On estime ce besoin par animal à une minute par jour par kg de fourrage; pour la collecte de fèces et de refus ce besoin a été considéré encore 30 % plus élevé.

Dans l'analyse économique, deux options avec différents niveaux de prix sont analysées. L'option I part plus ou moins du niveau de prix au producteur. Ceci est important car la fane de niébé et la paille de riz pourraient être produites dans la même exploitation (l'association agriculture - élevage !). L'option II correspond au niveau de prix du marché. Il est à souligner que les prix des aliments au marché fluctuent pendant l'année; aussi les coûts de production au producteur varient selon la zone agro-écologique et le niveau d'intensification (EMS, 1995). Pour la paille de riz un prix de 5 Fcf^a et 10 Fcf^a par kilogramme a été retenu. Ces prix correspondent, respectivement, à une estimation des coûts moyens de transport (du champ à l'exploitation du paysan) et au prix de la paille bottelée au marché de Niono. Le prix de fane de niébé est fixé à 8 Fcf^a et 35 Fcf^a par kilogramme, lequel correspond, respectivement à une estimation du coût moyen de production et au prix du marché (EMS, 1995). L'ESPGRN/Sikasso estime pour la zone du Mali-Sud un coût de production de 4 Fcf^a pour 1 kg de paille de céréales et 9 Fcf^a pour 1 kg de fane de niébé (Bengaly *et al.*, 1994). Pour le tourteau de coton deux niveaux de prix sont utilisés c'est-à-dire 25 Fcf^a (prix actuel - mai 1995 - de l'usine à Koulikoro) et 50 Fcf^a (prix maximum - mai 1995 - marché Bamako) par kilogramme.

Le Tableau 2 présente les données de base utilisées.

Tableau 2. Données de base pour déterminer la rentabilité de l'utilisation de la fane de niébé et le tourteau de coton avec la paille de riz dans l'alimentation des taurillons

taurillon: PV* début :	175 kg	<u>prix</u>		
durée supplémentation:	90 jours	fumier**	:	5 Fcfa kg ⁻¹
		N pur	:	360 Fcfa kg ⁻¹
<u>perte de stockage:</u>		Poids vif	:	325 Fcfa kg ⁻¹
MO fumier :	20 %	main d'oeuvre	:	1000 Fcfa j ⁻¹
N fumier :	20 %	impôts**	:	290 Fcfa UBT ⁻¹ an ⁻¹
		soins vétérinaires**	:	600 Fcfa UBT ⁻¹ an ⁻¹
<u>amortissements</u> (Fcfa.UBT ⁻¹ .an ⁻¹):		Pierre à lécher	:	250 Fcfa kg ⁻¹
parque à bétail** :	300 Fcfa	<u>ration</u>		
matériels :	300 Fcfa	paille de riz:	<u>option I</u>	<u>option II</u>
		fane de niébé:	5 Fcfa kg ⁻¹	10 Fcfa kg ⁻¹
		tourteau de coton:	8 Fcfa kg ⁻¹	35 Fcfa kg ⁻¹
			25 Fcfa kg ⁻¹	50 Fcfa kg ⁻¹

PV = Poids vif

** van Duivenboden et Gosseye (1990); Sissoko *et al.* (1995)

Il faut souligner que des niveaux très élevés de production de viande ne pourront jamais être réalisés avec la paille de riz comme ration de base dans le menu. L'objectif de la supplémentation azotée est orienté, en premier lieu, sur la question: comment arrêter les pertes de poids vifs des troupeaux pendant la saison sèche ? Plusieurs niveaux de production ont été constitués, exprimés comme fraction du niveau d'entretien de la matière organique digestible, variant de 0,9 à 1,7 fois le niveau d'entretien.

2.8. Analyse statistique

Les données de base ont été analysées avec les logiciels statistiques GENSTAT (Payne *et al.*, 1987) et DBStat (Brouwer, 1991)

3. RESULTATS

3.1. Composition de la paille.

Les teneurs en matière organique et en azote de la paille de riz et des suppléments figurent au Tableau 3.

Tableau 3. Teneur en matière organique (MO) et en azote (N) de la paille de riz, de la fane de niébé et du tourteau de coton (en g.kg⁻¹ MS)

	PAILLE DE RIZ		FANE DE NIEBE	TOURTEAU DE COTON
<u>g.kg⁻¹ MS</u>	ESSAI 1	ESSAI 2		
MO	859 (24)	848 (8)	892 (13)	926 (18)
N	6,2 (0,4)	6,0 (0,4)	28,4 (3)	79,3 (5,0)

entre parenthèses: écart-type

Le taux d'azote des résidus de récolte des céréales est faible. La valeur moyenne du taux d'azote pour de la paille de riz s'élève à 6,2 et 6,0 g kg⁻¹ MS, respectivement pour l'essai 1 et l'essai 2. Elle est un peu plus basse que celle de la paille de mil, qui variait de 6,1 à 6,7 g kg⁻¹ MS (Kaasschieter et al, 1993; Kaasschieter et Coulibaly, 1995). La teneur moyenne de 6 g N kg⁻¹ MS ne suffit pas pour couvrir les besoins d'entretien en azote (ARC, 1984; Breman et de Ridder, 1991).

Le tourteau de coton contient en moyenne 79,2 g N par kg⁻¹ MS; il est à remarquer que le taux d'azote du tourteau de coton utilisé comme supplément avec la paille de mil était de 59,0 g kg⁻¹ MS (Kaasschieter et al, 1993)

Le taux d'azote de la fane de niébé est en moyenne de 28,4 g.kg⁻¹ MS. Les données de l'Equipe Production Fourragère du PSS montrent une gamme en azote de la fane de niébé de 24,5 à 32,2 (EPF, 1995), de sorte que la fane utilisée apparaît assez représentative.

3.2. Ingestion de la matière organique (digestible) et gain moyen quotidien

La quantité moyenne offerte et l'ingestion moyenne de la paille de riz et des suppléments et l'ingestion totale de la matière organique sont données dans le Tableau 4.

Tableau 4. *Quantité offerte moyenne (QO_p) et ingestion moyenne de la matière organique de la paille de riz (MOI_p) et du supplément (MOI_s), ingestion totale moyenne de la matière organique (MOI_t) en g kg^{-0,75} j⁻¹ et fraction MOI_s/MOI_t en fonction des différents niveaux de supplémentation*

	QO _p	MOI _p	MOI _s	MOI _t	MOI _s /MOI _t
	g kg ^{-0,75} j ⁻¹				
FANE DE NIEBE (essai 1)					
SUP0 (n=18) ¹⁾	90,5 (25,7) ²⁾	46,7 ^a (3,2)	-	46,7 ^a (3,2)	-
SUP1 (n=19)	89,4 (22,9)	51,5 ^b (4,0)	11,2 ^a (0,2)	62,7 ^b (4,2)	0,18
SUP2 (n=16)	87,8 (24,1)	48,6 ^a (4,1)	25,3 ^b (0,9)	73,7 ^c (4,3)	0,34
SUP3 (n=10)	88,6 (25,2)	39,9 ^c (5,1)	36,5 ^c (1,0)	76,4 ^c (5,8)	0,48
TOURTEAU DE COTON (essai 2)					
SUP0 (n=18)	89,3 (25,2)	43,0 ^a (5,0)	-	43,0 ^a (5,0)	-
SUP1 (n=19)	88,3 (22,1)	61,4 ^b (6,4)	12,2 ^a (0,7)	73,5 ^b (6,5)	0,17
SUP2 (n=17)	83,3 (23,4)	50,4 ^c (12,0)	27,4 ^b (1,6)	77,8 ^{bc} (12,5)	0,35
SUP3 (n=15)	90,6 (21,5)	40,3 ^a (7,2)	42,3 ^c (2,8)	82,6 ^c (7,8)	0,51

1) nombre des observations

2) entre parenthèses: écart-type

3) lettres différentes dans la même colonne à l'intérieur des essais dénotent une différence significative (P < 0,05)

L'offre de la paille de riz est plus ou moins égale pour les différents lots. Le niveau de supplémentation des lots SUP1 - SUP3 varie entre 11,2 et 36,5 g MO par kg^{-0,75} j⁻¹ pour l'essai 1 (fane de niébé) et entre 12,2 et 42,3 g MO kg^{-0,75} j⁻¹ pour l'essai 2 (tourteau de coton). En exprimant la quantité ingérée des suppléments comme proportion de l'ingestion totale il ressort du tableau 4 que le niveau de supplémentation est plus ou moins égale pour les deux essais à l'intérieur des lots. Le nombre d'observations par lot varie à cause du fait que les lots ont été reconstitués par rapport à l'ingestion réelle du supplément (surtout dans les lots SUP3 et SUP4 le refus de suppléments était considérable). Des animaux avec une ingestion de supplément, s'écartant beaucoup de l'ingestion moyenne, ne sont pas pris en compte dans l'analyse. En plus il y avait une mortalité dans le lot SUP3.

Bien que il n'y ait pas un effet significatif du temps à l'intérieur des essais (3 périodes de mesure, voir tableau 1) sur l'ingestion de la paille, l'ingestion moyenne de la matière organique de la paille de riz des deux lots témoins diffère significativement (46,7 contre 43,0 g MO kg^{-0,75} j⁻¹), en indiquant que l'utilisation de la paille pendant une période assez longue pourrait avoir un effet négatif sur l'ingestion (P < 0,02).

L'interaction entre le supplément et la ration de base est évidente et dépend du type de supplément. Le tableau 4 montre une augmentation significative (P < 0,01) de l'ingestion moyenne de la paille de riz avec des quantités restreintes de supplément. Ce phénomène de stimulation de l'ingestion est plus net avec le tourteau de coton qu'avec la fane de niébé. L'ingestion de la paille de riz augmente de 43 % avec un niveau de supplémentation de 12,2 g MO de tourteau de coton par kg^{0,75} par jour; avec une quantité comparable de fane de niébé la stimulation de l'ingestion de la paille n'est que 10 % (de 46,7 à 51,5 g MO kg^{-0,75} j⁻¹). Ce n'est qu'avec des niveaux élevés des suppléments (SUP3) qu'on observe une substitution de l'ingestion de la paille par le supplément.

Tableau 5. Estimation des paramètres MOI_m de la paille de riz ($g\ kg^{-0,75}\ j^{-1}$) et h du modèle de Zimmelink (1980)¹

	MOI_m	h
ESSAI 1	46,9 (1,0)	4,4 (2,9)
ESSAI 2	43,0 (1,3)	15,1 (1,2)

1) le paramètre p du modèle est estimé à 1
entre parenthèses: erreur standard

L'analyse de la MOI de la paille en fonction de l'offre, selon le modèle de Zimmelink (voir 2.2), montre que l'ingestion maximale estimée (MOI_m) de la paille (SUP0) s'élève à 46,9 et 43,0 $g\ MO\ kg^{-0,75}\ j^{-1}$ respectivement pour l'essai 1 et 2 (Tableau 5). Les estimations de h (4,4 et 15,1) indiquent qu'il n'y a pas une consommation sélective de la paille de riz par des taurillons, comme illustré par la figure 2. Contrairement aux essais avec la paille de mil comme ration de base, une dépression de l'ingestion de la paille de riz n'a pas lieu avec des niveaux d'offre modérés (par exemple quand $QO_m = MOI_m$). Ceci implique que le niveau d'ingestion *ad libitum* peut être atteint avec un niveau d'alimentation de 120 % (20 % de refus), étant en général la norme acceptée.

Figure 2. Evolution de l'ingestion de la matière organique (MOI_e) ($g\ kg^{-0,75}\ j^{-1}$) en fonction de la quantité offerte (QO_p) de la paille de riz (MO , $g\ kg^{-0,75}\ j^{-1}$)

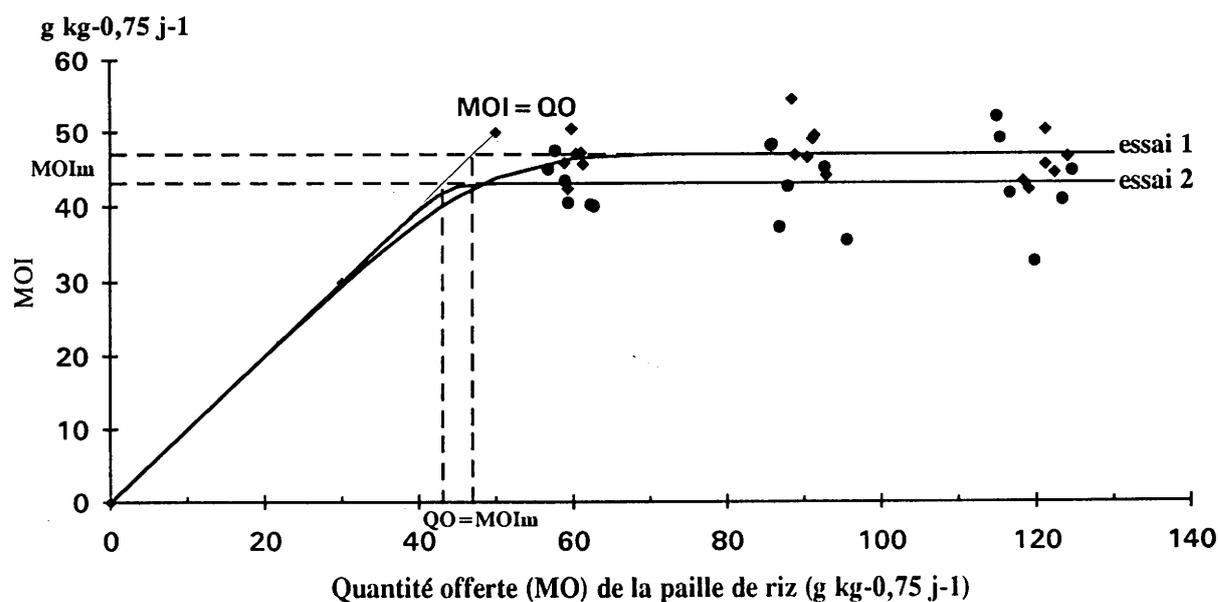


Tableau 6. Digestibilité apparente de la matière organique (DMO, %), ingestion de la matière organique digestible de la ration (MOID) en $g\ kg^{-0.75}\ j^{-1}$ et gain moyen quotidien (GMQ, en g)

LOT	DMO	MOID	GMQ
	%	$g\ kg^{-0.75}\ j^{-1}$	
FANE DE NIEBE (essai 1)			
SUP0	52,3 ^a (4,0)	24,4 ^a (2,3)	-165 ^a (102)
SUP1	56,2 ^b (2,7)	35,2 ^b (2,7)	49 ^b (90)
SUP2	58,1 ^{bc} (3,3)	42,8 ^c (3,8)	240 ^c (88)
SUP3	60,0 ^c (3,2)	45,9 ^d (5,0)	358 ^c (105)
TOURTEAU DE COTON (essai 2)			
SUP0	51,8 ^a (3,8)	22,3 ^a (3,6)	-139 ^a (128)
SUP1	58,2 ^b (2,1)	42,9 ^b (3,8)	478 ^b (186)
SUP2	63,1 ^c (3,1)	49,9 ^c (6,4)	638 ^{bc} (106)
SUP3	64,7 ^c (2,6)	51,3 ^c (5,1)	670 ^c (38)

entre parenthèses: écart-type

lettres différentes dans la même colonne à l des essais dénotent une différence significative ($P < 0.05$)

La digestibilité moyenne apparente *in vivo* de la matière organique de la paille de riz s'élève à 52,3 % et 51,8 % respectivement pour l'essai 1 et 2 (Tableau 6). La supplémentation azotée occasionne une augmentation significative de la digestibilité de la ration ingérée ($P < 0,05$). Cependant, la digestibilité moyenne des rations n'augmente plus significativement à partir du niveau SUP2 (> 30 % de suppléments dans la ration). Il ressort que les rations avec le tourteau de coton sont un peu plus digestible que celles avec la fane de niébé. L'évolution de la digestibilité par rapport au taux d'azote de la ration est aussi présentée par la Figure 3.

En ce qui concerne l'ingestion de la matière organique digestible (MOID) on observe une augmentation significative par rapport au niveau de supplémentation ($P < 0,02$). Il est évident que la qualité de la paille de riz est faible; l'ingestion de la paille seule ne suffira pas pour atteindre les besoins d'entretien en énergie. Cela est montré par la perte de poids vif observée chez les taurillons pendant les essais. Le gain moyen quotidien varie de - 165 g (SUP0) à 358 g (SUP3) pour les rations de fane de niébé et de - 139 g (SUP0) à 670 g (SUP3) pour les rations de tourteau coton. Il est à signaler que la variation de la croissance pondérale des animaux à l'intérieur des lots est considérable. En plus, on note que le tourteau de coton occasionne un gain plus élevé: une ingestion de la MOD de 42,9 $g\ kg^{-0.75}\ j^{-1}$ montre un gain moyen quotidien de 240 g et 478 g respectivement pour la fane de niébé et le tourteau de coton. Une explication pourrait être la différence dans les besoins d'entretien. L'estimation des besoins d'entretien est obtenue à l'aide de la relation linéaire entre le GMQ et l'ingestion de la MOD (en $g\ kg^{-0.75}\ j^{-1}$) (Tableau 7). Dans l'annexe I cette relation est présentée graphiquement.

Tableau 7. Estimations des paramètres de régression du gain moyen quotidien (GMQ) sur l'ingestion de la matière organique (MOID) en $\text{g kg}^{-0,75} \text{j}^{-1}$ (équation 5)

supplément	a	b	R ²	etr ²⁾
fdn ¹⁾	-13,8	0,43	0,84	1,6
tdc	-12,5	0,46	0,87	2,2
moyen	14,2	0,47	0,84	2,2

1) fdn = fane de niébé, tdc = tourteau de coton

2) etr = écart-type résiduelle

Sur la base de ces relations les besoins d'entretien de MOD pour les taurillons en croissance (avec une gamme de poids vif de 140 à 303 kg) et en stabulation sont estimés à $27,3 \text{ g kg}^{-0,75} \text{j}^{-1}$ pour les rations de tourteau de coton et à $32,1 \text{ g kg}^{-0,75} \text{j}^{-1}$ pour les rations de fane de niébé (moyenne générale: $30,1 \text{ g kg}^{-0,75} \text{j}^{-1}$). L'efficacité de l'utilisation de la matière organique digestible semble ne pas différée pour les deux suppléments: les résultats montrent que les besoins de MOD pour 1 g de gain s'élèvent à 2,3 g pour les rations avec la fane de niébé et 2,2 g pour les rations avec le tourteau de coton, respectivement.

Le tableau 6 montre qu'une ingestion de $42,8 \text{ g MOD kg}^{-0,75} \text{j}^{-1}$ peut être atteinte avec 17 % de tourteau de coton (SUP1) ou avec 34 % fane de niébé (SUP2) dans la ration. La quantité moyenne ingérée d'azote des suppléments pour ce niveau de MOID s'élève à 1,17 et $0,84 \text{ g kg}^{-0,75} \text{j}^{-1}$ respectivement pour le tourteau de coton et la fane de niébé; il découle de là que l'augmentation de la MOD (en $\text{g kg}^{-0,75} \text{j}^{-1}$) par gramme de N de supplément est de 17,7 g MOD pour le tourteau de coton et 21,9 g MOD pour la fane de niébé en indiquant une efficacité meilleure de N-fane de niébé sur l'ingestion de l'énergie. Ce phénomène est aussi bien illustré par la Figure 3, qui présente l'évolution de la MOID par rapport à la teneur en azote dans les rations selon les équations 3 et 4. Les estimations des paramètres de ces équations sont présentées au tableau 8.

Figure 3. Evolution de la digestibilité de la MO et de l'ingestion de la MOD par rapport au taux d'azote de la ration

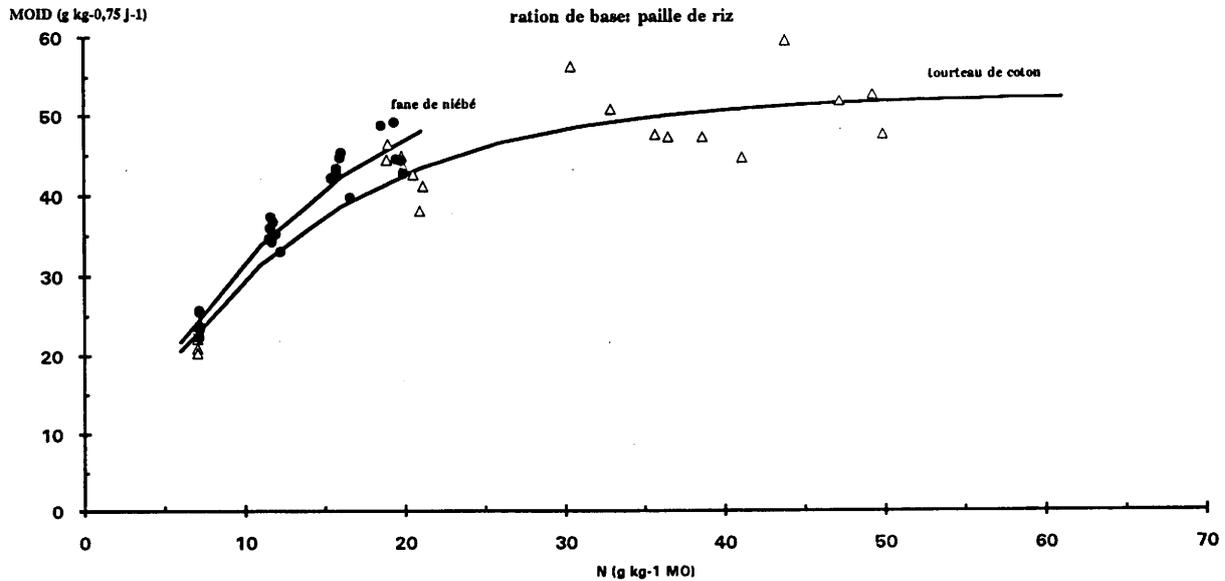


Tableau 8. Estimations des paramètres de régression non-linéaire avec la DMO (en %) et la MOID (en $g\ kg^{-0,75}\ j^{-1}$) comme variables dépendants et l'azote (en g par kg MO) comme variable indépendante

	SUP ¹⁾	a	b	c	R ²	etr ²⁾
équation 3: DMO %	fdn	43,8	1,4	-0,030	0,71	1,9
	tdc	47,7	0,6	-0,005	0,87	2,1
équation 4: MOID ($g\ kg^{-0,75}\ j^{-1}$)	fdn	61,3	-0,073	-	0,93	2,1
	tdc	52,6	-0,083	-	0,94	3,6

1) SUP = supplément: fdn = fane de niébé, tdc = tourteau de coton

2) etr = écart-type résiduelle

Il ressort de ce tableau que l'ingestion de la MOD peut être très bien estimée par la teneur en azote de la ration: à peu près 93 % de la variation observée sont expliqués par le taux d'azote de la ration. L'ingestion maximale de la MOD (constante a) des rations avec la fane de niébé est plus élevée que celle des rations avec le tourteau de coton (c-à-d 61,3 contre 52,6 $g\ kg^{-0,75}\ j^{-1}$). Cette situation est artificielle car la teneur en azote ne peut pas être plus que 32 $g\ kg^{-1}\ MO$, étant donné, le cas où la ration est constituée de 100 % de fane de niébé. Dans la dernière situation l'estimation de MOID s'élève à 55,3 $g\ kg^{-0,75}\ j^{-1}$.

3.5 Rentabilité de l'utilisation de fane de niébé et tourteau de coton

Les résultats de recherche permettent de calculer la valeur nutritive des différents combinaisons de la paille de riz avec des suppléments. Etant donné que la digestibilité et la teneur en azote de la ration jouent un rôle crucial dans l'ingestion d'énergie, la valeur nutritive d'une combinaison fourragère constitue la quantité de MOD par kg matière sèche, la teneur en azote et la fraction N/MOD. Le tableau 9 donne un récapitulatif des valeurs nutritives de la paille de riz et en combinaison avec la fane de niébé ou le tourteau de coton.

Tableau 9. Valeur nutritive des rations constituant la paille de riz supplémentée avec différents niveaux de fane de niébé et de tourteau de coton

	MOD	N	N/MOD
	g kg ⁻¹ MS	g kg ⁻¹ MS	
Essai I			
paille de riz	0,449	6,2	0,014
+ 18 % fane de niébé ¹⁾	0,486	10,1	0,021
+ 34 %	0,505	13,8	0,027
+ 48 %	0,524	16,9	0,032
Essai II			
paille de riz	0,439	6,0	0,014
+ 17 % tourteau de coton	0,500	17,3	0,035
+ 35 %	0,552	30,9	0,056
+ 51 %	0,573	42,0	0,073

1) sur la base de matière organique

La paille de riz contient en moyenne 444 g MOD et 6,1 g N par kg matière sèche. En assumant que 1 g de matière organique digestible apparente correspond à 15,6 kJ énergie métabolisable (EM) (ARC, 1980), la valeur énergétique d'un kilogramme MS de la paille de riz s'élève à 6,9 MJ EM. La combinaison avec le tourteau de coton a un effet considérable sur la valeur énergétique de la ration: en remplaçant à peu près la moitié avec le tourteau l'augmentation de sa valeur énergétique est de 31 % (fane de niébé: 17 %).

Le ratio N/MOD exprime plus ou moins la disponibilité des substrats fourragers aux micro-organismes du rumen. Selon ARC (1984) le rapport optimal entre l'azote et la MOD pour la synthèse de protéine microbienne est de 0,032. Sur cette base on pourrait tirer la conclusion que le facteur limitatif dans les rations de fane de niébé est l'azote (N/MOD < 0,032), tandis que les rations de tourteau de coton sont relativement faible en énergie (N/MOD > 0,032). Ceci pourrait être l'explication pour la différence en azote apporté entre les deux suppléments (figure 3). Vu le déficit de l'énergie relatif à la protéine pour des rations de tourteau de coton l'efficacité de l'azote apporté pourrait être améliorée par la supplémentation additionnelle d'une source d'énergie.

Pour plusieurs niveaux de production animale, il est possible, à l'aide des équations 3, 4 et 5, de formuler des rations fourragères. En utilisant les besoins d'entretien et de gain

du tableau 7 (moyenne générale) et en partant d'un taurillon de 175 kg PV, le Tableau 10 présente les estimations des besoins fourragers moyens d'une période de 90 jours et le gain moyen quotidien pour plusieurs niveaux de production, exprimés comme proportion de l'entretien. Dans l'annexe II les besoins fourragers sont présentés en détail.

Tableau 10. *Quantité moyenne offerte de la paille de riz et des suppléments en kg MS par tête par jour, l'ingestion moyenne de la MOD (en $g\ kg^{-0.75}\ j^{-1}$) et gain moyen quotidien (GMQ, en g) d'un taurillon de 175 kg de Poids vif*

niveau de production	quantité offerte MS ($kg\ t^{-1}\ j^{-1}$)		MOID ($g\ kg^{-0.75}\ j^{-1}$)	GMQ (g)
	paille de riz	supplément		
ss ¹⁾	3,17	-	25,1	-136
fane de niébé				
0,9e ²⁾	3,41	0,09	27,1	-68
e	3,57	0,25	30,1	0
1,3e	3,60	1,04	39,2	205
1,6e	2,64	2,63	48,2	409
Tourteau de coton				
0,9e	3,51	0,06	27,1	-68
e	3,81	0,13	30,1	0
1,3e	4,44	0,49	39,2	205
1,6e	4,47	0,98	48,2	409
1,7e	3,00	2,26	51,2	477

1) ss = sans supplémentation

2) e = entretien ($30,1\ g\ MOD\ kg^{-0.75}\ j^{-1}$)

Le niveau d'alimentation de la paille de riz est fixé sur la base d'un refus fourrager de 20 % (voir 3.2.). L'alimentation avec la paille de riz sans supplémentation, occasionne une perte de poids vif de l'animal. Cette perte s'élève en moyenne à 12 kg par tête pour une période de 90 jours (GMQ = - 136 g). La supplémentation avec la fane de niébé permet un niveau maximum de production de 1,5 fois du niveau d'entretien (MOID = $45,2\ g\ kg^{-0.75}\ j^{-1}$); la ration (comme moyenne de 90 jours) constitue alors 2,64 kg MS de la paille et 2,63 kg MS de la fane par tête par jour. Avec le tourteau de coton une ingestion énergétique de 1,7 du niveau d'entretien peut être atteint, lequel correspond à un gain de 477 g par jour. Etant donné la qualité élevée, le besoin de tourteau de coton est plus bas que dans le cas du niébé pour le même niveau de production animale; cependant le besoin de la paille est plus élevé à cause de l'effet de simulation du tourteau de coton (voir 3.2.)

La valeur de production (VP), le bénéfice (sans main-d'oeuvre) et le bénéfice par homme-jour (en Fcfa) d'un taurillon de 175 kg (poids vif début) avec 2 niveaux de prix des aliments pour une période de 90 jours sont présentés par le tableau 11. L'annexe III donne un récapitulatif plus détaillé.

Tableau 11. Valeur de production (VP), bénéfice (sans main-d'oeuvre) et bénéfice par homme-jour (en Fcfa) pour une période de 90 jours d'un taurillon de 175 kg (poids vif début) avec 2 niveaux de prix des aliments³⁾

niveau de production	VP	bénéfice			
		bénéfice		bénéfice par homme-jour	
		Option I ²⁾	Option II	Option I	Option II
ss	53 950	- 5 705	- 6 575	- 1 975	- 2 245
Fane de niébé					
0,9e ¹⁾	56 060	-3 095	- 5 035	- 1 040	- 1 690
e	58 180	- 925	- 3 380	- 300	- 1 095
1,3e	64 570	4 815	205	1 425	- 60
1,6e	71 075	10 525	2 110	2 860	575
Tourteau de coton					
0,9e	56 075	-2 715	- 4 630	- 905	- 1 545
e	58 205	- 906	- 3 145	- 290	- 1 010
1,3e	64 605	4 285	840	1 250	245
1,6e	70 865	9 310	4 630	2 585	1 285
1,7e	73 235	9 220	2 080	1 535	570

1) e = entretien ($30,1 \text{ g MOD kg}^{-0,75} \text{ j}^{-1}$)

2) option I: prix paille de riz 5 Fcfa kg^{-1} ; fane de niébé 8 Fcfa. kg^{-1} ; tourteau de coton 25 Fcfa kg^{-1}

option II: prix paille de riz 10 Fcfa kg^{-1} ; fane de niébé 35 Fcfa. kg^{-1} ; tourteau de coton 50 Fcfa kg^{-1}

3) Voir le tableau 2 et le tableau 10 pour les données de base

Les besoins totaux en main-d'oeuvre par taurillon (90 jours) varient selon le niveau de production, de 3,0 à 3,7 homme-jour (Annexe III).

En termes monétaires, la situation fourragère sans supplémentation et sans considérer les coûts de main-d'oeuvre, résulte d'une perte variant de 5 705 Fcfa à 6 575 Fcfa par animal pour une période de 90 jours dépendant du prix de la paille.

En supplémentant la paille de riz cette situation change considérablement. Bien que les besoins du tourteau de coton soient bien inférieurs (à l'intérieur des niveaux de production animale), le prix de 25 Fcfa kg^{-1} (option I) ne permet pas une utilisation plus rentable par rapport à celle de la fane de niébé; le bénéfice le plus élevé est atteint avec la fane de niébé et une production animale égale à 1,6 fois du niveau d'entretien (10 525 Fcfa par tête ou 2 860 Fcfa par homme-jour). Le taux de rentabilité (=bénéfice/coûts) s'élève à 17 % dans cette situation. Avec les prix des marchés (Option II) cette situation change complètement; il ressort que l'utilisation du tourteau de coton est la plus rentable (niveau de production: 1,6 entretien). Cependant, il faut souligner que la rémunération de la main d'oeuvre diminue de 2 860 Fcfa à 1 285 Fcfa par jour, étant encore supérieure au salaire d'un journalier (1 000 Fcfa); le taux de rentabilité n'est que de 6 %.

L'achat de l'animal constitue la plus grande partie des coûts totaux, c'est-à-dire 88 % (option

I - fane de niébé) et 81 % (option II - tourteau de coton) des coûts. Il ne sera donc pas étonnant que la rentabilité de la supplémentation est influencée fortement par le prix de la viande. Une augmentation de 50 % de ce prix donnera un bénéfice par homme-jour de 4 700 Fcfa (option I, fane de niébé, niveau de production: 1,6e) et 2 950 Fcfa (option II, tourteau de coton; niveau de production animale: 1,6e).

Il est clair que la production et l'utilisation de la fane de niébé dans la même exploitation peuvent être une bonne option en termes monétaires. Si le paysan achète les suppléments au marché, le choix entre les deux suppléments dépendra de leurs prix. Avec un niveau de prix donné de la paille et de la fane de niébé le prix de l'équilibre pour le tourteau de coton peut être calculé. Dans le tableau 12, un exemple est donné en partant des mêmes coûts fourragers à l'intérieur des niveaux de production animale.

Tableau 12. Prix d'équilibre du tourteau de coton (Fcfa kg⁻¹)

	paille de riz: Fcfa 5 fane de niébé: Fcfa 35	paille de riz: Fcfa 10 fane de niébé: Fcfa 35
e ¹⁾	56	47
1,6e	85	75

1) e = niveau d'entretien

Il ressort de ce tableau que le tourteau de coton est assez compétitif avec la fane de niébé. Quant aux coûts fourragers égaux l'utilisation du tourteau de coton est plus rentable quand le prix du tourteau se situe au dessous de 75 Fcfa à 85 Fcfa par kg, dépendante du prix de la paille de riz.

4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les résidus de récolte (céréales) sont caractérisés par des faibles teneurs en azote et en phosphore et par des valeurs élevées en fibre et lignine. Leurs valeurs nutritives sont déterminées par le degré de lignification.

Contrairement aux autres pailles de céréales, la paille de riz est élevée en silice, tandis que le taux de lignine est relativement faible (Doyle *et al.*, 1988; Juliano *et al.*, 1988, van Soest, 1981). La silice se trouve surtout dans les feuilles, étant donné, la raison que la digestibilité *in vitro* des feuilles est un peu plus basse que celle des tiges (Roxas *et al.*, 1988; Pearce *et al.*, 1988; Hermanto *et al.*, 1991, Bainton *et al.*, 1987,). Cependant, l'effet du taux de silice sur la digestibilité *in vivo* n'est pas clair; il apparait que l'ingestion est affectée à cause d'une acceptabilité plus basse par l'animal (van Soest & Jones, 1968; Doyle *et al.*, 1988).

En moyenne la paille de riz est constituée de 64 % de feuille (y compris les gaines) et 36 % de tiges (Pearce *et al.*, 1988; Hermanto *et al.*, 1991; Orskov, 1988). Il existe une variation considérable dans la composition chimique et la valeur nutritive de la paille de riz à cause des facteurs comme la variété utilisée, la date de récolte, la fertilité du sol, l'utilisation d'engrais (Roxas *et al.*, 1987; Juliano *et al.*, 1987; Soebarinoto *et al.*, 1991). Une analyse de la paille de riz utilisée par L'EEF pendant 3 années montre une gamme de l'azote de 3,0 à 6,5 g.kg⁻¹ MS; dans la littérature on trouve des niveaux plus élevés de l'azote, comme illustré par le Tableau 13. La digestibilité de la matière organique était en moyenne 52,1 %

Tableau N°13.

Valeur énergétique (g MOD kg⁻¹ MS), taux d'azote (g kg⁻¹ MS) et rapport N/MOD des quelques aliments

	MOD	N	N/MOD	determination DMO %	source
paille de riz	0,449	6,2	0,014	in vivo -taurillons	cet essai
paille de riz	0,439	6,0	0,014	in vivo -taurillons	cet essai
paille de riz RD-6	0,446	5,1	0,011	in vivo -taurillons	Wanapat & Kongpiroon (1988)
paille de riz NMS-4	0,430	5,6	0,013	in vivo -taurillons	Wanapat & Kongpiroon (1988)
paille de riz	0,414	7,8	0,019	in vitro Tilley & Terry	Inbrahim et al. (1988)
paille de riz BW297-2	0,476	6,7	0,014	in vitro Tilley & Terry	Zemmelink et al. (1988)
paille de riz BW297-2	0,477	6,7	0,014	in vitro Tilley & Terry	Oosting et al (1989)
paille de riz BG621-9	0,451	6,7	0,015	in vitro Tilley & Terry	Zemmelink et al. (1988)
paille de riz BG 621-1	0,443	7,4	0,017	in vitro Tilley & Terry	Zemmelink et al. (1988)
paille de riz Basmati	0,461	6,6	0,014	in vivo -taurillons	Singh (1991)
paille de riz Jaya	0,339	8,8	0,026	in vivo -taurillons	Singh (1991)
paille de riz Basmati	0,361	5,8	0,016	in vivo -taurillons	Singh (1991)
paille de riz	0,383	9,0	0,023	in vivo - moutons	Soebarinoto et al. (1991)
paille de riz	0,345	6,3	0,018	in vivo -taurillons	Moran et al. (1983)
paille de riz	0,505	3,4	0,007	in vivo -taurillons	Calvet et al. (1974)
paille de riz	0,530	3,7	0,007	in vivo -taurillons	Calvet et al. (1974)
paille de riz	0,469	3,0	0,006	in vitro gaz test	Mahler (1991)
paille de riz	0,452	6,2	0,014	in vivo - moutons	Richard et al. (1989)
paille de riz	0,410	4,5	0,011	in vitro gaz test	Schlecht (1995)
paille de riz	0,407	5,8	0,014	in vitro Tilley & Terry	Oosting et al (1989)
paille de riz	0,406	4,0	0,010	in vivo - moutons	Doyle et Panday (1990)
fane de niébé	0,664	28,4	0,044	in vitro Tilley & Terry	cet essai
fane de niébé	0,618	19,8	0,032	in vitro gaz test	Mahler (1991)
fane de niébé	0,644	30,2	0,047	in vitro gaz test	Schlecht (1995)
tourteau de coton	0,716	79,2	0,111	in vitro Tilley & Terry	cet essai
tourteau de coton	0,578	49,3	0,085	in vitro gaz test	Schlecht (1995)
tourteau de coton	0,652	54,7	0,084	in vivo -taurillons	Capper et al. (1989)
pâturage naturel 1988	0,490	6,8	0,014	in vitro gaz test	Mahler (1991)
pâturage naturel 1989	0,472	11,9	0,025	in vitro gaz test	Mahler (1991)
pâturage naturel 1991	0,485	9,4	0,020	in vitro gaz test	Schlecht (1995)
pâturage naturel 1992	0,467	15,0	0,032	in vitro gaz test	Schlecht (1995)
pâturage naturel 1988	0,458	5,0	0,011	in vivo - moutons	Richard et al. (1989)
champs de riz	0,445	13,1	0,034	in vitro Tilley & Terry	Dicko (1983)

(tableau 6), laquelle donne 444 g MOD par kg MS. Dans la littérature une variation dans la DMO de 36,7 % - 53,1 % a été rapportée (Soebarinoto et al. 1991).

Les données du Tableau N°13 donnent l'impression que la MOD est corrélée négativement avec la teneur en azote. Cela pourrait être expliqué par le fait que l'augmentation de l'azote occasionne un changement du rapport tige/feuille en faveur des feuilles, qui sont moins digestibles (Soebarinoto *et al.*, 1991).

L'ingestion maximale de la paille de riz est atteinte avec des niveaux d'offre assez restreints. Les estimations élevées de paramètre h du modèle de Zemmelink (tableau 5) confirment qu'il n'y a pas une consommation sélective dans la paille de riz par le taurillon. Une sélection de feuille est trouvée par Kaasschieter *et al.* (1994,1995) et Powell (1985) pour la paille de mil (bovins) et par Doyle *et al.* (1988) pour la paille de blé (ovins). Les derniers ont même trouvé une préférence légère des ovins pour les tiges de paille de riz, laquelle peut

être expliquée par la teneur élevée de silice dans les feuilles.

Le tourteau de coton a un effet significatif sur l'ingestion de la paille. Des effets similaires, c'est à dire la stimulation de l'ingestion d'un fourrage de faible qualité par le tourteau de coton, ont été trouvés par Capper *et al.* (1989) avec 4 variétés de la paille d'orge (DMO%: 43,0 - 47,7; ovins) et par Hennessy et Murison (1982) avec la fane de pâturage naturel, constituant 50 % *Chloris gayana* et 15 % *Paspalum dilatatum*. (MOD=0,435 kg kg⁻¹ MS, N/DOM=0,017; taurillons de la race Hereford).

L'ingestion moyenne de l'énergie des rations de la paille de riz (23,4 g MOD, tableau 5) aussi bien que l'ingestion moyenne de l'azote des lots témoins ne suffisent pas pour couvrir les besoins d'entretien. Les besoins énergétiques pour l'entretien varie avec la métabolisabilité ($q = EM/EB$) de la ration (ARC, 1980). Pour la paille utilisée avec une métabolisabilité estimée de 0,39 ($q = 0,0091 * DMO - 0,086$ selon l'INRA, 1978) les besoins d'entretien, exprimés en énergie métabolisable (ME), pour un taurillon de 207 kg⁵ sont estimés à 556 kJ par kg^{-0.75} par jour selon les règles de calculs de l'ARC (1980). En supposant que 1 g MOD est égale à 15,6 kJ EM (ARC, 1980), les besoins énergétique d'entretien s'élèvent alors à 35,6 g MOD kg^{-0.75} j⁻¹. L'Equipe Exploitation Fourragère a trouvé un besoin d'entretien en MOD de 33,4 g kg^{-0.75} j⁻¹ pour des taurillons (Zébu maure) en stabulation, avec une régime alimentaire au-dessus du niveau d'entretien (Coulibaly *et al.*, 1995). Ces besoins d'entretien ont été estimés indirectement par la régression du GMQ (en g kg^{-0.75}) sur la MOID (en g kg^{-0.75}). Dans la même manière de calcul une valeur de 35,1 g MOD par kg^{-0.75} par jour a été trouvé par Hennessy & Murison (1982) pour des taurillons en stabulation de la race Hereford; il faut remarquer, cependant, que le gain n'était pas exprimé en gramme par kg^{-0.75} mais en g j⁻¹. Ces valeurs s'écartent un peu des besoins moyens estimés d'entretien de ces essais, lesquelles sont de 30,1 g MOD kg^{-0.75} j⁻¹ (tableau 7).

Il faut être prudent avec l'estimation indirecte des besoins d'entretien (GMQ - MOID), car le changement pondéral peut être occasionné par les variations du taux d'encombrement du tractus gastro-intestinal et par les variations de l'incorporation de l'eau dans le tissu du corps, comme récapitulé par Blaxter (1989) et par Schlecht (1995).

Les besoins pour un gramme de gain s'estiment à 2,25 g MOD par kg^{0.75}, laquelle correspond à 35,1 kJ EM par kg^{0.75} (tableau 7). L'efficacité globale de l'utilisation de l'EM est estimée à 0,6, mesurée chez les animaux alimentés *ad libitum* (Tolkamp et Ketelaars, 1994), telle que la valeur énergétique d'un gramme de poids s'estime à 21,1 kJ. Ce besoin de 35,1 kJ EM pour 1 gramme de gain diffère avec 10 % de l'estimation de Schlecht (1995), qui a trouvé une valeur de 31,4 kJ EM par gramme gain pour des taurillons de la race Zébu (PV = 189 à 300 kg) en pâture et supplémentés pendant la saison sèche (valeur énergétique d'un gramme de poids 18,8 kJ). Dans le manuel de Breman et de Ridder (1991) en utilisant les données de Chigaru & Holness (1983) un besoin de 30,2 kJ ME par gramme de gain a été calculé (valeur énergétique 18,1 kJ par gramme de poids). Un besoin plus élevé, c'est à dire 47,3 kJ ME par gramme de gain, a été trouvé par Coulibaly *et al.* (1995). Ces besoins énergétiques élevés sont pour le moment difficiles à comprendre. Pour des raisons mentionnées ci-dessus, l'estimation des besoins énergétiques par la méthode indirecte peut

⁵ le poids vif moyen des taurillons, comme moyenne des deux essai, s'élève à 207 kg avec une intervalle de 140 à 303 kg

avoir des grandes variations. Ceci peut être aussi illustré par les essais de l'ingestion fourragère de la paille de mil supplémentée avec la fane de niébé (Kaasschieter & Coulibaly, 1995) et avec le tourteau de coton (Kaasschieter *et al.*, 1994). Les besoins en MOD pour un gramme de gain d'un taurillon Zébu s'estiment respectivement à 3,2 g et 1,8 g par $\text{kg}^{0.75}$. Avec les assumptions que 1 g MOD est égale à 15,6 kJ ME et $\text{EN} = 0,6 \text{ EM}$, la valeur énergétique d'un gramme de poids s'élève à 30,0 et 16,8 kJ.

Les besoins en protéines établis par l'ARC, le NRC et l'INRA sont tous exprimés en protéine dégradable dans le rumen (PDR) et en protéine non-dégradable dans le rumen (PNDR). La protéine brute du fourrage est partiellement dégradée en l'ammoniaque dans le rumen. La synthèse de protéine microbienne est contrôlée par la quantité de l'adénosine triphosphate (ATP), (laquelle est produite dans le rumen par la fermentation microbienne de la matière organique du fourrage), la quantité d'ammoniaque (ou d'acides aminés) et des minéraux (S et P). Satter et Slyter (1974) suggèrent une concentration minimum dans la rumen de $50 \text{ mg NH}_3\text{-N l}^{-1}$ pour la synthèse optimale *in vitro* de protéine microbienne. Pour une dégradation maximale *in vitro* du fourrage des concentrations plus élevées sont nécessaires ($70 - 100 \text{ mg NH}_3\text{-N l}^{-1}$) (Leng, 1990, Oosting *et al.*, 1989). Une concentration optimale d'ammoniaque de $200 \text{ mg NH}_3\text{-N l}^{-1}$ pour l'ingestion maximale des rations de faible qualité a été rapporté par Perdok *et al.* (1988) et Boniface *et al.* (1986). La protéine microbienne et la protéine non-dégradée arrivent à l'intestin grêle, dont ils sont absorbées (comme acides aminés). Selon ARC (1984) le rapport optimal entre l'azote et la MOD est de 0,032. Ceci est une valeur moyenne d'un analyse de 262 rations, dans laquelle, cependant, la variation est considérable (écart-type=12,6). L'estimation est basée sur 1) une proportion de 0,65 de la matière organique digestible est fermentée dans la rumen (MODR) en donnant l'énergie pour la synthèse de la protéine microbienne, 2) une dégradation de la protéine de la ration dans le rumen de 65 % et 3) un besoin de l'azote de la ration pour la synthèse microbienne protéique de 32 g N par kg MODR (ARC, 1984). Il suit d'ici que les besoins en protéines fourragères s'estiment à 20,8 g N par kg DOM. Ayant une valeur moyenne de MOD de $0,444 \text{ kg kg}^{-0.75}$ (tableau 9), la paille de riz avec un taux d'azote de $6,2 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ (tableau 9) devrait contenir $9,2 \text{ g N kg}^{-1} \text{ MS}$ pour satisfaire les besoins de l'azote dégradable des microbes du rumen. Une partie du déficit entre la protéine fourragère et les besoins microbiennes en N peut être équilibrée par l'urée recyclée du sang ou la salive. La disponibilité de N de paille de céréales dans le rumen en général est très faible, car la plus part de l'azote est associée avec les parois cellulaires et la dégradabilité dépendra alors de la digestibilité des parois cellulaires dans le rumen. Il faut souligner que la variation dans les estimations de l'ARC peut être considérable. Par exemple, van Bruchem *et al.* (1993) ont trouvé que 76 % de la matière organique digestible ingerée de la paille de blé ont lieu dans le rumen des ovins. Oosting *et al.* (1993) ont trouvé la même fraction de MODR de la paille de blé; en plus ils ont observé en moyenne une efficacité de la synthèse microbienne de $22,1 \text{ g N kg}^{-1} \text{ DOMR}$. La dégradabilité de l'azote dans le rumen est variable et dépend du fourrage. L'azote apporté influence beaucoup l'ingestion de l'énergie: 93 % de la variation de la MOID s'explique par le taux d'azote de la ration. Le ratio N/DOM dans la ration, qui exprime plus ou moins la disponibilité des substrats fourragers pour les micro-organismes du rumen, pourrait être un indicateur pour la classification des fourrages (ou combinaisons) en termes de déficit relatif en protéines. Il ressort que le facteur limitatif dans les rations de fane de niébé pourrait être l'azote ($\text{N/MOD} < 0,032$), tandis que les rations de paille de riz &

tourteau de coton sont relativement faible en énergie ($N/MOD > 0,032$). Les essais ont montré que la supplémentation avec des quantités élevées de tourteau de coton ($N/DOM > 0,056$) n'augmentera plus l'ingestion de la matière organique digestible, tandis que chaque niveau de supplémentation de la fane de niébé dans la ration augmentera la MOID de la ration. Oosting & Waanders (1993) ont trouvé une tendance pareille concernant la relation entre la MOID et le ratio N/MOD : l'ingestion de MOD par des chèvres d'une ration de paille de blé, infusée avec différents niveaux de N, n'augmentait plus avec un rapport N/MOD supérieur à 0,026. Vu le déficit de l'énergie relatif à la protéine pour des rations de tourteau de coton l'efficacité de l'azote apporté pourrait être améliorée par la supplémentation additionnelle d'une source d'énergie. Les différences entre les deux suppléments en ce qui concerne l'ingestion de MO(D) pourraient être aussi causées par des différences dans la dégradation de l'azote dans le rumen. En général, on suppose que la dégradabilité de N du tourteaux de coton dans la rumen est plus basse que celui de la fane de niébé.

Le pâturage naturel constitue la source principale de l'alimentation du bétail au Mali. La situation fourragère médiocre pendant la saison sèche (surtout les 5 derniers mois), à l'exception des pâturages du Sahel-Nord du Mali (pluviométrie $< 200 \text{ mm an}^{-1}$), est telle que le niveau de production animale est bas (Breman & de Ridder, 1991). La raison la plus importante pour cette situation est la dégradation du sol causée par la pauvreté en éléments nutritifs (Penning de Vries & Djitéye, 1982) et par des capacités de charges très élevées (Breman & Troare, 1987). Bien que le taux d'azote soit assez variable, la valeur énergétique des parcours naturels pendant la dernière période de saison sèche chaude est basse (voir Tableau 13), laquelle cause dans une perte de poids vif des animaux comme rapporté par Mahler (1991), Schlecht (1995), Kaasschieter & Coulibaly (1995) et Bosma *et al.* (1992). La MOD et N des parcours naturels du Tableau 13 concernent les valeurs du menu ingéré comme moyenne de la période janvier - mai. Cependant, les mêmes auteurs constatent le phénomène d'une croissance compensatrice des animaux quand la situation fourragère s'améliore pendant l'hivernage. Une des options technique pour diminuer la pression des pâturages naturels est la diminution des effectifs d'animaux par unité de superficie. En même temps, vu la demande croissante aux produits d'origine animale (et végétale), il y a la nécessité d'augmenter la productivité agricole, laquelle pourrait être réalisée surtout par l'utilisation efficace des intrants externes comme l'engrais dans l'agriculture et les suppléments de bonne qualité dans l'élevage. L'augmentation de production agricole aura un effet sur la production de résidus de récolte. Les résidus de récolte dans le Mali-Sud sont principalement utilisés pour le maintien et le conditionnement des boeufs de traction; une petite partie des résidus est utilisée comme litière pour la production de fumier aux parcs de nuit (Bengaly *et al.*, 1994; Landais & Lhoste, 1993). Cependant, leur utilisation deviendra alors de plus en plus importante à cause de la pression croissante sur les parcours naturels. L'augmentation de la productivité animale exigera un certain niveau d'intensification du système de production. Dans le système mixte d'agriculture - élevage cette intensification constituera, entre autres, des investissements dans la mise en stabulation des animaux, l'utilisation efficace de ressources fourragères disponibles sur l'exploitation agricole (résidus de récolte), l'utilisation stratégique des fourrages de bonne qualité (légumineuses), cultivés à l'exploitation agricole ou achetés, et/ou l'utilisation stratégique de concentrés (achetés) et un soin vétérinaire amélioré. Aussi la production et l'utilisation du fumier et de la litière

(dans un parc à bétail) deviendront de plus en plus importantes pour le maintien de la fertilité du sol, car la mise en stabulation des animaux et le transport des résidus de récolte impliquent une exportation d'éléments nutritifs des champs. Il sera évident que la disponibilité de moyens financiers, des intrants au marché, et de main d'oeuvre forment des conditions primordiales pour la durabilité d'un tel système.

La paille de riz, étant une source fourragère importante en termes de MS dans la zone de L'Office de Niger, peut être utilisée comme fourrage de base. La rentabilité économique d'une supplémentation de la paille de riz dépendra des niveaux de prix des intrants et extrants. L'analyse économique partielle montre que l'utilisation de la paille pendant une période de 90 jours, sous les conditions des prix du Tableau 7, occasionne une perte moyenne de 6 140 Fcfa par tête (Tableau 11). La perspective d'une utilisation rentable de la fane de niébé se trouve surtout dans le système mixte d'élevage - agriculture plus ou moins 'fermé'. Si le paysan produit le niébé sur sa propre exploitation (sur le champs en jachères ou en rotation avec des céréales) l'analyse économique montre une rentabilité de 17 %. Le choix (économique) entre le tourteau de coton ou la fane de niébé sera déterminé par leur prix au marché et leur disponibilité. L'analyse économique partielle montre que la supplémentation de la paille de riz peut être rentable, bien que les bénéfices sous le niveau actuel de prix soient relativement faibles.

REFERENCES

- ARC (Agricultural Research Council), 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, 351 pp
- ARC (Agricultural Research Council), 1984. The nutrient requirements of ruminant livestock. Supplement No 1. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, 351 pp
- Bainton S.J., V.E. Plumb & B.S. Capper, 1987. Botanical composition, chemical analysis and cellulase solubility of rice straws from different varieties. *Animal Production* 44:481 (abstract)
- Bengaly K., R.H. Bosma & S. Bagayoko (1994). Utilisation des sous-produits agricoles et agro-industriels pour l'alimentation des bovins. ESPGRN/Sikasso. Document No 94/34, Décembre 1994
- Blaxter K., 1989. Energy metabolism in animal and man. Cambridge University Press
- Boniface A.M., R.M. Murray & J.P. Hogan, 1986. Optimum level of ammonia in the rumen liquor of cattle fed tropical pasture hay. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 16: 151-154
- Bosma R.H., K. Bengaly & C.B.H. Meurs & W. Berckmoes, 1992. La productivité des ruminants à Tominian. DRSPR/Sikasso
- Breman H. & N. Traoré (eds), 1987. Analyse des conditions de l'élevage et propositions de politiques et de programmes. République du Mali. AB-DLO, Wageningen, Pays-Bas
- Breman H. & N. de Ridder (eds), 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Karthala, Paris, 485 pp.
- Brouwer B.O., 1992. DBStat Version 3. Department of Tropical Animal Production. Agricultural University.
- Bruchem van J., S.J. Oosting, S.C.W. Lammers-Wienhoven & C.P. Leffering, 1993. Ammonia treatment of wheat straw. 1. Voluntary intake, chewing behaviour, rumen pool size and turnover and partition of digestion along the gastr-intestinal tract of sheep. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 41: 111-133
- Calvet H., J. Valenza, R. Boudergues, S. Daillo, D. Friot & J. Chambon, 1974. La paille de riz dans l'alimentation au Sénégal. I. Analyses bromatologiques, digestibilités *in vivo* et *in vivo*, bilans azotés et minéraux. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop*, 27(2): 207-221

Capper B.S., E.F. Thomson & S. Rihawi, 1989. Voluntary intake and digestibility of barley straw as influenced by variety and supplementation with either barley grain or cottonseed cake. *Animal Feed Science and Technology* 26: 105-118

Chigaru P.R.N. & D.H. Holmes, 1983. Estimation of body water and fat in cattle using tritiated water space and live weight with particular reference to the influence of breed. *J. agric. Sci.* 101: 275-264

Coulibaly Y., G.A. Kaasschieter & J.A.M.M. Ketelaars, 1995. Determination des besoins d'entretien des jeunes Zebus. Rapport de recherche PSS. Sous presse.

Dicko M.S., 1983. Nutrition animale. Dans: Wilson R.T., P.N. de Leeuw & C. de Haan (eds). Recherche sur les systèmes des zones arides du Mali: résultats préliminaires. CIPEA. Rapport de recherche No. 5. p 95-106

Doyle P.T., S. Chanpongsang, W.J. Wales & G.R. Pearce, 1988. Variation in the nutritive value of wheat and rice straws. Dans: Dixon R.M. (ed). Ruminal feeding systems utilizing fibrous agricultural residues - 1987. Australian - Asian Agricultural Residues network (7th: 1987: Chiang Mai University). p 75-86

Doyle P.T. & S.B. Panday, 1990. The feeding value of cereal straws for sheep. III. Supplementation with minerals or minerals and urea. *Animal Feed Science and Technology* 29: 29-43

Duivenbooden N. & P.A. Gosseye (eds). Production végétales, animales et halieutiques. Compétition pour des ressources limitées: Le cas de la cinquième Région du Mali, Rapport No 2 Bovins. CABO/ESPR, Wageningen

Hennessy D.W. & R.D. Murison, 1982. Cottonseed meal and molasses as sources of protein and energy for cattle offered low quality hay from pastures of the North Coast of New South Wales. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 22:140-146

Hermanto, Soebarinoto, A.C. Nugroho, R.D. Sulastri & J. van Bruchem, 1991. Variation in *in-sacco* degradation between rice straw varieties related to morphological composition. Dans: Ibrahim M.N.M., R. de Jong, J. van Bruchem & H. Purnomo (Eds). Livestock and feed development in the Tropics. Proceedings of the International Seminar held at Brawijaya University, Malang, Indonesia, 21 - 25 October, 1991. p 225-232

Ibrahim M.N.M., S. Tamminga & G. Zemmeling, 1988. Nutritive value of some commonly available ruminant feeds in Sri Lanka. Dans: Dixon R.M. (e. Ruminal feeding systems utilizing fibrous agricultural residues - 1987. Australian - Asian Agricultural Residues network (7th: 1987: Chiang Mai University). p 137-149

INRA, 1978. Alimentation des ruminants. INRA Publication (eds), Versailles, pp 597

- Jong de R. & J. van Bruchem, (1993). Utilization of crop residues and supplementary feeds in tropical developing countries. Final report to the Commission of the European Communities. pp 84
- Juliano B.O., D.B. Roxas, C.M. perze & G.S. Khush, 1988. Varietal differences in composition and *in vitro* digestibility of harvest rice straw. Dans: Dixon R.M. (ed). Ruminant feeding systems utilizing fibrous agricultural residues - 1987. Australian - Asian Agricultural Residues network (7th: 1987: Chiang Mai University). p 97-113
- Kaasschieter G.A., Y. Coulibaly & M. Kané, 1994. Supplémentation de la paille de mil (*Pennisetum thypoides*) avec le tourteau de coton: effets sur l'ingestion, la digestibilité et la sélection. Rapports PSS No. 4, Wageningen 26 pp.
- Kaasschieter G.A. er Y. Coulibaly, 1995. Rentabilité de l'utilisation de fane de niébé (*Vigna unguiculata*) comme supplément avec la paille de mil (*Pennisetum thypoides*) par des taurillons. Rapports PSS No. 7, Wageningen, 31 pp.
- Ketelaars J.J.M.H & Tolkamp B.J., 1991. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants. Doctoral thesis, Agricultural University Wageningen, The Netherlands, 254 pp.
- Keulen H. van & H. Breman, 1990. Agricultural development in the West African Sahelian region: a cure against land hunger?. Agriculture, Ecosystems and Environment 32, 177-197
- Landais E. & P. Lhoste, 1993. Systèmes d'élevage et transfert de fertilité dans la zone des savanes africaines. Cahiers Agricultures 2: 9-25
- Leng R.A., 1990. Factors affecting the utilization of 'poor quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutrition Research Review 3: 277-303
- Mahler F.C., 1991. Natürliche Weiden und Nebenprodukte des Ackerbaus als Ernährungsgrundlage für die Rinderhaltung am semiariden Standort westafrikas. Thèse de doctorat. 131 pp.
- Moran J.B., K.B. Satoto & J.E. Dawson, 1983. The utilization of rice straw fed to Zebu cattle and swamp buffaloes as influenced by alkali-treatment and Leuceana supplementatiopn. Aust. J. Agric. Res., 34, 73-84
- Oosting S.J., J.M.H.J. Verdonk & G.G.B. Spinhoven, 1989. Effect of supplementary urea, glucose and minerals on the *in vitro* degradation of low quality feeds. Asian-Australasian Journal of Animal Science 2:583-590
- Oosting S.J. & A. Waanders, 1993. The effect of rumen ammonia nitrogen concentration on intake and digestion of wheat straw by goats. Animal Feed Science and Technologie 43: 31-40

Oosting S.J., T.C. Viets, S.C.W. Lammers-Wienhoven & J. van Bruchem, 1993. Ammonia treatment of wheat straw. 2. Efficiency of microbial protein synthesis, rumen microbial protein pool size and turnover, and small intestinal protein digestion in sheep. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 41: 135-151

Orskov E.R., 1988. Consistency of differences in nutritive value of straw from different varieties in different seasons. Dans: Reed J.D., Capper B.S. & Neate P.H.J. (eds). 1988. Plant breeding and the nutritive value of crop residus. Proceedings of a workshop held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 7 - 10 December 1987, ILCA, Addis Ababa.

Payne R.W., P.W. Lane, A.E. Ainsley, K.E. Bicknell, P.G.N. Digby, S.A. Harding, P.K. Leech, H.R. Simpson, A.D. Todd, P.J. Verrier & R.P. White, 1987. *Genstat 5 reference manual*. Oxford Science Publications, Clarendon Press, oxford, 749 pp.

Pearce G.R., J.A. Lee, R.J. Simpson & P.T. Doyle, 1988. Sources of variation in the nutritive value of wheat and rice straws. Dans: Reed J.D., Capper B.S. & Neate P.H.J. (eds). 1988. Plant breeding and the nutritive value of crop residus. Proceedings of a workshop held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 7 - 10 December 1987, ILCA, Addis Ababa.

Penning de Vries F.W.T & M.A. Djitèye (Eds), 1982. *La productivité des pâturages sahéliens, une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle*. Agric. Res. Rep. 918, Pudoc Wageningen, 525 pp

Perdok H.B., R.A. Leng, S.H. Bird, G. Habib & M. van Houtert, 1988. Improving livestock production from straw-based diets. Dans: Thompson E.F. & F.S. Thomson (eds). *Increasing small ruminant productivity in semi-arid areas*. Syria: International centre for Agricultural Research in Dry Areas.

Powell J.M., 1985. Yields of sorghum and millet and stover consumption by livestock in the Subhumid Zone of Nigeria. *Trop. Agric. (Trinidad)* Vol 62 No.1; 77-81

Quak W., Troare M.S.M., K. Sissoko et E.J. Bakker, 1995. *Les techniques de production de cultures durables en zone soudano-sahélienne*. Rapport de recherche. Sous presse

Richard D., H. Guérin & S.T. Fall (1989). Feeds of the dry tropics (Sénégal). Dans: Jarrige R. (ed). *Ruminant nutrition. Recommended allowances & feed tables*. INRA, Paris, 1989. p 325 - 345

Satter L.D. & L.L. Slyter, 1974. Effect of ammonia on rumen microbial protein production *in vitro*. *British Journal of Nutrition* 32: 199 - 208

Singh M., 1991. Utilization of varietal differences in straw quality of crops in livestock production systems. Dans: Ibrahim M.N.M., R. de Jong, J. van Bruchem & H. Purnomo (Eds). Livestock and feed development in the Tropics. Proceedings of the International Seminar held at Brawijaya University, Malang, Indonesia, 21 - 25 October, 1991. p 126-133

Sissoko K, E.J. Bakker, N'F. Dembelé, W. Quak & M.S.M. Touré, 1994. Définition, description et analyse économique partielle des activités d'élevage en zone soudano-sahélienne. Cas de la production de viande bovin. Rapport PSS, en préparation.

Soebarinato, S. Chuzaem, Mashudi & J. van Bruchem, 1991. Nutritive value of rice straws varieties as related to location of growth and season, with special reference to the situation of east Java, Indonesia. Dans: Ibrahim M.N.M., R. de Jong, J. van Bruchem & H. Purnomo (Eds). Livestock and feed development in the Tropics. Proceedings of the International Seminar held at Brawijaya University, Malang, Indonesia, 21 - 25 October, 1991. p 148-155

Soest van P.J. & L.P.H. Jones, 1968. Effect of silica in forages upon digestibility. Journal of Dairy Science 51: 1644-1648

Soest van P.J., 1981. Limiting factors in plant residues of low degradability. Agriculture and Environment 6: 135-143

Schlecht E., 1995. The influence of different levels of supplementation on feed intake and nutrient retention of grazing Zebu cattle in Sahelian agro-pastoral systems. Verlag Shaker, Aachen. pp 200.

Tilley J.M.A. & R.A. Terry, 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of British Grassland Society 18: 104-111

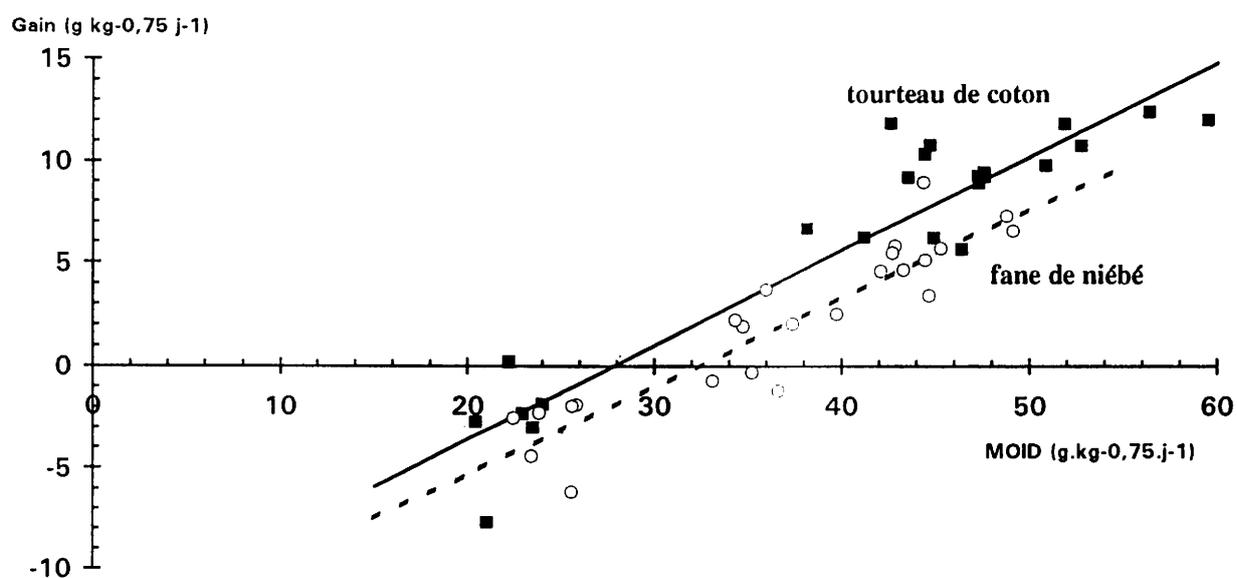
Tolkamp B.J. & J.J.M.H. Ketelaars, 1994. Efficiency of energy utilization in cattle given food *ad libitum*: predictions according to the ARC system and practical consequences. Animal Production 59: 43-47

Wanapat M. & N. Kongpiroon, (1988). Intake and digestibility by native cattle of straw and stubble of glutinous and non-glutinous varieties of rice. Dans: Dixon R.M. (ed). Ruminal feeding systems utilizing fibrous agricultural residues - 1987. Australian - Asian Agricultural Residues network (7th: 1987: Chiang Mai University). p 133-135

Zemmelink G., 1980. Effect of selective consumption on voluntary intake and digestibility of tropical forrages. Agricultural Research Report 896. Pudoc, Wageningen. 100 pp

Zemmelink G., R.M.A. van Noort, S. Tamminga & M.N.M. Ibrahim, (1988). Effect of supplementary nitrogen and iso-acids on *in vitro* degradation of rice straw. Dans: Dixon R.M. (ed). Ruminal feeding systems utilizing fibrous agricultural residues - 1987. Australian - Asian Agricultural Residues network (7th: 1987: Chiang Mai University). p 197-203

Annexe I. Evolution du gain (GMQ) en fonction de la matière organique digestible
ingerée (MOID)



Annexe II. Besoins paille de riz et suppléments (kg) et croissance ponderale (kg) en fonction des niveaux de production (e = entretien; ss = sans supplémentation)

niveau de production	Besoin paille de riz (kg)					Besoin fane de niébé (kg)				
	ss	0.9e	e	1.3e	1.5e	ss	0.9e	e	1.3e	1.5e
MOID (g kg-0,75 j-1):	25.1	27.1	30.1	39.2	45.2	25.1	27.1	30.1	39.2	45.2
jour 1 - 10	37.2	38.4	39.6	38.7	32.8	0.0	1.0	2.8	11.2	20.6
jour 11 - 20	37.0	38.3	39.6	39.0	33.3	0.0	1.0	2.8	11.3	20.9
jour 21 - 30	36.7	38.2	39.6	39.3	33.8	0.0	1.0	2.8	11.4	21.2
jour 31 - 40	36.5	38.1	39.6	39.7	34.2	0.0	1.0	2.8	11.5	21.5
jour 41 - 50	36.3	37.9	39.6	40.0	34.7	0.0	1.0	2.8	11.6	21.8
jour 51 - 60	36.1	37.8	39.6	40.3	35.2	0.0	1.0	2.8	11.7	22.1
jour 61 - 70	35.9	37.7	39.6	40.7	35.6	0.0	1.0	2.8	11.7	22.3
jour 71 - 80	35.6	37.6	39.6	41.0	36.1	0.0	0.9	2.8	11.8	22.6
jour 81 - 90	35.4	37.5	39.6	41.3	36.6	0.0	0.9	2.8	11.9	22.9
total (kg MB- 90 j)	327	341	357	360	312	0.0	8.6	24.8	104.0	195.9
moyen (kg MS j-1)	3.27	3.41	3.57	3.60	3.12					
MSI (kg j-1)	2.61	2.73	2.85	2.88	2.50	0.00	0.09	0.25	1.04	1.96
refus (kg MS j-1)	0.65	0.68	0.71	0.72	0.62					
refus %	20	20	20	20	20					

niveau de production	Besoin paille de riz (kg)						Besoin tourteau de coton (kg)					
	ss	0.9e	e	1.3e	1.5e	1.7e	ss	0.9e	e	1.3e	1.5e	1.7e
MOID (g kg-0,75 j-1):	25.1	27.1	30.1	39.2	45.2	51.2	25.1	27.1	30.1	39.2	45.2	51.2
jour 1 - 10	35.0	39.5	42.4	47.7	46.5	30.9	0	0.7	1.5	5.3	10.2	23.2
jour 11 - 20	34.8	39.4	42.4	48.1	47.3	31.5	0	0.7	1.5	5.3	10.3	23.7
jour 21 - 30	34.6	39.3	42.4	48.5	48.1	32.1	0	0.7	1.5	5.4	10.5	24.2
jour 31 - 40	34.4	39.1	42.4	48.9	48.9	32.7	0	0.7	1.5	5.4	10.7	24.6
jour 41 - 50	34.2	39.0	42.4	49.3	49.7	33.3	0	0.7	1.5	5.4	10.9	25.1
jour 51 - 60	34.0	38.9	42.4	49.7	50.5	33.9	0	0.7	1.5	5.5	11.0	25.5
jour 61 - 70	33.8	38.8	42.4	50.1	51.3	34.5	0	0.7	1.5	5.5	11.2	26.0
jour 71 - 80	33.6	38.7	42.4	50.6	52.0	35.1	0	0.7	1.5	5.6	11.4	26.4
jour 81 - 90	33.4	38.6	42.4	51.0	52.8	35.7	0	0.7	1.5	5.6	11.5	26.9
total (kg MB - 90 j)	308	351	381	444	447	300	0	6.4	13.3	49.0	97.8	225.7
moyen (kg MS j-1)	3.08	3.51	3.81	4.44	4.47	3.00						
MSI (kg j-1)	2.46	2.81	3.05	3.55	3.58	2.40	0	0.064	0.133	0.490	0.978	2.257
refus (kg MS j-1)	0.62	0.70	0.76	0.89	0.89	0.60						
refus %	20	20	20	20	20	20						

niveau de production	Croissance ponderale (kg)					
	ss	0.9e	e	1.3e	1.5e	1.7e
MOID (g kg-0,75 j-1):	25.1	27.1	30.1	39.2	45.2	51.2
PV debut (kg)	175	175	175	175	175	175
PV jour no 10	174	174	175	177	178	180
PV jour no 20	172	174	175	179	182	185
PV jour no 30	171	173	175	181	185	189
PV jour no 40	170	172	175	183	189	194
PV jour no 50	168	172	175	185	192	199
PV jour no 60	167	171	175	187	195	204
PV jour no 70	165	170	175	189	199	208
PV jour no 80	164	170	175	191	202	213
PV jour no 90	163	169	175	193	206	218
PV moyen (kg)	168.9	171.9	175.0	184.2	190.3	196.5

Annexe III. Analyse économique de l'utilisation de fane de niébé tourteau de coton avec la paille de riz

paille de riz: fane de niébé	fcfa		5		8		N fumier		valeur de production Fcfa	main d'oeuvre familial		main d'oeuvre rémunéré			
	MSI paille kg/t/j	refus paille %	MSI sup kg/t/j	coût ration Fcfa/t/j	# hj	MO fumier fèces kg	refus kg	fèces kg		coûts totals Fcfa	bénéfice par hj Fcfa		b/c		
0.9 e	3.415	2.732	20	0.000	3.0	85	42	1.2	0.3	56,061	-3,096	-1,040	-0.05	-6,072	-0.10
e	3.567	2.853	20	0.086	3.1	97	44	1.3	0.4	58,180	-926	-301	-0.02	-4,007	-0.06
1.2e	3.670	2.936	20	0.455	3.3	125	45	1.6	0.4	62,437	2,904	885	0.05	-376	-0.01
1.3e	3.600	2.880	20	0.716	3.4	142	45	1.8	0.4	64,571	-4,814	1,425	0.08	1,437	0.02
1.6e	2.642	2.113	20	2.627	3.7	221	33	2.4	0.3	71,074	10,526	2,860	0.17	6,845	0.11

paille de riz: fane de niébé	fcfa		10		35		N fumier		valeur de production Fcfa	main d'oeuvre familial		main d'oeuvre rémunéré			
	MSI paille kg/t/j	refus paille %	MSI sup kg/t/j	coût ration Fcfa/t/j	# hj	MO fumier fèces kg	refus kg	fèces kg		coûts totals Fcfa	bénéfice par hj Fcfa		b/c		
0.9 e	3.415	2.732	20	0.000	3.0	85	42	1.2	0.3	56,061	-5,036	-1,692	-0.08	-8,012	-0.13
e	3.567	2.853	20	0.086	3.1	97	44	1.3	0.4	58,180	-3,379	-1,097	-0.05	-6,460	-0.10
1.2e	3.670	2.936	20	0.455	3.3	125	45	1.6	0.4	62,437	-863	-263	-0.01	-4,143	-0.06
1.3e	3.600	2.880	20	0.716	3.4	142	45	1.8	0.4	64,571	206	61	0.00	-3,171	-0.05
1.6e	2.642	2.113	20	2.627	3.7	221	33	2.4	0.3	71,074	2,112	574	0.03	-1,569	-0.02

sa = situation actuelle MSI = matière sèche ingerée b/c = bénéfice/coûts

e = entretien hj = hommejour

OO = quantité offerte MO = matière organique

MB = matière brute

Annexe III. Analyse économique de l'utilisation de fane de niébé tourteau de coton avec la paille de riz

paille de riz: tourteau de coton:	fcfa		5		25		N fumier		coût ration Fcf/t/ij	MSI sup kg/t/ij	# hj	MO fumier		valeur de production Fcf/a	main d'oeuvre familial			main d'oeuvre rémunéré				
	QO MS	MSI	refus	MSI	coût	sup	fcfa	refus				kg	kg		kg	kg	coûts		bénéfice	par hj	bénéfice	b/c
	paille kg/t/ij	paille kg/t/ij	paille %	paille kg/t/ij	ration Fcf/t/ij	kg/t/ij	kg	refus kg				refus kg	fcfa		fcfa	fcfa	fcfa		fcfa	fcfa	fcfa	fcfa
ss	3.173	2.539	20		7		75	39	2.9		2.9	0.3		53,964	-5,705	-1,975	-0.10	-8,590	-0.14			
0,9	3.512	2.809	20	0.064	10		85	43	3.0		3.0	0.3	56,076	-2,715	-906	-0.05	-5,713	-0.09				
e	3.812	3.049	20	0.133	14		95	47	3.1		3.1	0.4	58,206	-906	-291	-0.02	-4,020	-0.06				
1,3	4.439	3.551	20	0.490	29		127	54	3.4		3.4	0.4	64,605	4,285	1,249	0.07	854	0.01				
1,6	4.470	3.576	20	0.978	48		149	55	3.6		3.6	0.4	70,865	9,311	2,587	0.15	5,711	0.09				
1,7	2.998	2.398	20	2.257	94		202	37	3.6		3.6	0.3	73,237	9,220	2,533	0.14	5,580	0.08				

paille de riz: tourteau de coton:	fcfa		10		50		N fumier		coût ration Fcf/t/ij	MSI sup kg/t/ij	# hj	MO fumier		valeur de production Fcf/a	main d'oeuvre familial			main d'oeuvre rémunéré				
	QO MS	MSI	refus	MSI	coût	sup	fcfa	refus				kg	kg		kg	kg	coûts		bénéfice	par hj	bénéfice	b/c
	paille kg/t/ij	paille kg/t/ij	paille %	paille kg/t/ij	ration Fcf/t/ij	kg/t/ij	kg	refus kg				refus kg	fcfa		fcfa	fcfa	fcfa		fcfa	fcfa	fcfa	fcfa
ss	3.173	2.539	20		35		75	39	2.9		2.9	0.3	53,964	-5,705	-1,975	-0.10	-8,590	-0.14				
0,9	3.512	2.809	20	0.064	43		85	43	3.0		3.0	0.3	56,076	-4,632	-1,545	-0.08	-7,630	-0.12				
e	3.812	3.049	20	0.133	50		95	47	3.1		3.1	0.4	58,206	-3,143	-1,009	-0.05	-6,257	-0.10				
1,3	4.439	3.551	20	0.490	77		127	54	3.4		3.4	0.4	64,605	840	245	0.01	-2,591	-0.04				
1,6	4.470	3.576	20	0.978	104		149	55	3.6		3.6	0.4	70,865	4,631	1,287	0.07	1,032	0.01				
1,7	2.998	2.398	20	2.257	159		202	37	3.6		3.6	0.3	73,237	2,079	571	0.03	-1,561	-0.02				