Rapports PSS N° 16

Production Soudano-Sahélienne (PSS)
Exploitation optimale des éléments nutritifs en élevage

Projet de coopération scientifique

Supplémentation de la paille de riz avec le tourteau de coton dans l'alimentation des vaches laitières

Relation entre l'ingestion cumulée de matière organique digestible et la production animale (lait, viande)

Thèse pour obtenir le titre de Docteur de Spécialité, Option : Nutrition Animale à l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée*

Moussa Kané**

* ISFRA, B.P. 241, Bamako, Rép. du Mali
** Institut d'Economie Rurale (IER), B.P. 258, Bamako

IER, Bamako
ISFRA, Bamako
AB-DLO, Wageningen, Haren
DAN-UAW, Wageningen

Rapports PSS Nº 16

Wageningen, 1996

P S S

Rapports du projet Production Soudano-Sahélienne (PSS)

Numéro 16

Table des matières

- Avant-propos
  - Résumé
  - 1. Introduction
  - 2. Matériels et méthodes
    - 2.1. Matériels
      - 2.1.1. Animaux
      - 2.1.2. Aliments
      - 2.1.3. Infrastructure et petits matériels
    - 2.2. Méthodes
      - 2.2.1. Dispositif expérimental et rationnement
      - 2.2.2. Détermination des niveaux de supplémentation
      - 2.2.3. Echantillonnage pour les analyses chimiques
      - 2.2.4. Mesure de l'ingestibilité des rations
      - 2.2.5. Mesure de la production laitière

- 2.2.6. Mesure du poids vif des animaux
- 3. Analyses des données
  - 3.1. Données des essais
  - 3.2. Changement du poids des vaches
  - 3.3. Production de lait
  - 3.4. Evolution pondérale des veaux
  - 3.5. Calcul des besoins
- 4. Résultats
  - 4.1. Ingestion de paille de riz et de tourteau de coton au cours des essais
    - 4.1.1. Introduction
    - 4.1.2. Premier essai
      - 4.1.2.1. Introduction
      - 4.1.2.2. MOI de paille et de tourteau (g $kg^{-0,75}$)
      - 4.1.2.3. Pourcentage de tourteau dans la ration
      - 4.1.2.4. DMO des rations totales
      - 4.1.2.5. MOID des rations totales ($kg^{-0,75}j^{-1}$)
      - 4.1.2.6. Conclusion
    - 4.1.3. Deuxième essai
      - 4.1.3.1. Introduction
      - 4.1.3.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}j^{-1}$)
      - 4.1.3.3. Pourcentage de tourteau dans la ration
      - 4.1.3.4. DMO des rations totales
      - 4.1.3.5. MOID des rations ($kg^{-0,75}.j^{-1}$)
      - 4.1.3.6. Conclusion
    - 4.1.4. Troisième essai
      - 4.1.4.1. Introduction
      - 4.1.4.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}j^{-1}$)
      - 4.1.4.3. Pourcentage de tourteau dans la ration
      - 4.1.4.4. DMO des rations totales
      - 4.1.4.5. MOID des rations totales ($kg^{-0,75}j^{-1}$)
      - 4.1.4.6. Conclusion
    - 4.1.5. Quatrième essai
      - 4.1.5.1. Introduction
      - 4.1.5.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}j^{-1}$)
      - 4.1.5.3. Pourcentage de tourteau dans la ration
      - 4.1.5.4. DMO des rations totales
      - 4.1.5.5. MOID des rations totales ($kg^{-0,75}j^{-1}$)
      - 4.1.5.6. Conclusion
    - 4.1.6. Cinquième essai
      - 4.1.6.1. Introduction
      - 4.1.6.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}j^{-1}$)
      - 4.1.6.3. Pourcentage de tourteau dans la ration
      - 4.1.6.4. DMO des rations totales
      - 4.1.6.5. MOID des rations totales ($kg^{-0,75}j^{-1}$)
      - 4.1.6.6. Conclusion
    - 4.1.7. Sixième essai
      - 4.1.7.1. Introduction
      - 4.1.7.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}j^{-1}$)
      - 4.1.7.3. Pourcentage de tourteau dans la ration
      - 4.1.7.4. DMO des rations totales
      - 4.1.7.5. MOID des rations totales ($kg^{-0,75}j^{-1}$)

- 4.1.7.6. Conclusion
- 4.1.8. Conclusion-Discussions
- 4.2. Ingestion de tourteau de coton pendant toute la durée de l'étude
- 4.3. Production laitière
  - 4.3.1. Les vaches du lot 1
  - 4.3.2. Les vaches du lot 2
  - 4.3.3. Les vaches du lot 3
  - 4.3.4. Conclusion - Discussions
- 4.4. Evolution du poids vif des vaches
  - 4.4.1. Les vaches du lot 1
  - 4.4.2. Les vaches du lot 2
  - 4.4.3. Les vaches du lot 3
  - 4.4.4. Conclusion - Discussions
- 4.5. Evolution du poids vif des veaux
  - 4.5.1. Veaux nés en 1993
  - 4.5.2. Veaux nés en 1994
- 4.6. Situation sanitaire des animaux
- Conclusion

5. Interprétation des résultats
- Introduction
- 5.1. Changement de poids vif pendant la phase de non gestation et de non lactation
- 5.2. Changement de poids vif pendant la gestation
- 5.3. Production laitière et changement de poids vif pendant la phase de lactation
- 5.4. Conclusion

6. Utilisation du tourteau de coton dans l'alimentation des animaux
- Introduction
- 6.1. Avantages
- 6.2. Inconvénients
  - 6.2.1. Effets du gossypol sur les animaux
  - 6.2.2. Seuil de tolérance de la teneur du gossypol dans les rations
  - 6.2.3. Quelques données sur le taux de gossypol de la graine et du tourteau de coton
  - 6.2.4. Méthode d'élimination du gossypol du tourteau
  - 6.2.5. Conclusion

7. Conclusion générale
- 7.1. Le potentiel génétique des vaches sahéliennes
- 7.2. L'influence de la sous alimentation sur la productivité
- 7.3. L'effet des conditions sanitaires
- 7.4. Le rôle de la supplémentation

Bibliographie

Annexes

Liste des abréviations et des sigles

« The research for this publication was financed by the Netherlands' Minister for Development Co-operation. Citation is encouraged. Short excerpts may be translated and/or reproduced without prior permission, on the condition that the source is indicated. For translation and/or reproduction in whole the Section DST/SO of the aforementioned Minister should be notified in advance (P.O. Box 20061, 2500 EB The Hague). Responsibility for the contents and for the opinions expressed rests solely with the authors ; publication does not constitute an endorsement by the Netherlands' Minister for Development Co-operation ».

Avant-propos

La présente étude a été financée conjointement par les Pays-Bas et le Mali. Elle a été exécutée dans le cadre du projet « roduction Soudano-Sahélienne » (PSS) avec comme objectif la formation pour le renforcement de la capacité de recherche au Mali.

Avant de présenter les résultats, je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux autorités maliennes et néerlandaises pour la fourniture des moyens qui ont permis de mener à terme cette étude.

J'adresse mes sincères remerciements :
- A la Direction générale de l'Institut d'Economie Rurale (IER) pour l'intérêt tout particulier qu'elle a accordé à cette formation.
- A la Direction générale de l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA) pour avoir assuré la formation.
- A la Direction journalière du projet PSS et les secrétaires en particulier Mlle Aminata KOITA pour leur obligeance, leur disponibilité constante au cours de l'étude.
- A l'Equipe Exploitation Fourragère du projet PSS pour son dévouement et sa collaboration indispensable dans la réalisation des travaux sur le terrain.
- Au personnel de la Station de Recherche Agronomique de Niono et particulièrement l'équipe de santé animale.
- Au personnel du Laboratoire de Nutrition Animale de Sotuba.

Je remercie tout singulièrement :
- Dr Jan J.M.H. KETELAARS, spécialiste en Nutrition Animale à l'Institut de Biologie Agronomique et de la Fertilité du Sol (AB-DLO, Pays-Bas) pour avoir accepté d'être le directeur de thèse. Je tiens à lui exprimer toute ma reconnaissance pour l'attention particulière avec laquelle il a dirigé la thèse.
- Mme Thiam Foufa DIALLO, Directrice adjointe de l'ISFRA pour avoir accepté de présider le jury.
- Dr Maïmouna S. DICKO, spécialiste en Nutrition Animale pour la pertinence de ses observations sur le protocole de recherche et pour avoir accepté d'être membre du jury.
- Dr Ignas HEITKONIG, nutritionniste à l'Université Agronomique de Wageningen (Pays-Bas) pour ses observations et conseils combien utiles.
- Dr Abou BACAYOKO, spécialiste en Alimentation pour ses conseils et pour avoir accepté d'être membre du jury.
- Mr Gert KAASSCHIETER, zootechnicien à l'AB-DLO (Pays-Bas) pour sa collaboration technique au cours de l'étude.
- Dr Alassane CISSE, professeur à l'Ecole Normale Supérieure pour ses suggestions et conseils utiles pendant toute la durée de la formation.
- Mr Yacouba COULIBALY, zootechnicien à l'IER pour sa franche collaboration au cours du travail de terrain.
- Mr Karounga CAMARA, Ingénieur statisticien démographe précédemment professeur vacataire à l'Ecole Nationale d'Administration (ENA) pour son concours dans le traitement des données.

Je remercie également tous ceux qui ont contribué techniquement, matériellement et socialement à la réalisation de cette étude.

A mon regretté père Kono KANE qui m'a tout donné
A ma mère Na DIARRA qui m'a toujours entouré de son affection

A mes enfants Mohamed et Fatoumata
A ma femme Nagnouma Doumbia
pour tous les sacrifices consentis.

A mes frères
A mes neveux

Résumé

L'amélioration de la qualité du menu par la supplémentation est une technique porteuse pour augmenter la productivité des races bovines au Sahel. C'est le gage de l'intensification de la production durable de lait et de viande dans cette région. Cependant, des problèmes subsistent quant à l'utilisation efficace des suppléments notamment la connaissance insuffisante de :
- l'interaction entre le supplément et la ration de base sur l'ingestion d'énergie exprimée en matière organique digestible ;
- et les besoins d'entretien et de production des animaux en cette énergie.

Dans le cadre de cette préoccupation, la présente étude de la relation entre l'ingestion cumulée de matière organique digestible et la production animale (lait, viande) a été effectuée à la Station de Recherche Agronomique de Niono en zone sahélienne du Mali du 11/08/1992 au 19/09/1994. Elle a porté sur 24 vaches zébu (*Bos taurus*) de race maure et peul qui avaient déjà vêlé une ou deux fois. Elles ont été nourries continuellement avec la paille de riz (*Oryza sativa*) comme ration de base et le tourteau de coton en granulés comme supplément.

Le dispositif expérimental comprenait trois lots de vaches correspondant à trois niveaux de supplémentation en saisons sèches (du 28 février au 15 juin 1993 et du 1er octobre 1993 au 15 juin 1994). Mais un seul niveau de supplémentation a été appliqué pour l'ensemble des vaches en saisons des pluies (du 16 juin au 30 septembre de 1993 et de 1994). Ce niveau unique de supplémentation a été de 41 % de tourteau de

coton dans l'ingestion totale de matière organique en hivernage 1993 et de 38 % en hivernage 1994. Les 3 niveaux de supplémentation de saison sèche ont été en moyenne les suivants : 0, 19, 46 % de tourteau de coton dans l'ingestion totale de matière organique. Le niveau le plus élevé de supplémentation a été réduit à partir de la première saison sèche. Cette diminution du niveau le plus élevé de supplémentation a été adoptée comme solution aux problèmes de santé survenus chez les veaux issus du lot des vaches soumises continuellement à ce niveau.

Chaque animal a été maintenu toujours dans le même lot du début à la fin de l'étude. La paille de riz a été offerte à volonté tandis que le tourteau de coton a été rationné. Six essais d'ingestion et de digestibilité in vivo repartis sur toute la période de l'étude ont été effectués avec 15 vaches tirées à chaque fois des lots d'expérience à raison de 5 têtes par lot.

Les résultats ont montré que le taux d'azote de la paille de riz a varié de 4 à 6 g kg^{-1} MS avec une moyenne de 6 g kg^{-1} MS. Celui du tourteau de coton a varié de 60 à 70 g kg^{-1} MS avec une moyenne de 66 g kg^{-1} MS.

La digestibilité de la matière organique de la paille de riz seule a fluctué entre 46 et 61 % avec une moyenne de 54 %. Les estimations de celle du tourteau de coton ont varié de 58 à 90 %.

Les mesures de l'ingestion de matière organique de la paille de riz ont varié de 39 à 63 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} . Les maxima estimés ont varié de 50 à 64 g $kg^{-0,75}$ j^{-1}. L'interaction entre le tourteau de coton et la paille de riz a été mise en évidence sur l'ingestion de celle-ci dans les essais. En général pour la même période, elle a été positive pour des quantités relativement faibles de tourteau ingéré et négative pour les quantités élevées. Le seuil à partir duquel la substitution du tourteau de coton à la paille a été observée a varié de 8 à 17 g $kg^{-0,75}$ j^{-1}. Cependant avec la paille de riz fraîchement récoltée, aucune amélioration de son ingestion n'a été obtenue avec l'apport de tourteau de coton à la ration totale.

L'ingestion d'énergie exprimée en matière organique digestible (MOID) obtenue avec la paille de riz seule a varié de 19 à 38 g $kg^{-0,75}$ j^{-1}. Une ingestion moyenne de 12 à 42 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} de tourteau de coton en supplément de la paille de riz a permis d'obtenir 31 à 76 g de MOID $kg^{-0,75}$ j^{-1}. Les variations de l'ingestion de MOD dans chaque essai ont été liées non seulement à la présence d'animaux à différents états ou stades physiologiques mais aussi et surtout à la quantité de tourteau ingéré et à l'interaction entre les deux aliments. Elles ont été expliquées pour 27 à 83 % par la quantité de tourteau de coton ingéré suivant les essais.

La production journalière de lait a été en moyenne 2 kg dans le lot 1, 3 kg dans les lot 2 et lot 3. La production totale de lait a atteint 586-591 kg par lactation dans le lot 1, 1080-1356 kg dans le lot 2 et 1049-1094 kg dans le lot 3. Les pics les plus élevés de la production journalière ont été 5 kg dans le lot 1, 10 kg dans le lot 2 et 8 kg dans le lot 3. Les résultats ont montré que la production laitière totale ne dépend pas de la situation alimentaire de la période de lactation seulement ; elle est influencée aussi par le passé nutritionnel des animaux. Un passé défavorable limite la production laitière totale.

Les changements de poids ont été émaillés de pertes et de gains de poids. Pendant la dernière période de gestation, les vaches du lot 1 en saison sèche du 28 février au 15 juin 1993 nourries avec la paille de riz seule ont perdu en moyenne 510 g j^{-1} de poids vif. Une ingestion moyenne de 1 et 3 kg de MO $tête^{-1}$ j^{-1} de tourteau de coton en supplément de la paille de riz par celles des lot 2 et lot 3, pendant la même période, a permis d'obtenir des gains de poids moyens quotidiens respectifs de 202 et 501 g. Après la mise-bas, pendant la période où toutes les vaches ont ingéré en moyenne 3 kg de MO $tête^{-1}$ j^{-1} de ce tourteau (saison des pluies 1993), les changements de poids vif dans le lot 1 ont été un gain moyen de 317 g j^{-1} contre des pertes de poids moyennes de 61 et 44 g j^{-1} respectivement dans le lot 2 et lot 3. En supprimant la supplémentation dans le lot 1 en saison sèche du 1er octobre 1993 au 15 juin 1994, les animaux ont perdu en moyenne 140 g j^{-1} de poids vif. Les animaux du lot 2 et du lot 3 qui ont ingéré respectivement 1 kg et 2 kg de MO $tête^{-1}$ j^{-1} de tourteau de coton pendant la même période, les changements de poids vif ont été des gains respectifs de 72 et 55 g j^{-1}.

Le poids moyen à la naissance des veaux issus des lot 1, lot 2 et lot 3 ont été respectivement 18, 21 et 19 kg. La supplémentation avec la farine basse de riz et les fanes de niébé à partir de 4 semaines d'âge a permis d'obtenir une augmentation de poids considérable chez tous les veaux. Ils ont gagné en 6 mois 59 kg dans le lot 1, 77 kg dans le lot 2 et 81 kg dans le lot 3. Les gains de poids vif en 9 mois ont été 83 kg dans le lot 1, 115 kg dans le lot 2 et 104 kg dans le lot 3.

De nombreuses mortalités de veaux sont survenues en hivernage 1993. Le taux de mortalité des veaux issus du lot 1 a été de 14 %. Dans les lot 2 et lot 3, le taux de mortalité a atteint respectivement 50 et 75 %. Des avortements se sont produits aussi en hivernage 1994. Les investigations bactériologiques et parasitologiques effectuées n'ont pas permis d'établir l'étiologie de ces différentes manifestations pathologiques. Les toxiques généralement rencontrés dans les tourteaux de coton notamment le gossypol et ses dérivés ont été avancés comme l'une des causes possibles des problèmes de santé survenus. Cependant aucune analyse du tourteau de coton utilisé dans l'étude n'a pu être effectuée pour confirmer cette hypothèse. Il a été néanmoins suggéré la nécessité de prudence en utilisant à long terme le tourteau de coton dans l'alimentation des vaches.

Les résultats ont également montré que les différences de production animale entre les vaches de même état physiologique résultent de la différence dans leur ingestion de matière organique digestible. L'analyse des quantités de MOID a montré un effet significatif de l'interaction lot * état physiologique (Sign. F = 0,000) indiquant qu'un animal a d'autant plus mangé qu'il a bénéficié d'un niveau plus élevé de supplémentation et que ses besoins ont été plus élevés.

La relation entre la MOID (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1}) et la production animale : gain de poids moyen quotidien (GMQ en g kg $^{-0,75}$ j^{-1}) et production de lait (QL en g $kg^{-0,75}$ j^{-1}) a été établie pour les vaches traversant différents états physiologiques :
- *Vaches en état de non gestation et de non lactation*
MOID = 39,9 (es = 1,46) + 0,30 (es = 0,28) * GMQ où rsd = 12,16. Le besoin d'entretien en MOID est estimé à 39,9 g kg $^{-0,75}$ j^{-1}. Pour obtenir 1 kg de gain de poids vif, il faut 300 g MOID au dessus de l'entretien.
- *Vaches en état de gestation*
MOID = 35,7 (es = 0,73) + 1,13 (es = 0,14) * GMQ où rsd = 8,49. Pour obtenir un gain de poids vif de 1 kg, il faut 1130 g de MOID au dessus de 35,7 g $kg^{-0,75}$ j^{-1}.
- *Vaches en état de lactation*
MOID = 35,4 (es = 2,14) + 0,71 (es = 0,22) * GMQ + 0,460 (es = 0,05) * QL où rsd = 12,81. Le besoin de production de 1 kg de gain de poids est estimé à 710 g de MOID tandis que celui de 1 kg de lait est estimé à 460 g. Le besoin d'entretien en MOID est estimé à 35,4 g $kg^{-0,75}$ j^{-1}.

Ces besoins d'entretien sont tous différents de celui rapporté par l'ARC (1980) (32 g MOID $kg^{-0,75}$ j^{-1}). Les besoins de production obtenus sont également différents de ceux rapportés par Breman & De Ridder (1991) (1,876 g MOID g $^{-1}$ de gain de poids ; 0,363 g de MOID g^{-1} de lait) et par Coulibaly *et al*. (1994, sous presse) (2,94 g MOID g^{-1} de gain de poids).

Mots clés :*Supplémentation, paille de riz, tourteau de coton, ingestion, digestibilité, matière organique ingérée digestible, saison sèche, saison des pluies, vache, état physiologique, zébu (Bos taurus), production de lait, changement de poids vif, besoins, Sahel, Mali.*

1. Introduction

La région subsaharienne recèle un effectif important de cheptel : 152 millions d'UBT dont 20 millions au Sahel parmi lesquels 68 % sont des bovins (Jahnké *et al.*, 1987). Breman & Traoré (1986a, 1986b, 1987) ont rapporté qu'en 1982 les bovins représentaient 58, 72 et 81 % du cheptel national respectivement au Niger, au Mali et au Burkina Faso.

Cependant les besoins en lait et en viande demeurent insatisfaits dans ces pays et dans tout le Sahel. La consommation annuelle moyenne est partout inférieure aux normes de besoins données par la FAO soit 62 l de lait et 42 kg de protéine animale avec un seuil de carence de 21 kg. Au Mali, la consommation moyenne de ces denrées se situe aux environs de 45 l et 15 kg respectivement (DNE, 1986). Cette distorsion relève du décalage entre l'accroissement de la production et l'évolution des besoins. L'équilibre a été rompue depuis la fin des années 1960 et la situation est devenue grave avec l'avènement des grandes sécheresses en 1972-1973 et en 1984. Des efforts louables de redressement ont été entrepris dans tous les pays sahéliens à travers les projets de développement et la Recherche sans pouvoir renverser définitivement la tendance. Les stratégies comme l'hydraulique pastorale et les actions sanitaires ont par moment permis d'accroître le cheptel et par conséquent la production animale. Ceci s'est avéré inefficace à long terme à cause de la limitation progressive des ressources et de leur mauvaise exploitation. L'augmentation du cheptel a entraîné une diminution de la productivité animale et a abouti à une baisse de la production totale. Le bas niveau de la productivité des animaux par comparaison aux races similaires de la zone tempérée est en partie lié à ce phénomène.

En effet, Loosli & McDowell (1985) ont rapporté que le poids à la naissance des veaux est 15-20 % plus faible sous les tropiques que pour les races similaires en climat tempéré ; les taux de croissance sont moins rapides et l'âge à la première mise-bas des femelles se situent entre 4 -6 ans comparativement à 2-3 ans en climat tempéré ; les pourcentages de vêlage sont 40-50 % contre 85 % ; l'âge à l'abattage est 4-6 ans contre 1,5-2 ans.

Dans la zone soudano-sahélienne, des études ont également montré que la productivité des mêmes animaux mesurée dans les systèmes d'élevage extensif est bien inférieure à leur potentiel génétique. Ketelaars (1991) a rapporté que la vitesse de croissance (en kg par jour) mesurée est 0,07-0,15 contre un potentiel de 0,75 ; l'âge au premier vêlage est 40-66 mois contre 30 mois ; l'intervalle entre vêlage est 17-24 mois contre 12 mois et la production de lait 500- 800 kg par lactation contre 1000-2000 kg.

De nombreux auteurs : Wagenaar (1983) ; Breman & Traoré (1986a, 1986b, 1987) ; Pons (1988) ; Preston (1988) ; Breman & De Ridder (1991), ont conclu que le potentiel génétique, la santé, la gestion des troupeaux ne sont pas les premiers responsables de ce bas niveau de productivité ; le facteur le plus limitatif est l'alimentation. Les essais d'alimentation menés dans les différents pays le confirment. Une analyse des performances des troupeaux de zébus maure et peul de la Station de Recherche Zootechnique de Niono (Mali) a montré que l'alimentation

a été la principale cause de baisse générale de ces performances entre 1975 et 1980 par rapport à la situation entre 1966 et 1975 (Kouriba, 1982).

L'augmentation de l'effectif du cheptel en tant que moyen pour accroître la production animale et rapprocher ainsi l'offre de la demande n'apparait plus comme une option technique durable au Sahel. Il y a nécessité de tendre vers une intensification de la production et ceci n'est possible qu'en exploitant au mieux toutes les ressources fourragères disponibles. Actuellement, celles-ci sont mal exploitées ou sous utilisées rendant davantage aigu le problème d'alimentation des animaux en saison sèche qui dure 8 à 9 mois.

Le problème de l'alimentation se résume à la pauvreté du menu notamment en énergie et en azote (Rivière, 1977, 1978 ; Guerin, 1987). Lorsque l'offre fourragère est importante, les animaux procèdent à la sélection pour améliorer leur menu. Des études ont montré que sur des parcours où le taux d'azote est inférieur à 0,8 %, les animaux sont capables de sélectionner les espèces, organes et parties de plante riches en cet élément de façon à avoir un menu de qualité leur permettant de maintenir voire accroître la production. En effet, le menu peut titrer 0,7 % d'azote pendant que la biomasse totale n'en contient que 0,55 % au Sahel et 0,35 % dans la savane (Ketelaars, 1985). Diallo (1978) a montré que grâce à la sélectivité, les bovins du delta du Niger peuvent avoir un menu dont le taux de protéine est d'environ 6 % pendant que celui de la biomasse fourragère totale se situe entre 3 et 4 %.

Ces résultats montrent toute l'importance de la sélectivité pour la qualité du menu et celle du disponible fourrager dans cette sélectivité. Lorsque le fourrage est hétérogène (c'est le cas dans toute la zone), il a été montré qu'il est nécessaire que la quantité de fourrage offert soit suffisamment élevée pour obtenir une ingestion maximale. Ceci a été établi aussi bien pour les pâturages (Zemmelink, 1980) qu'en étable (Kané, 1993). La possibilité d'une plus large sélection par la mise à disposition d'une offre de fourrage plus importante est à la base de ces résultats.

Des options techniques existent pour résoudre le problème de la pauvreté du menu parmi lesquelles la réduction du taux de charge sur les terrains de parcours et l'introduction directe ou indirecte des espèces fourragères de haute qualité nutritive dans les pâturages permettant aux animaux d'améliorer la qualité du menu grâce à la sélection sur une offre plus réduite. La limitation de l'espace pastoral par une expansion des surfaces emblavées et par l'accroissement du cheptel, l'inexistence de code pastoral dans les pays sahéliens et le faible pouvoir d'achat des producteurs ne militent pas en faveur de l'emploi à grande échelle de telles techniques de production.

Une alternative, accessible à la grande majorité des producteurs pour améliorer la qualité du menu de leurs animaux, est la pratique de la supplémentation fourragère directe (apport du principe ou de l'élément déficient) ou indirecte (offre d'aliment riche en élément ou principe recherché). Il existe de nombreux résultats de recherche dans ce domaine dont l'utilisation reste encore limitée soit pour des raisons de disponibilité du supplément soit pour des raisons de coût élevé du supplément ou des opérations relatives à la pratique de la supplémentation.

D'une façon générale, on ne tire pas tout le profit de la pratique de certaines supplémentations fourragères pour plusieurs raisons. On peut citer la connaissance insuffisante du processus d'ingestion du fourrage de base en rapport avec la quantité de supplément ingéré et les contraintes à l'activité optimale des microorganismes du rumen dans des conditions spécifiques. Les travaux de Zemmelink (1980) sur la mesure de l'ingestion fourragère en rapport avec la mesure de la sélectivité et ceux de Ketelaars & Tolkamp (1991) sur la régulation de l'ingestion fourragère sont révélateurs dans ce domaine mais revêtent un caractère général. On peut également citer l'insuffisance de référentiels sur le rapport entre la qualité des ressources fourragères en particulier la quantité de matière digestible ingérée et la production animale. Lorsque la qualité du menu est connue dans un système où l'offre n'est pas limitée, la production animale qu'il permet est en effet fonction de la quantité de matière organique digestible ingérée. A ce propos, Tolkamp & Ketelaars (1994) ont rapporté que dans les systèmes de production bovine où l'offre n'est pas limitée, les fractions de l'énergie métabolisable et de l'énergie digestible de l'aliment ingéré que représente l'énergie nette sont respectivement 0,6 et 0,5 quelque soit le type d'aliment, sa métabolisabilité et la fonction de production animale. Ces conclusions résultent de l'analyse des informations relatives au bovin en croissance (250 kg poids vif) et au bovin en lactation (600 kg poids vif) du système d'évaluation de l'énergie du Royaume Uni (U.K.) publiées par l'ARC (Agricultural Research Council). On peut s'attendre à ce que la supplémentation de la paille de riz offerte *ad libitum* avec le tourteau de coton permette une augmentation de l'ingestion totale de matière organique digestible et un accroissement de la production animale (lait, viande).

Ketelaars (1991) a rapporté que pour un poids vif de bovin compris entre 120 et 300 kg, chaque kg de gain contiendrait 170 g de protéines et 360 g de lipides. Sur la base de la valeur en énergie des lipides (39,3 MJ kg^{-1}) et des protéines animales (23,6 MJ kg^{-1}), chaque kg de gain de poids aurait une valeur énergétique de 18,1 MJ. Le contenu énergétique de 1 kg de lait des vaches sahéliennes serait de 3,5 MJ (Ketelaars, 1991).

Le NRC (National Research Council) (1981) a indiqué que 1 g de matière organique digestible (MOD) est équivalent à 15,8 kJ d'énergie métabolisable (EM). Il publie entre autres les estimations réactualisées des besoins en énergie des bovins, ovins et caprins des pays tempérés. Les mêmes types d'informations, non superposables quelques fois, sont fournis par l'ARC (1980). Les besoins pour l'entretien du bovin exprimés en matière organique digestible sont estimés à 32 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} ; pour produire 1 kg de gain on estime le besoin à 1,876 kg de MOD

et pour 1 litre de lait, 0,363 kg de MOD (Breman & De Ridder, 1991). On peut s'attendre à ce que ces normes de nutrition ne soient pas toujours applicables sur les animaux des pays sahéliens. Des indications de différence ont déjà été données (Kaasschieter *et al* ., 1994 ; Coulibaly *et al*., sous presse).

La détermination des besoins réels de production sur la base de la matière organique digestible ingérée dans le contexte du Sahel s'avère très utile ; elle permet une utilisation plus efficace des suppléments. L'application est pratique et simple dans le système actuel de l'élevage sahélien où la contribution des zones pastorales traditionnelles est en constante régression. La présente étude s'inscrit dans le cadre de cette préoccupation. Elle vise les objectifs suivants :

1) Connaître l'évolution de l'ingestion de la paille de riz et de l'énergie totale ingérée exprimée en matière organique digestible en fonction de la quantité de tourteau ingéré chez les vaches de race zébu traversant différents états physiologiques.

2) Evaluer l'effet de la supplémentation de la paille de riz avec le tourteau de coton sur la production de lait et le changement de poids vif.

3) Etablir les besoins d'entretien et de production animale (lait, viande) en énergie exprimée en matière organique digestible pour les vaches de race zébu en reproduction.

Le document comporte sept chapitres. Dans cette introduction (Chapitre 1) nous venons de situer l'étude dans le contexte des problèmes d'alimentation et de nutrition au sahel en précisant les objectifs à atteindre. Ce chapitre a été précédé par le résumé des résultats obtenus.

Aux Chapitres 2 et 3, nous avons présenté les animaux utilisés, la ration de base, le supplément et la façon dont ils sont combinés pour nourrir ces animaux. Nous avons ensuite décrit la nature et la méthodologie de collecte des données et indiqué de quelle manière celles-ci sont traitées et analysées.

Les résultats de mesure et la situation sanitaire ont fait l'objet du Chapitre 4.

Au Chapitre 5, les productions de lait et les changements de poids vif obtenus pendant des intervalles de temps (périodes) ont été mis en rapport avec les quantités de matière organique ingérée digestible correspondantes pour établir les besoins d'entretien et de production des vaches en fonction de leur état physiologique.

Nous avons présenté au Chapitre 6 quelques informations sur les avantages et les inconvénients de l'utilisation du tourteau de coton dans l'alimentation des animaux.

Après la conclusion générale (Chapitre 7), nous avons donné la liste des références bibliographiques suivie par les annexes.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériels

2.1.1. Animaux

L'étude a porté sur 24 vaches composées de 12 zébus maures et 12 zébus peuls. Les observations ont été étendues aux veaux nés en cours d'expérience.

Ces deux races sont élevées à la station de recherche zootechnique de Niono depuis 1966 en vue de l'amélioration de leur productivité principalement en lait et en viande par la sélection. Le zébu maure fait partie du sous groupe de zébus sahéliens à courtes cornes tandis que le zébu peul est rattaché au sous groupe soudanien du groupe de zébus à cornes courtes ou moyennes.

Le CIPEA (1978) a rapporté que nombreux sont les auteurs qui ont estimé leurs paramètres de production assez proches à l'exception du potentiel laitier qui serait supérieur chez le zébu maure. Des problèmes de contrôle des géniteurs dûs à la cohabitation des deux races entraînant des saillies indésirées entre race peul et race maure ont été soulignés depuis 1978 et ont perduré jusqu'à une date récente. Cette situation a dû créer des perturbations dans le programme de sélection mais n'a pas fait varier apparemment les tendances déjà observées.

Le CIPEA (1978) a lui-même analysé les données récoltées entre 1966 et 1975 sur les animaux élevés à la station et n'a constaté aucune différence significative entre les deux races pour l'âge au premier vêlage, l'intervalle entre vêlage, le taux butyreux du lait, le taux de mortalité

jusqu'à l'âge de trois ans. Le rendement laitier de la race maure et des croisés maure/peul s'est révélé supérieur à celui de la race peul de 15 %. Aussi des différences de poids entre races n'ont été constatées qu'avant sevrage c'est-à-dire au moment où les veaux sont dépendants de la production laitière de leur mère. Les femelles adultes, quelque soit la race ou le croisement ont un poids moyen de 317 kg. Sur le plan de la productivité des femelles, la race maure s'est révélée supérieure de 13 % à la race peul et le croisement de 2 % supérieur à la race maure.

Kouriba (1982), après avoir analysé les données récoltées sur les animaux de la même station entre 1975 et 1980, a conclu que les niveaux de performance sont semblables entre les trois types génétiques (zébu maure, zébu peul, croisé maure x peul) en ce qui concerne les caractères de croissance et de reproduction. Des différences significatives ont été obtenues sur la production laitière en faveur de la race maure.

Les animaux utilisés dans la présente étude (les 24 vaches et leur veau) sont issus de la population génétique ci-dessus décrite. Les vaches ont été choisies dans les différents troupeaux (élite et secondaire) de la station. Les numéros des animaux, qui donnent des informations sur l'année et le rang de naissance (les 2 premiers chiffres correspondent à l'année de naissance et le reste le rang), accompagnés d'autres caractéristiques à la date du 09/02/1993 (date de démarrage des mesures) sont donnés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des animaux au 09/02/1993.

Race	Nº Animal	Nº de vêlage	Date de 1er vêlage	Date de 2eme vêlage	Poids vif au 09/02/1993
Zébu maure	88035	1	25/06/1991		361
	88060	1	31/08/1991		400
	87097	1	11/02/1992		310
	89064	1	04/03/1992		352
	89039	1	28/05/1992		282
	89002	1	02/06/1992		291
	89071	1	08/07/1992		337
	86036	2	07/11/1989	02/07/1991	351
	86058	2	17/02/1990	09/12/1991	409
	87020	2	28/02/1990	11/12/1991	369
	87099	2	27/01/1991	23/06/1992	368
	88065	2	19/08/1991	24/02/1992	350
Zébu peuhl	88063	1	08/01/1992		365
	88057	1	24/01/1992		345
	89057	1	20/03/1992		302
	89068	1	24/03/1992		295
	89005	1	19/05/1992		234
	87006	2	12/03/1990	16/09/1991	331
	87088	2	08/05/1990	08/01/1992	318
	86057	2	21/05/1990	20/01/1992	371
	87094	2	07/06/1990	05/06/1992	288
	88014	2	19/11/1990	29/02/1992	350
	87092	2	05/03/1991	25/05/1992	388
	87085	2	18/04/1991	11/06/1992	401

2.1.2. Aliments

Les vaches ont été nourries avec la paille de riz (*Oryza sativa*) et le tourteau de coton. Elles ont reçu également une complémentation minérale sous forme de pierre à lécher.

La paille de riz a été choisie en rapport avec son importance dans l'alimentation des animaux (Dicko & Sangaré, 1980) et de sa disponibilité croissante dans la zone d'étude. La production de riz est passée de 23000 tonnes en 1989/90 à 32000 tonnes en 1991/92 dans le secteur de Niono (Oomen, 1992), ce qui indique un accroissement de la production de paille de 46000 tonnes à 64000 tonnes. La paille utilisée dans l'étude a été collectée dans les casiers rizicoles proches de la Station de Recherche Zootechnique de Niono.

Une autre caractéristique justifiant le choix de la paille de riz est l'absence de grandes différences physiques entre tiges et feuilles ce qui indique que la consommation sélective par les bovins est négligeable.

Le tourteau de coton est un sous produit agro-industriel pouvant être obtenu au niveau des usines de l'HUICOMA (Huilerie Cotonnière du Mali). Il est utilisé presque exclusivement aujourd'hui dans l'alimentation du bétail sous forme d'aliment simple ou composé. La production nationale estimée à 65000 tonnes en 1991/92 est passée à 72000 tonnes en 1993/94 (Diallo & Sissoko, 1992). Le tourteau de coton simple en granulés a été utilisé dans cette étude.

Les valeurs bromatologiques de ces deux aliments utilisées pour la formulation des rations sont données au 2.2.2.

2.1.3. Infrastructure et petits matériels

L'infrastructure était composée de :
- 3 parcs construits en matériaux métalliques et équipés chacun de 10 mangeoires individuelles pour le concentré et la pierre à lécher, 1 mangeoire commune pour le grossier, 1 abreuvoir commun et des installations électriques pour l'éclairage de nuit. Ils ont comporté une partie couverte en tôle ondulée sous laquelle ont été placés les abreuvoirs. Cette partie a été mise à profit par les animaux pour se reposer aux heures chaudes de la journée et se mettre à l'abri des pluies ;
- 1 étable équipée de chaînes d'attache, de mangeoires et d'abreuvoirs individuels, d'installations électriques pour l'éclairage de nuit.
- 1 forage équipé de pompe manuelle pour l'approvisionnement en eau ;
- 1 magasin de stockage des aliments.

Les petits matériels utilisés se sont repartis en matériels de pesée des animaux, du lait et des aliments, en matériels de manutention et en matériels de préséchage, de broyage (1 mm) et de conditionnement des échantillons.

2.2. Méthodes

Il y a eu une phase préexpérimentale qui a consisté à faire féconder toutes les vaches par les géniteurs de même race et à les habituer au nouveau milieu. Pendant cette phase toutes les vaches ont reçu individuellement 2 kg de tourteau de coton par jour. Elles ont disposé en outre de la paille de riz, de la pierre à lécher et de l'eau à volonté. La phase préexpérimentale a couvert la période allant du 11/08/1992 au 08/02/1993. La constitution définitive des lots d'expérience a été faite le 09/02/1993 qui correspond à la date du démarrage effectif des mesures de poids vif. L'application des traitements a commencé le 28/02/1993 pour finir le 19/09/1994.

2.2.1. Dispositif expérimental et rationnement

Les 24 vaches ont été reparties en 3 lots de 8 têtes composées de 4 zébus maures et 4 zébus peuhls. Elles ont été maintenues en stabulation permanente toute la durée de l'étude. Le dispositif expérimental appliqué comporte une séquence continue qui a consisté à donner pendant toute la durée de l'expérience le même régime (même combinaison de paille de riz et de tourteau de coton) aux mêmes animaux et une autre variable qui a consisté à soumettre les mêmes animaux successivement à différents régimes (Tableau 2). Les rations ont été définies suivant deux périodes qui correspondent chacune à une saison de l'année : une période pluvieuse qui va du 16 Juin au 30 Septembre et une période sèche qui s'étale du 1º Octobre au 15 Juin. L'étude a couvert 2 saisons de pluies et 2 saisons sèches. Compte tenu des dates de démarrage des mesures (9/2/1993) et de l'arrêt de l'étude (19/09/1994), la première période sèche n'a duré qu'environ 4 mois et demi tandis que la seconde a dépassé 8 mois. La période pluvieuse (saison des pluies) ainsi définie est celle qu'on observe dans la zone.

Trois niveaux de supplémentation ont été testés sur les animaux. Le choix de ces niveaux repose sur le souci de se rapprocher des conditions d'alimentation ou de nutrition de saison sèche et de saison des pluies (Fig. 1). La séquence continue du dispositif expérimental a été appliquée sur un seul lot. Même avec la séquence dite variable la période d'application d'un traitement donné a été suffisamment longue (minimum 3 mois et demi) pour pouvoir évaluer l'effet de celui-ci sur les productions animales. Le niveau le plus élevé est celui qui procure aux animaux, tout au long de l'année, une quantité de matière organique digestible ingérée (MOID) qui se rapproche de celle qu'ils obtiendraient en saison des pluies aux pâturages naturels. Les autres niveaux correspondent à celui qui est susceptible d'apporter une quantité de MOID comparable à celle que les animaux obtiendraient sur les pâturages naturels de saison sèche et celui qui se situe entre les 2 niveaux précédents. Tous les animaux ont reçu le même régime en période pluvieuse de façon à les mettre au même niveau nutritionnel comme cela se passe en élevage traditionnel en saison des pluies.

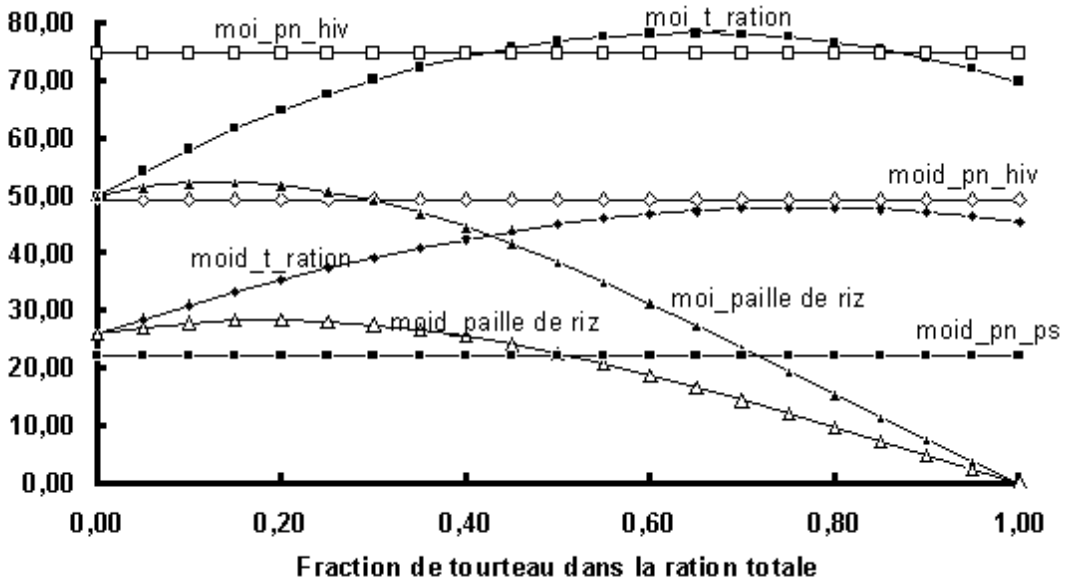


Figure 1. Evolution de la quantité de matière organique ingérée (MOI et MOID en g kg$^{-0,75}$) en fonction de la fraction de tourteau de coton dans la ration (sur la base des données de littérature sur la digestibilité et la valeur bromatologique de la paille de riz et du tourteau de coton : ref. 2.2.2).
NB : moi_t = matière organique ingérée totale ;
moid_t = matière organique ingérée digestible totale ;
pn hiv = pâturage naturel en hivernage ;
pn ps = pâturage naturel en période sèche.

Nous avons procédé à un changement en baisse du niveau d'alimentation le plus élevé à partir du 1º Octobre 1993 à cause de la mortalité des veaux en nombre plus élevé dans le lot correspondant. Ce niveau a été ramené de 60 à 40 %.

Pour la mise en oeuvre, les animaux du lot 3 ont reçu en commun la paille de riz distribuée *ad libitum* toute l'année et individuellement une quantité de tourteau de coton représentant 60 et 40% de la matière organique ingérée (MOI) totale attendue suivant la formule de Ketelaars & Tolkamp (ref. 2.2.2) respectivement de février 1993 à septembre 1993 et d'octobre 1993 à septembre 1994.

Les animaux du lot 2 ont reçu en commun la paille de riz distribuée *ad libitum* toute l'année. La quantité de tourteau de coton offert individuellement a représenté 20 % de la MOI totale attendue pendant toutes les périodes sèches alors qu'en hivernage 1993 et en hivernage 1994 elle fut respectivement 60 et 40 %.

Les animaux du lot 1 ont reçu en commun la paille de riz distribuée *ad libitum* toute l'année et individuellement une quantité de tourteau de coton représentant 60 et 40 % de la MOI totale attendue respectivement en hivernage 1993 et en hivernage 1994. Pendant les périodes sèches ces animaux n'ont pas reçu de supplément.

Les animaux ont été attachés chaque jour une première fois de 8h00 à 10h00 et une seconde fois (si nécessaire) de 15h00 à 17h00 pour recevoir leur ration individuelle de tourteau de coton. Tous les refus de tourteau de coton ont été collectés entre 17h00 et 17h30. Les animaux ont été laissés en liberté dans les parcs en dehors de ces heures pour disposer à volonté la paille de riz, l'eau. Ils ont eu libre accès à la pierre à lécher restée disponible tout le temps dans les mangeoires.

Les quantités offertes de tourteau de coton ont été réajustées aux poids des animaux deux fois par mois.

Tableau 2. Dispositif expérimental.

traitement (lot)	I			II			III	
Race	Maure	Peul		Maure	Peul		Maure	Peul
Animaux	4	4		4	4		4	4

rég. en période pluvieuse	A	A		A	A		A	A
rég. en période sèche	C	C		B	B		A	A

A = Niveau supérieur de supplémentation (40 ou 60% de tourteau, voir texte) ;
B = Niveau moyen de supplémentation (20 % de tourteau) ;
C = Niveau sans supplémentation (0 % de tourteau).

Un essai d'ingestibilité et de digestibilité in vivo a été effectué une fois tous les deux mois avec 15 vaches. Elles ont été choisies dans les lots expérimentaux à raison de 5 têtes par niveau de supplémentation et de façon à avoir, dans la mesure du possible, tous les animaux dans un même état physiologique : non gestation et non lactation (état 1), gestation et non lactation (état 2), lactation (état 3).

Six essais au total ont été effectués dont 1 essai entre le 9/2/1993 et le 15/6/1993, 1 essai entre le 16/6/1993 et le 30/9/1993, 3 essais entre le 1/10/1993 et le 15/6/1994, 1 essai entre le 16/6/1994 et le 30/9/1994 (Tableau 3). Tous les essais ont comporté une phase d'adaptation et une phase de mesure subdivisée en périodes de 7 à 9 jours, la première ayant toujours 7 jours.

Les animaux ont été maintenus en stabulation permanente et entravée du début à la fin de chaque essai. Ils ont été pesés deux fois : une première fois à l'entrée (la veille) et une seconde fois à la fin de l'essai. Chaque animal a reçu sa ration de paille et de tourteau séparément dans deux mangeoires. Toute la ration de tourteau a été offerte à la fois à 8h 00 suivie de la distribution de la ration de paille. Celle-ci a été fractionnée dans le temps pour éviter le débordement de la mangeoire (ou des mangeoires lorsque celle du tourteau était vide) en prenant soin toutefois de l'offrir entièrement avant 18h 00.

Tableau 3. Caractéristiques des essais.

Nº essai	Période	Phase d'adaptation	Phase de mesure
1	1/4/93-24/4/93	4 jours	20 jours
2	16/8/93-3/9/93	5 jours	14 jours
3	16/11/93-3/12/93	3 jours	15 jours
4	24/2/94-17/3/94	7 jours	15 jours
5	26/5/94-15/6/94	5 jours	16 jours
6	17/8/94-7/9/94	7 jours	15 jours

Le niveau de l'offre de la paille de riz a varié entre 135 et 260 % de la matière brute ingérée prévue par le modèle de Ketelaars & Tolkamp (1991) de façon à avoir un pourcentage moyen de refus minimum de 15 % par lot et répondre ainsi à la notion d'une distribution *ad libitum*.

Tous les refus individuels aussi bien de paille que de tourteau ont été collectés tous les jours à partir de 5h 00 puis pesés et cela du jour J2 au jour Jn+1 de la période de mesure. Les quantités individuelles de fèces émis ont été collectées et pesées tous les jours du jour J3 au jour Jn+2 de la période de mesure (n = nombre total de jours de mesure).

En ce qui concerne les veaux, ils ont pris directement leur ration de lait au pis après la traite manuelle précédée d'une stimulation de la descente de lait par les mêmes veaux. Un appoint alimentaire constitué de farine basse de riz ou de fane de niébé a été fourni quotidiennement à partir de 8h00 aux veaux âgés de plus de quatre semaines. Après la traite du soir, les veaux ont été laissés dans les parcs pour y passer la nuit avec leur mère tous les jours sauf pour le mercredi où ils ont été mis à part. Ils ont également été maintenus à l'écart des parcs pendant le jour.

2.2.2. Détermination des niveaux de supplémentation

Les niveaux de supplémentation ont été établis à partir des informations disponibles aussi bien sur la qualité des pâturages naturels de la zone soudano-sahélienne (pluviométrie comprise entre 300-600 mm an^{-1}) que sur celles de la paille de riz et du tourteau de coton. Les pâturages naturels de cette zone ont un taux d'azote de la matière organique de 1,78 % en hivernage et de 0,78 % en saison sèche ; la digestibilité de la matière organique varie de 66 % en hivernage à 47 % en saison sèche (Breman & De Ridder 1991). La paille de riz a un taux d'azote de la matière organique de 0,57 % , une digestibilité de la matière organique de 52 % , des taux de matière organique et de matière sèche de 85 et 91 % respectivement (PSS, 1992). Quant au tourteau de coton, il a un taux d'azote de la matière organique de 6,32 % (Kané, 1993), une digestibilité de la matière organique de 65 %, des taux de matière organique et de matière sèche respectifs de 94 et 94 % (PSS/EEF 1992, résultats non publiés). Ces valeurs bromatologiques ont été utilisées pour estimer la MOI des bovins à l'aide du modèle de Ketelaars &

Tolkamp (1991).

Le modèle utilisé est le suivant :

$$MOI = C * [-42,8 + 2,3039 \times DMO - 0,0175 (DMO)^2 - 1,8872(N)^2 + 0,2242 \times N \times DMO]$$

MOI = Matière organique ingérée en g $kg^{-0,75}$ j^{-1} ;
DMO = Digestibilité de la matière organique en % ;
N = Taux d'azote de la matière organique en % ;
C = 1,4 = rapport entre la quantité de matière organique ingérée digestible (MOID) pour l'entretien du bovin et celle de l'ovin standard (40-60 kg poids adulte) soit 32 g / 22 g venant des Tableaux de valeurs nutritives de ARC (1980).

Les variables utilisées dans le modèle ont été calculées comme suit :

$$DMO_{r.tot.} = [DMO_{paille} * \%paille + DMO_{tourteau} * \%tourteau] * 0,01$$

$$N_{r.tot.} = [N_{paille} * \%paille + N_{tourteau} * \%tourteau] * 0,01$$

- détermination de la quantité de matière organique ingérée attendue de chaque aliment :

$$MOI_{paille} = MOI_{r.tot.} * \%paille$$

$$MOI_{tourteau} = MOI_{r.tot.} * \%tourteau$$

- détermination des quantités de matière sèche et de matière brute ingérées attendues :

MSI = MOI / % MO
MBI = MSI / % MS

Les quantités de tourteau de coton offert à chaque animal suivant le lot en fonction des périodes sont données dans le Tableau 4 (a et b). Elles représentent 100 % de la MOI attendue du même aliment calculée à l'aide du modèle. Ces quantités n'ont pas variées pour les animaux rentrant dans les essais de digestibilité.

Tableau 4. Quantité offerte de tourteau et MOID attendue de la ration totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1}) par niveau de supplémentation théorique des animaux.

lot	niveau de supl. % t.c.	offre de t.c.	MOID ration totale		niveau de supl. % t.c.	offre de t.c.	MOID ration totale
a)	1º période sèche				1º période hivernale		
lot 1	0,0	0,0	25,9		60,0	46,9	46,7
lot 2	20,0	12,9	35,4		60,0	46,9	46,7
lot 3	60,0	46,9	46,7		60,0	46,9	46,7
b)	2º période sèche				2º période hivernale		
lot 1	0,0	0,0	25,9		40,0	29,7	42,4
lot 2	20,0	12,9	35,4		40,0	29,7	42,4
lot 3	40,0	29,7	42,4		40,0	29,7	42,4

Lorsque chaque animal ingère totalement sa ration de tourteau, les quantités de MOI et de MOID de la ration totale sont celles données dans le Tableau 5. On peut remarquer que le niveau 20 % de tourteau donne une situation d'alimentation intermédiaire entre celles des périodes

hivernale et sèche. La paille seule donne une situation fort comparable à celle qu'on observe au pâturage naturel en saison sèche.

Tableau 5. Niveau de nutrition attendu du pâturage et des combinaisons de paille de riz et de tourteau de coton (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1}).

Ration	MOI	MOID
pâturage naturel saison des pluies	74,7	49,3
pâturage naturel saison sèche	47,5	22,3
40 % paille + 60 % tourteau	78,1	46,7
60 % paille + 40 % tourteau	74,2	42,4
80 % paille + 20 % tourteau	64,8	35,4
100 % paille	49,9	25,9

2.2.3. Echantillonnage pour les analyses chimiques

Des échantillons représentatifs de paille de riz et de tourteau de coton devant être offerts chaque jour aux animaux ont été prélevés séparément pour constituer des échantillons dits primaires. Ces échantillons primaires sont le résultat d'un échantillonnage quotidien et continu sur tout une période séparant deux pesées successives des animaux. Chaque échantillon primaire de paille et de tourteau a été identifié par sa période de collecte.

Au cours de chaque essai de digestibilité, des échantillons représentatifs de la paille de riz et du tourteau de coton distribués quotidiennement aux vaches ont été systématiquement prélevés et mis séparément dans des sacs de collection hebdomadaire (c'est-à-dire un sac d'échantillon de chaque aliment par période de mesure). Il en fut de même pour les refus de paille à la différence que les sacs étaient individuels. Les quantités de fèces collectées chaque jour par vache ont également fait l'objet d'échantillonnage représentatif. Chaque échantillon de fèces ainsi constitué a été conservé sous froid dans un sachet portant le numéro de la vache et la date correspondant au jour de distribution des rations.

Il n' y a pas eu de prélèvement d'échantillons de refus de tourteau compte tenu de l'absence de sélectivité de cet aliment.

Les échantillons primaires ont fait l'objet d'un second échantillonnage représentatif. Les nouveaux échantillons dits secondaires ont porté la même identité que les échantillons primaires desquels ils ont été prélevés. Ils ont été d'abord pesés avant d'être mis à l'étuve pour un préséchage à 65-70 ^{deg}C pendant 24 heures pour la paille et le tourteau, 48 à 60 heures pour les fèces en fonction de leur état. Au sortir de l'étuve, ils ont été ensuite pesés puis broyés à 1mm et mis en pot pour être envoyés au laboratoire d'analyse chimique.

Les analyses ont porté sur la matière sèche, la matière organique de tous les échantillons et sur l'azote des seuls échantillons d'aliments distribués. Elles ont été effectuées au Laboratoire de Nutrition Animale de Sotuba pour les deux premières déterminations et au Laboratoire des Sols de Sotuba pour la dernière.

2.2.4. Mesure de l'ingestibilité des rations

Les refus des quantités offertes de tourteau de coton ont été régulièrement pesés. Les mesures individuelles de quantité offerte et de refus ont été portées sur des fiches de collecte.

Le mode de saisie manuelle a été le suivant :
- jour J_i enregistrement des quantités offertes ;
- jour J_{i+1} enregistrement des quantités refusées.

A partir de ces données et des résultats d'analyse chimique, on a calculé l'ingestibilité des rations exprimée d'abord en matière brute puis en matière sèche et en matière organique.

MBI = quantité offerte au jour J_i - quantité refusée au jour J_{i+1}

MSI = (MBI * % matière sèche) * 0,01

MOI = (MSI * % matière organique) * 0,01

Le coefficient d'utilisation digestive (DMO en %) de la ration totale a été calculée lors des essais de digestibilité pour chaque vache.

DMO (%) = [(MOI totale - MO fèces) / MOI totale] * 100

Ce coefficient a été utilisé pour le calcul de la matière organique ingérée digestible (MOID) comme suit :

MOID totale = (MOI totale * DMO) * 0,01.

Les valeurs moyennes de l'ingestion ont été rapportées au poids métabolique des animaux. Le poids moyen de la période où l'ingestion a été mesurée fut utilisé pour le calcul du poids métabolique. Celui-ci a été estimé par la demie somme du poids en début de période et du poids en fin de période.

2.2.5. Mesure de la production laitière

Les mesures de lait effectuées ont porté sur le prélèvement manuel du lait par le berger de tous les soirs et de chaque jeudi matin. Les quantités totales de lait prélevé ainsi chaque mercredi soir et le lendemain matin ont été considérées comme un prélèvement journalier (même principe que celui de la méthode de contrôle laitier de Fleshmann). Ce prélèvement journalier a été identifié comme le résultat d'un contrôle laitier. Le prélèvement journalier moyen de lait d'une vache entre deux contrôles successifs a été calculé comme la demie somme des quantités obtenues lors de ces deux contrôles.

2.2.6. Mesure du poids vif des animaux

Toutes les vaches et tous les veaux furent pesés régulièrement. Pour les veaux ceci a été fait à la naissance et une fois par semaine. Les vaches par contre ont été pesées en moyenne deux fois par mois. Les données de poids ont été obtenues par simple pesée à une bascule-bétail (précision 1 kg) entre 8^h00 et 9^h00 après avoir soumis les animaux à une diète hydrique de 12 heures environ en enlevant l'eau de leur portée.

3. Analyses des données

La saisie informatique et le traitement des données collectées ont été faits avec les logiciels suivants : dBase III, Excel 4.0, dBstat (Brouwer, 1992) et SPSS.

3.1. Données des essais

Les essais ont permis de mesurer l'ingestibilité de la paille de riz en rapport avec la quantité ingérée de tourteau. Les moyennes des variables suivantes par individu et par lot ont été calculées :
- Quantité de paille de riz ingérée,
- Quantité de tourteau de coton ingéré,
- Digestibilité de la ration totale,
- Pourcentage de tourteau de coton dans la ration totale,
- Matière organique ingérée digestible de la ration totale.

La régression de la quantité de matière organique digestible ingérée sur la matière organique de tourteau ingéré a été calculée avec les données de chaque essai.

3.2. Changement du poids des vaches

Les données de poids vifs ont été analysées en fonction des saisons.

Le modèle utilisé est le suivant :

Y (poids en kg) = a + b * nj

où a = poids initial ; b = gain de poids journalier (GMQ) et

nj est le nombre de jour écoulé depuis la date de la mesure du poids initial.

Il a été possible à l'aide de cette formule de connaître par saison l'évolution du poids vif des animaux par niveau de supplémentation.

3.3. Production de lait

L'analyse a surtout porté sur les estimations de la production totale de lait par jour. Ces estimations ont été effectuées comme suit : la production moyenne entre deux jours de contrôle est égale à la demi somme des quantités prélevées. L'estimation de la production journalière entre la mise-bas et le premier jour de contrôle a été celle de ce jour. Ce fut la même chose pour les jours séparant le tarissement du dernier jour de contrôle. La sommation a été ensuite effectuée semaine par semaine.

3.4. Evolution pondérale des veaux

Les poids vifs moyens des veaux ont été calculés pour chaque niveau d'alimentation de leur mère aux âges types suivants : naissance, 3 mois, 6 mois, 9 mois. Ces données ont servi à établir les courbes d'évolution pondérale des veaux par groupe. Les gains de poids moyens quotidiens réalisés par les veaux avant l'âge d'un mois ont été calculés.

3.5. Calcul des besoins

Les rapports statistiques (régressions) entre les quantités de tourteau de coton ingéré et matière organique totale ingérée digestible ont d'abord été établis avec les données individuelles de chaque essai. Ces rapports ont été ensuite utilisés pour estimer la quantité moyenne de matière organique digestible ingérée par période de validité des informations de chaque essai ; les ingestions journalières de tourteau de coton étant connues pendant toute la durée de l'étude. La connaissance de ces ingestions d'énergie (exprimée en matière organique digestible) en rapport avec les productions animales mesurées a permis de calculer les besoins pour trois états physiologiques : non gestation et non lactation (état 1), gestation et non lactation (état 2) et lactation (état 3). Les données individuelles de production animale ont été épurées avant d'entreprendre les calculs des besoins. Cette opération a consisté à exclure toutes les données relatives à la période de transition entre les états 2 et 3 de même que toute donnée aberrante.

Le modèle utilisé dans le calcul des besoins a été le suivant :
MOID = a + b * GMQ pour chacun des états 1 et 2 ;
MOID = a + b * GMQ + c * QL pour l'état 3 ;
MOID = matière organique digestible ingérée (g $kg^{-0,75}$ j^{-1}) ;
GMQ = gain moyen quotidien (g $kg^{-0,75}$) ;
QL = quantité de lait produit (g $kg^{-0,75}$ j^{-1}) ;
b et c = coefficients exprimés en g de MOID par g de gain ou par g de lait produit représentant les besoins respectifs de production.

4. Résultats

4.1. Ingestion de paille de riz et de tourteau de coton au cours des essais

4.1.1. Introduction

L'ingestion de la paille de riz et du tourteau de coton a été mesurée au cours de six essais durant lesquels les animaux étaient dans différents états physiologiques. Les résultats sont présentés par essai. Les variables mesurées sont les suivantes :
- la matière organique ingérée (MOI) de paille de riz, de tourteau de coton et de la ration totale ;
- le pourcentage (%) de tourteau de coton dans la matière organique totale ingérée ;
- la digestibilité de la matière organique (DMO) de la ration totale ;
- la matière organique digestible ingérée (MOID) de la ration totale ;
- le pourcentage de refus du tourteau de coton offert.

Toutes les comparaisons ont été faites au seuil de signification de 5 % (erreur de première espèce) par la méthode de t-test.

4.1.2. Premier essai

4.1.2.1. Introduction

Les vaches utilisées dans l'essai étaient en état physiologique de gestation et de non lactation. Elles étaient au nombre de 15 têtes (5 têtes lot^{-1}). L'essai a été effectué en saison sèche et a comporté trois périodes de mesure :
- période de mesure 1 : du 04/04/1993 au 10/04/1993 ;
- période de mesure 2 : du 11/04/1993 au 17/04/1993 ;
- période de mesure 3 : du 18/04/1993 au 23/04/1993.

La condition de la distribution *ad libitum* de paille telle que nous l'avons définie a été réalisée en offrant aux animaux en moyenne par jour 7 kg dans le lot 1 ; 8 kg dans le lot 2 et 5 kg dans le lot 3. Les rations moyennes de tourteau ont été fixées à 1 kg dans le lot 2 et 4 kg dans le lot 3. Les animaux du lot 1 n'ont pas reçu de tourteau.

Les pourcentages de matière sèche et de matière organique ont été respectivement 88 et 83 % pour la paille ; 91 et 93 % pour le tourteau. Les taux d'azote de la paille et du tourteau ont été respectivement 5 et 65 g kg^{-1} MS. Les résultats de mesure sont donnés en annexe 4.1.2.

4.1.2.2. MOI de paille et de tourteau (g $kg^{-0,75}$)

- Les animaux du lot 1 ont montré une ingestion de paille variant de 3 à 47 g avec une moyenne de 39 g. Ils n'ont pas reçu de tourteau.
- Les animaux du lot 2 ont ingéré entre 44 et 61 g de paille avec une moyenne de 54 g. Ils ont ingéré toute leur ration de tourteau en montrant une ingestion uniforme de 12 g.
- Les animaux du lot 3 ont ingéré entre 30 et 40 g de paille avec une moyenne de 35 g. La quantité de tourteau ingéré a varié de 29 à 42 g avec une moyenne de 37 g.

Toutes les rations de tourteau n'ont pas été ingérées. Le niveau de refus de cet aliment a varié de 7 à 34 %.
- L'ingestion totale a varié de 57 à 74 g dans le lot 2 et de 63 à 80 g dans le lot 3. Les moyennes sont respectivement 65 et 72 g dans ces lots. Pour le lot 1, la quantité mesurée a été donnée plus haut.

Les quantités moyennes de paille ingérée sont significativement différentes entre lot 1 et lot 2 ($p = 0,004$) et entre lot 2 et lot 3 ($p = 0,000$). Il n'y a pas de différence significative entre lot 1 et lot 3 ($p = 0,325$).

En ce qui concerne l'ingéré total, le lot 1 est significativement différent des 2 autres ($p = 0,000$). Entre le lot 2 et le lot 3, il n'y a pas de différence significative ($p = 0,155$).

4.1.2.3. Pourcentage de tourteau dans la ration

Le pourcentage de tourteau dans la quantité de matière organique totale ingérée a varié de 17 à 22 % dans le lot 2 et de 42 à 57 % dans le lot 3. Les moyennes par lot sont respectivement 19 et 50 %. Trois niveaux de supplémentation distincts ont donc été réalisés dans l'essai : 0, 19 et 50 % de tourteau dans l'ingestion totale.

4.1.2.4. DMO des rations totales

La digestibilité de la ration totale a varié de 43 à 56 % dans le lot 1 ; de 53 à 60 % dans le lot 2 et de 56 à 64 % dans le lot 3. Les moyennes obtenues dans les lots sont respectivement 49, 56 et 60 %.

La digestibilité de la matière organique de la paille non supplémentée est celle du lot1. La moyenne du lot 1 est significativement différente de celle du lot 2 ($p = 0,021$) et du lot 3 ($p = 0,001$). Le lot 2 n'est pas significativement différent du lot 3 ($p = 0,155$).

4.1.2.5. MOID des rations totales (kg $^{-0,75}j^{-1}$)

Il a résulté des quantités ingérées de paille et de tourteau d'une part et des digestibilités des rations totales d'autre part, des niveaux d'ingestion d'énergie digestible exprimée en MOID suivants :
- 16 à 23 g avec une moyenne de 19 g dans le lot 1 ;
- 32 à 44 g avec une moyenne de 37 g dans le lot 2 ;
- 37 à 48 g avec une moyenne de 44 g dans le lot 3.

Toutes les moyennes sont significativement différentes (p varie de 0,000 à 0,022).

4.1.2.6. Conclusion

Les résultats indiquent une interaction d'abord positive ensuite négative entre la paille et le tourteau que nous avons utilisés (Fig. 2).

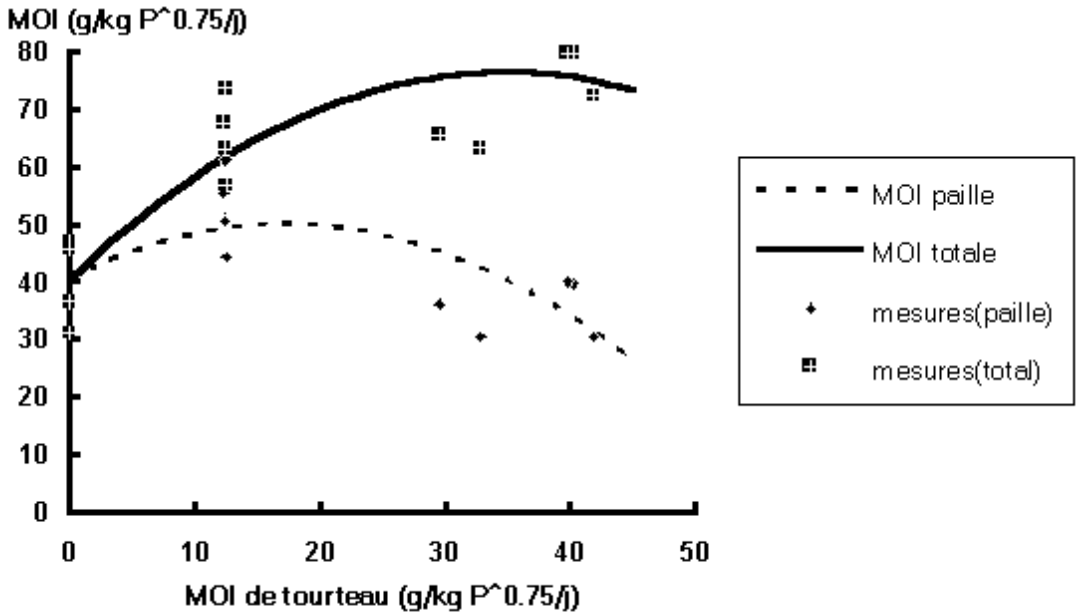


Figure 2. Evolution de la matière organique ingérée (MOI) de paille de riz et de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 1).

Equation des courbes : $MOI_{paille} = 40,63 + 1,08 * MOI_{tc} - 0,03 * MOI_{tc} * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,43$) ;

$MOI_{totale} = 40,63 + 2,08 * MOI_{tc} - 0,03 * MOI_{tc} * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,80$)

L'ingestion des quantités de tourteau inférieures à 17 g $kg^{-0,75}$ améliore celle de la paille. Au-delà de cette quantité, la substitution (interaction négative) commence. La quantité maximale de paille utilisée dans l'essai que les animaux peuvent ingérer est alors estimée à 50 g. Sans supplémentation, la quantité de paille ingérée est estimée à 41 g. Les résultats montrent également que plus du 1/3 de la quantité du tourteau offert a pu être refusée par les animaux pendant que celle-ci était encore inférieure à leur ingestion maximale.

La digestibilité de la matière organique de la ration totale a évolué linéairement avec le pourcentage de tourteau dans l'ingestion totale (Fig. 3). A partir de la digestibilité de la paille non supplémentée estimée à 50 %, on obtient une amélioration de cette digestibilité de 0,22 % avec 1 % de tourteau dans l'ingéré total. La digestibilité du tourteau est estimée à 72,3 %.

L'ingestion d'énergie exprimée en MOID a évolué significativement avec l'augmentation de la MOI de tourteau (Fig. 4). Lorsque la paille n'est pas supplémentée, les animaux n'en tirent que 20 g de MOID.

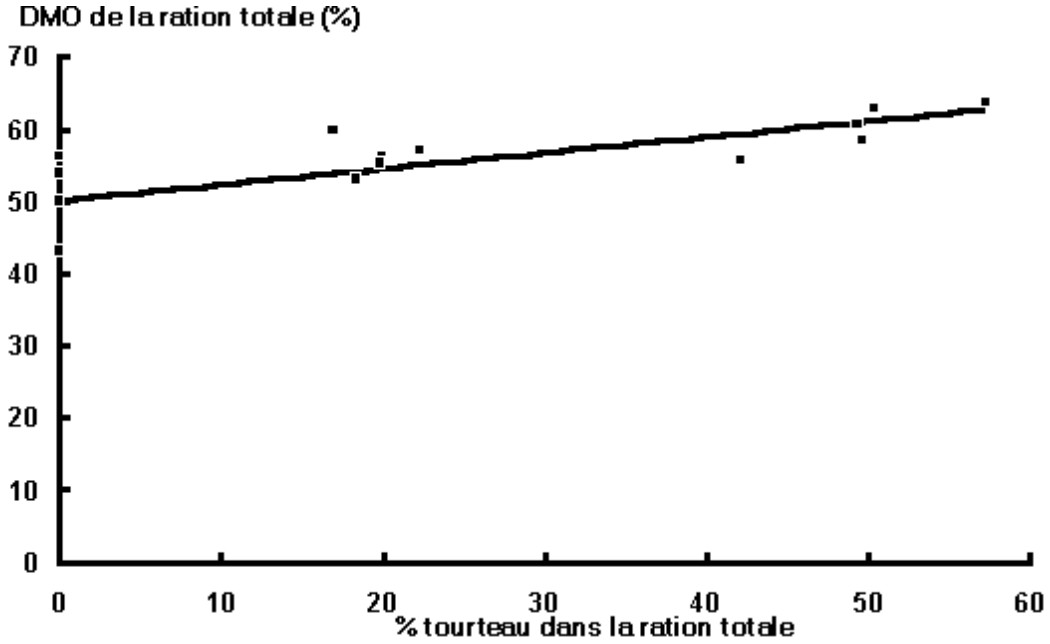


Figure 3. Evolution de la digestibilité de matière organique de la ration totale en fonction du % de tourteau de coton dans cette ration (Essai 1).
Equation de la droite : DMO = 50,26 + 0,22 * % TC (r^2 = 0,59)

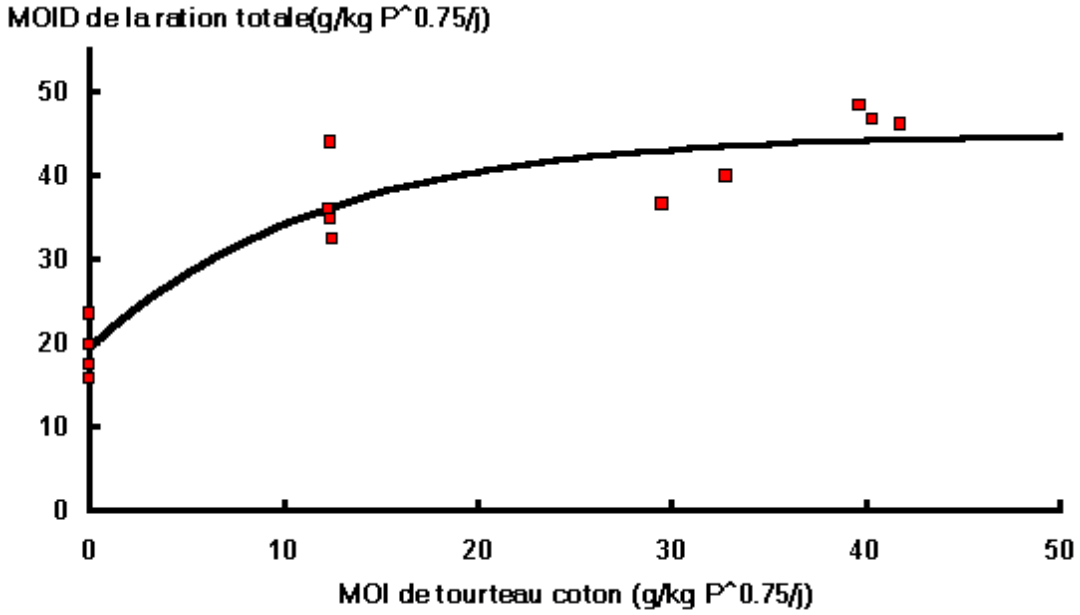


Figure 4. Evolution de la matière organique digestible ingérée (MOID) de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 1).
Equation de la courbe : MOID = 45,2 - 25,7 exp(-0,08 * MOI_{tc}) (r^2 = 0,83)

4.1.3. Deuxième essai

4.1.3.1. Introduction

Un effectif de 15 vaches en état physiologique de lactation et de non gestation a été réuni dans l'essai. Celles-ci ont été tirées des lots d'expérience à raison de 6 têtes dans le lot 1 et lot 2, le reste dans le lot 3.

L'essai a été effectué en saison des pluies et a comporté deux périodes de mesure :
- période de mesure 1 : du 21/08/1993 au 27/08/1993 ;
- période de mesure 2 : du 28/08/1993 au 03/09/1993.

La condition de la distribution *ad libitum* de paille telle que nous l'avons définie a été réalisée en offrant aux animaux en moyenne par jour 9 kg dans les lots 1 et 2 ; 8 kg dans le lot 3. Les rations moyennes de tourteau ont été fixées à 4 kg dans tous les lots.

Les pourcentages de matière sèche et de matière organique ont été respectivement 83 et 85 % pour la paille ; 86 et 92 % pour le tourteau. Les taux d'azote de la paille et du tourteau ont été respectivement 4 et 73 g kg^{-1} MS. Les Résultats de mesure sont donnés en annexe 4.1.3.

4.1.3.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}j^{-1}$)

- Les animaux du lot 1 ont ingéré entre 46 et 89 g de paille avec une moyenne de 75 g. L'ingestion de tourteau a varié de 39 à 42 g avec une moyenne de 41 g. La plupart des animaux ont ingéré totalement leur ration de tourteau.
- Les animaux du lot 2 ont montré une ingestion de paille de 51 à 77 g avec une moyenne de 63 g. Pour le tourteau, on a obtenu une quantité ingérée de 30 g avec un seul animal contre 42-43 g chez les autres. La moyenne du lot a été 42 g. Des refus de l'ordre de 2 et 29 % de tourteau ont été obtenus.
- Les animaux du lot 3 ont ingéré entre 55 et 64 g de paille avec une moyenne de 59 g. La quantité de tourteau ingéré a varié de 38 à 43 g avec une moyenne de 41 g. Des refus de 2 et 9 % de tourteau ont également été constatés dans ce lot.
- L'ingéré total a varié de 85 à 131 g dans le lot 1 avec une moyenne de 116 g ; de 81 à 119 g dans le lot 2 avec une moyenne de 106 et de 94 à 107 g dans le lot 3 avec une moyenne de 100 g. Ces moyennes ne sont pas significativement différentes (p varie de 0,092 à 0,855).
- Il n'y a pas de différence significative entre les lots pour l'ingestion de paille et pour l'ingestion de tourteau (p varie de 0,073 à 0,775 et de 0,602 à 0,856).

4.1.3.3. Pourcentage de tourteau dans la ration

Le pourcentage de tourteau dans l'ingéré total a varié de 32 à 46 % dans le lot 1 avec une moyenne de 36 %. Il a été de 35 à 45 % dans le lot 2 ; de 40 à 43 % dans le lot 3 avec une moyenne de 41 % pour chacun de ces lots.

La différence entre les lots n'est pas significative (p varie de 0,113 à 0,721). Un seul niveau de supplémentation a été réalisé au cours de l'essai : 41 %.

4.1.3.4. DMO des rations totales

La digestibilité de la ration totale a varié de 62 à 66 % dans le lot 1 avec une moyenne de 64 %. Elle a été de 64 à 68 % dans le lot 2 et 65 à 69 % dans le lot 3 avec des moyennes respectives de 66 et 67 %.

Il n'y a pas de différence significative entre le lot 1 et le lot 2 (p = 0,123), entre le lot 2 et lot 3 (p = 0,273). La différence entre le lot 1 et le lot 3 est par contre significative (p = 0,028).

4.1.3.5. MOID des rations ($kg^{-0,75}\ j^{-1}$)

L'ingestion d'énergie digestible exprimée en MOID a varié de 59 à 84 g dans le lot 1 ; de 53 à 77 g dans le lot 2 et de 63 à 71 g dans le lot 3. Les moyennes ont été respectivement 76 g, 69 et 66 g. Elles ne sont pas significativement différentes (p varie de 0,076 à 0,967).

4.1.3.6. Conclusion

L'analyse des résultats individuels n'indique pas une différence entre les ingestions de paille et de la ration totale entre les lots. Ceci est lié à la différence non significative entre les quantités ingérées de tourteau et de paille (Fig. 5).

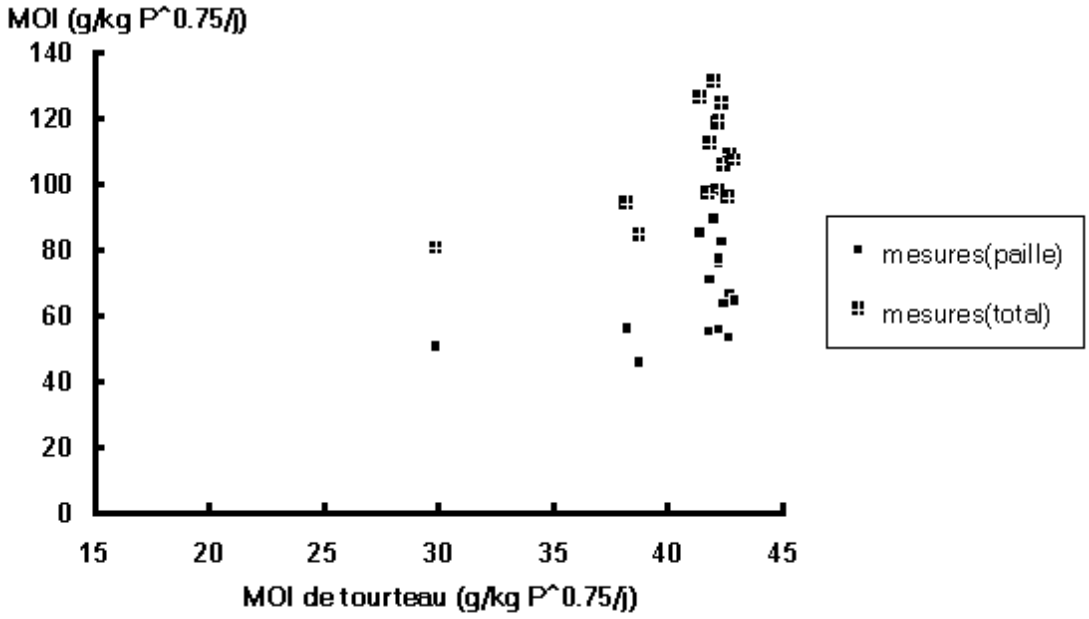


Figure 5. Variation de la matière organique ingérée (MOI) de paille de riz et de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 2).

La digestibilité de la matière organique de la ration totale est restée pratiquement constante pour la gamme des mesures du pourcentage de tourteau dans l'ingéré total (Fig. 6). En effet, 1 % de tourteau dans l'ingéré total n'améliore la digestibilité que de 0,12 %. La digestibilité du tourteau est estimée à 72,6 %.

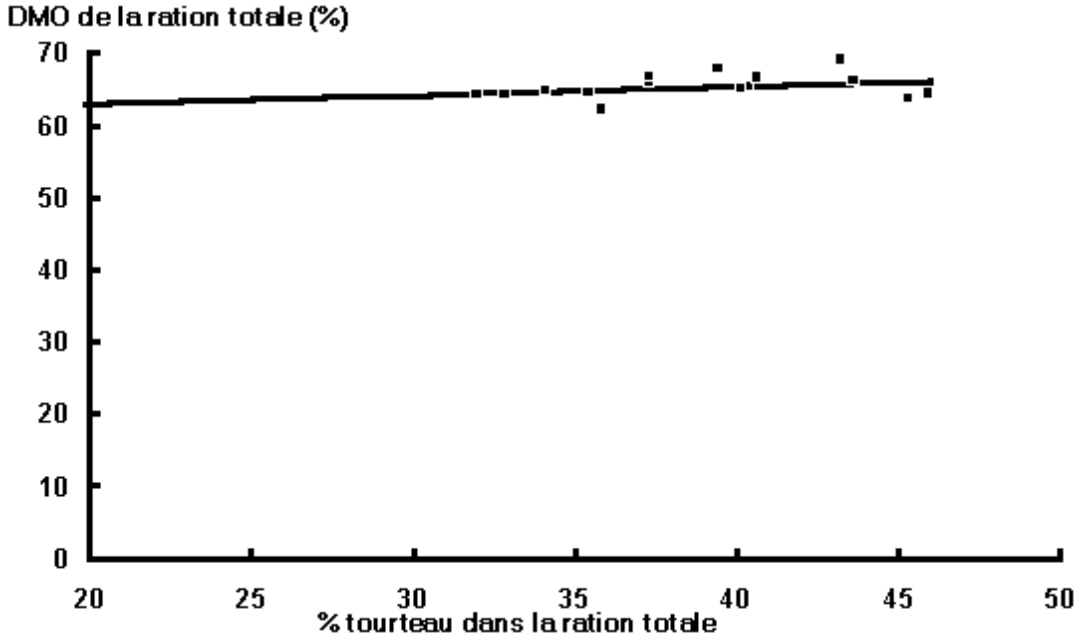


Figure 6. Evolution de la digestibilité de matière organique de la ration totale en fonction du % de tourteau de coton dans cette ration (Essai 2).

Equation de la droite : DMO = 60,59 + 0,12 * % TC (r^2 = 0,10)

La matière organique digestible ingérée varie avec la quantité de tourteau ingéré. La Fig. 7 établie en incluant les données des vaches en lactation des essais 3 et 6, révèle que lorsque la MOI tourteau augmente la MOID augmente. Elle indique aussi que pour le même niveau de MOI de tourteau lorsque celui-ci est élevé, on peut noter une variation importante de la MOID. Ce dernier phénomène peut être lié à la variation de l'interaction entre la paille et le tourteau pour la même MOI de tourteau.

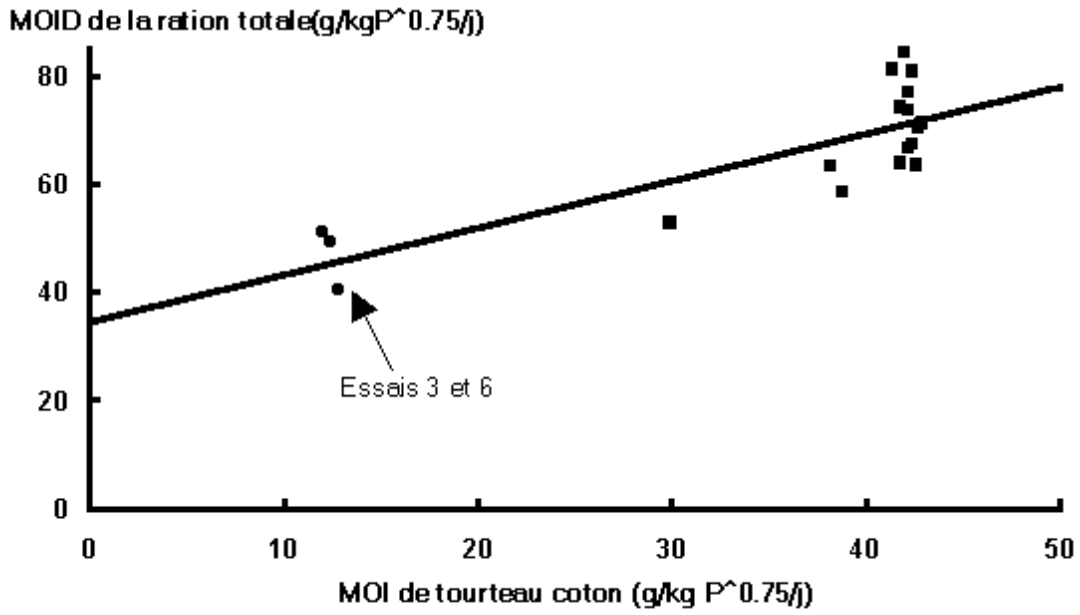


Figure 7. Evolution de la matière organique digestible ingérée (MOID) de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 2).
Equation de la courbe : MOID = 34,69 + 0,87 * MOI_{tc}) (r^2 = 0,66)

4.1.4. Troisième essai

4.1.4.1. Introduction

Un échantillon de 15 vaches, les unes en état physiologique de non lactation et de non gestation et les autres en état de gestation et de non lactation, a été prélevé dans les lots d'expériences à raison de 5 têtes par lot. L'élimination d'un animal du lot 1 en cours d'essai pour problèmes de santé a ramené l'effectif total à 14 têtes.

L'essai a été effectué en saison sèche et a comporté deux périodes de mesure :
- période de mesure 1 : du 19/11/1993 au 25/11/1993 ;
- période de mesure 2 : du 26/11/1993 au 03/12/1993.

La condition de la distribution *ad libitum* de paille telle que nous l'avons définie a été réalisée en offrant aux animaux en moyenne par jour 8 kg dans les lots 1 et 2 ; 6 kg dans le lot 3. Les rations moyennes de tourteau ont été fixées à 1 kg dans le lot 2 et 3 kg dans le lot 3. Les animaux du lot 1 n'ont pas reçu de tourteau.

Les pourcentages de matière sèche et de matière organique ont été en moyenne 90 et 85 % pour la paille ; 89 et 92 % pour le tourteau. Les taux d'azote de la paille et du tourteau ont été respectivement 6 et 68 g kg^{-1} MS. Les résultats de mesure sont donnés en annexe 4.1.4.

4.1.4.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}j^{-1}$)

- Les animaux du lot 1 ont ingéré entre 56 et 75 g de paille avec une moyenne de 63 g. Ils n'ont pas reçu de tourteau.
- Les animaux du lot 2 ont montré une quantité de paille ingérée qui varie de 46 à 71 g avec une moyenne de 57 g. Ils ont tous ingéré 12 g de tourteau et, un seul animal a montré un niveau de refus (4 %).
- Les animaux du lot 3 ont ingéré entre 26 et 42 g de paille avec une moyenne de 37 g. La quantité de tourteau ingéré a varié de 26 à 28 g avec une moyenne de 27 g. On a mesuré en moyenne 3 % de refus de tourteau.
- La quantité totale de matière ingérée a varié de 58 à 83 g dans le lot 2 avec une moyenne de 63 g et de 52 à 70 g dans le lot 3 avec une moyenne de 64 g. Les mesures dans le lot 1 sont relatives à la paille seule.
- Il n'y a pas de différence significative entre le lot 1 et le lot 2 pour l'ingestion de paille (p = 0,312). La différence est significative dans les autres cas toujours pour l'ingestion de paille (p = 0,001 ou 0,002). Pour ce qui est de l'ingéré total, il n'y a pas de différence significative entre les lots (p varie de 0,296 à 0,985).

4.1.4.3. Pourcentage de tourteau dans la ration

Le pourcentage de tourteau dans la quantité totale de matière organique ingérée a varié de 15 à 22 % dans le lot 2 avec une moyenne de 18 %. On a obtenu dans le lot 3, 39 à 51 % avec une moyenne de 43 %. Trois niveaux de supplémentation distincts ont été réalisés au cours de l'essai : 0, 18 et 43 %.

4.1.4.4. DMO des rations totales

La digestibilité de la ration totale a varié de 56 à 63 % dans le lot 1 avec une moyenne de 60 %. Dans les lot 2 et lot 3, elle a varié respectivement de 62 à 67 % avec une moyenne de 65 et de 65 à 71 % avec une moyenne de 67 %.

Le lot 1 est significativement différent du lot 2 (p = 0,013) et du lot 3 (p = 0,001). Par contre il n'y a pas de différence significative entre le lot 2 et le lot 3 (p = 0,096).

4.1.4.5. MOID des rations totales (kg $^{-0,75}$j^{-1})

La MOID qui représente l'énergie digestible ingérée a varié de 35 à 42 g dans le lot 1 avec une moyenne de 38 g ; de 37 à 51 g dans le lot 2 avec une moyenne de 45 g et enfin de 37 à 45 g avec une moyenne de 43 g dans le lot 3.

Le lot 1 est significativement différent du lot 2 (p = 0,042) mais pas du lot 3 (p =0,142). Le lot 2 n'est pas significativement différent du lot 3 (p = 0,460).

4.1.4.6. Conclusion

L'analyse des mesures individuelles d'ingestion indique une interaction négative entre le tourteau et la paille (Fig. 8). En effet, l'ingestion de paille a continuellement diminué avec l'augmentation de la quantité de tourteau ingéré.

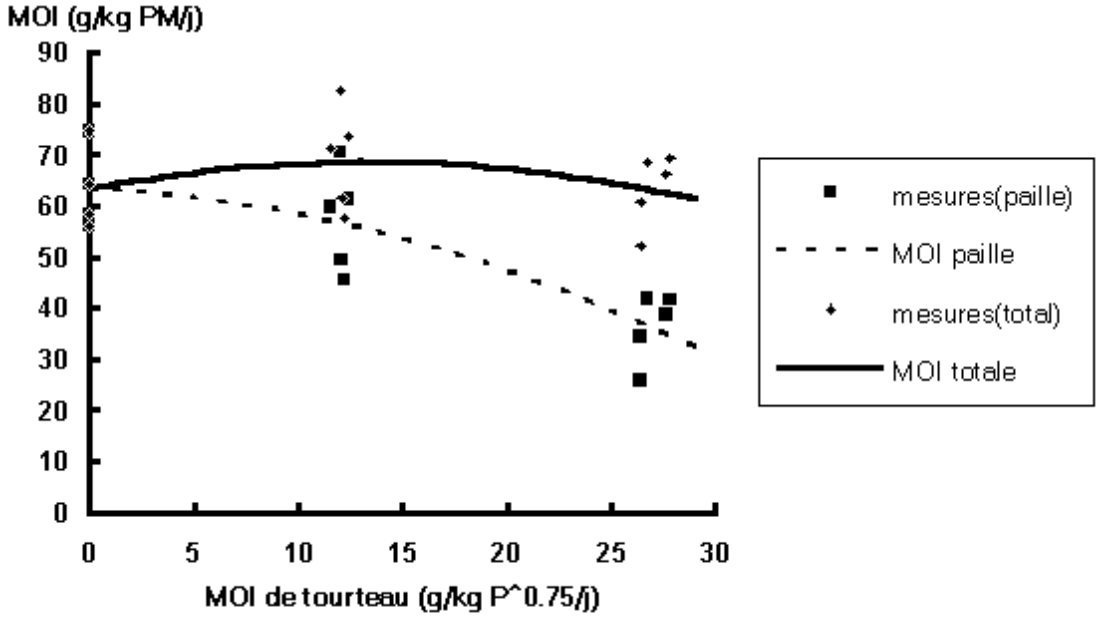


Figure 8. Evolution de la matière organique ingérée (MOI) de paille de riz et de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 3).

Equation des courbes : $MOI_{paille} = 63,55 - 0,20 * MOI_{tc} - 0,03 * MOI_{tc} * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,69$)

$MOI_{totale} = 63,55 + 0,80 * MOI_{tc} - 0,03 * MOI_{tc} * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,10$)

L'ingestion relative de tourteau améliore la digestibilité de la ration totale ainsi que le montre la Fig. 9. A partir de la digestibilité de la paille seule estimée à 60 %, on obtient une amélioration de 0,17 % avec 1 % de tourteau dans l'ingéré total. Ceci indique une digestibilité de 77,36 % pour le tourteau.

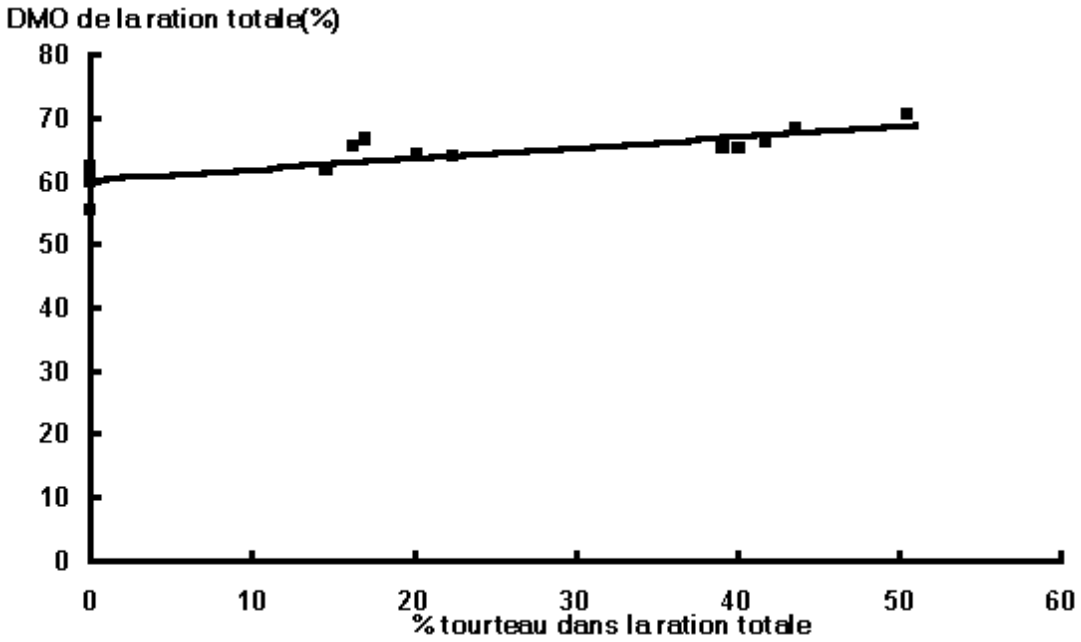


Figure 9. Evolution de la digestibilité de matière organique de la ration totale en fonction du % de tourteau de coton dans cette ration (Essai 3).
Equation de la droite : DMO = 60,36 + 0,17 * % TC (r^2 = 0,68)

La relation entre la matière organique digestible ingérée et la MOI de tourteau est linéaire sur le trajet de la gamme de nos mesures (Fig. 10). A partir de 38 g de MOID (estimation pour la paille non supplémentée) on obtient de 0,18 g avec 1 g de MOI de tourteau.

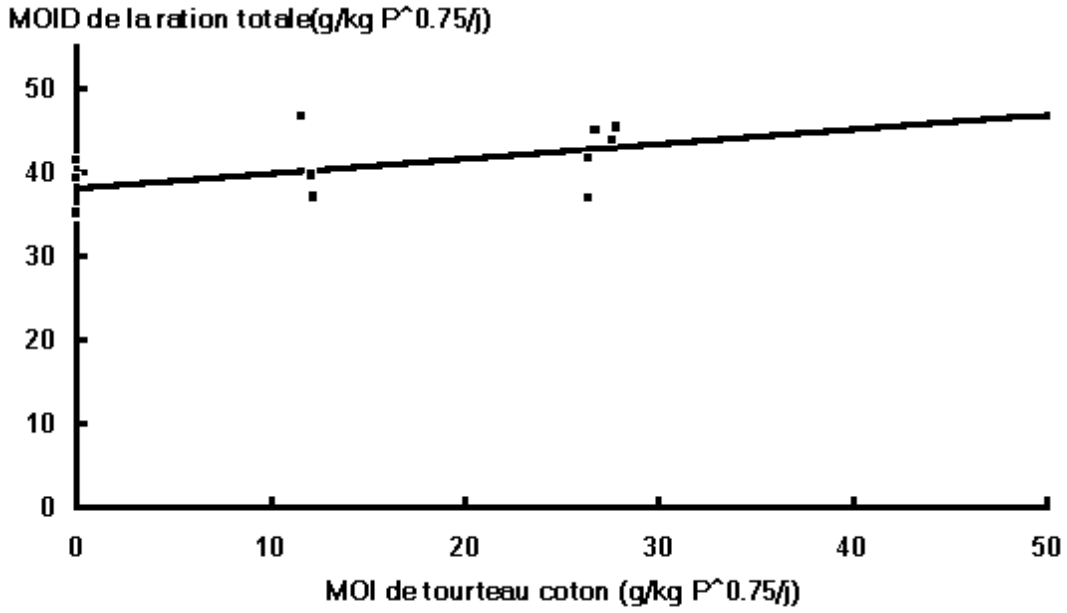


Figure 10. Evolution de la matière organique digestible ingérée (MOID) de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 3).
Equation de la droite : MOID = 38,1 + 0,18 * MOI_{tc} (r^2 = 0,27)

4.1.5. Quatrième essai

4.1.5.1. Introduction

L'essai a porté sur une quinzaine de vaches prélevées dans les lots d'expérience à raison de 5 têtes par lot. Ces vaches étaient en état physiologique de non lactation et de non gestation ou en état de gestation et de non lactation.

L'essai a été effectué en saison sèche et a comporté deux périodes de mesure :
- période de mesure 1 : du 03/03/1994 au 09/03/1994 ;
- période de mesure 2 : du 10/03/1994 au 17/03/1994.

La condition de la distribution *ad libitum* de paille telle que nous l'avons définie a été réalisée en offrant aux animaux en moyenne par jour 7 kg dans les lots 1 et 3 ; 9 kg dans le lot 2. Les rations moyennes de tourteau ont été fixées à 1 kg dans le lot 2 et 3 kg dans le lot 3. Les animaux du lot 1 n'ont pas reçu de tourteau.

Les pourcentages de matière sèche et de matière organique ont été respectivement 94 et 84 % pour la paille ; 93 et 92 % pour le tourteau. Les taux d'azote de la paille et du tourteau ont été respectivement 7 et 77 g kg^{-1} MS. Les résultats de mesure sont donnés en annexe 4.1.5.

4.1.5.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}j^{-1}$)

- Les animaux du lot 1 ont ingéré entre 40 et 60 g de paille avec une moyenne de 51 g. Ils n'ont pas reçu de tourteau.
- Les animaux du lot 2 ont montré une quantité de paille ingérée qui varie de 48 à 68 g avec une moyenne de 54 g. Ils ont tous ingéré 13 g de tourteau et n'ont pas montré de refus.
- Les animaux du lot 3 ont ingéré entre 35 et 41 g de paille avec une moyenne de 38 g. A l'exception d'un seul animal qui a montré un refus de tourteau de 3 %, tous les autres ont entièrement ingéré leur ration de cet aliment. La quantité de tourteau ingéré par les animaux a varié de 28 à 29 g avec une moyenne de 29 g.
- La quantité totale de matière ingérée a varié de 60 à 80 g dans le lot 2 et de 64 à 70 dans le lot 3 avec une moyenne de 67 g ; pour chacun des deux lots. La situation du lot 1 a été donnée plus haut.

Pour l'ingestion de la paille, le lot 3 est différent significativement du lot 1 ($p = 0,007$) et du lot 2 ($p = 0,002$). Par contre la différence entre le lot 1 et le lot 2 n'est pas significative ($p = 0,515$).
- Par rapport à l'ingéré total, le lot 1 diffère significativement des autres ($p = 0,003$ partout). Il n'y a pas de différence significative entre le lot 2 et le lot 3 ($p = 0,977$).

4.1.5.3. Pourcentage de tourteau dans la ration

Le pourcentage de tourteau dans la quantité totale de matière organique ingérée a varié de 16 à 21 % dans le lot 2 avec une moyenne de 20 %. Dans le lot 3, il a varié de 42 à 46 % avec une moyenne de 44 %. Ainsi trois niveaux de supplémentation, ont été réalisés : 0, 20 et 44 %

4.1.5.4. DMO des rations totales

La digestibilité de la ration totale a varié de 50 à 60 % avec une moyenne de 54 % dans le lot 1. Elle a varié de 57 à 64 % avec une moyenne de 61 % dans le lot 2 et de 60 à 69 % dans le lot 3 avec une moyenne de 66 %.

Le lot 1 est significativement différent des autres lots ($p = 0,000$ ou $0,003$). Par contre la différence entre le lot 2 et le lot 3 n'est pas significative ($p = 0,065$).

4.1.5.5. MOID des rations totales ($kg^{-0,75}j^{-1}$)

L'énergie digestible ingérée exprimée en MOID a varié de 24 à 32 g dans le lot 1 avec une moyenne de 27 g ; de 35 à 51 g dans le lot 2 avec une moyenne de 41 g et de 42 à 45 g dans le lot 3 avec une moyenne de 44 g.

La différence est significative entre le lot 1 et chacun des autres lots ($p = 0,000$) mais elle ne l'est pas entre le lot 2 et le lot 3 ($p = 0,269$).

4.1.5.6. Conclusion

L'analyse des mesures individuelles montre que l'ingestion de paille évolue en fonction de la quantité de tourteau ingéré (Fig. 11). Elle indique une interaction d'abord positive et ensuite négative entre le tourteau et la paille. La substitution (interaction négative) se produit lorsque la quantité de tourteau ingéré dépasse 9 g. L'ingestion maximale est estimée à 55 g alors que sans supplémentation l'ingestion de paille est estimée à 51 g.

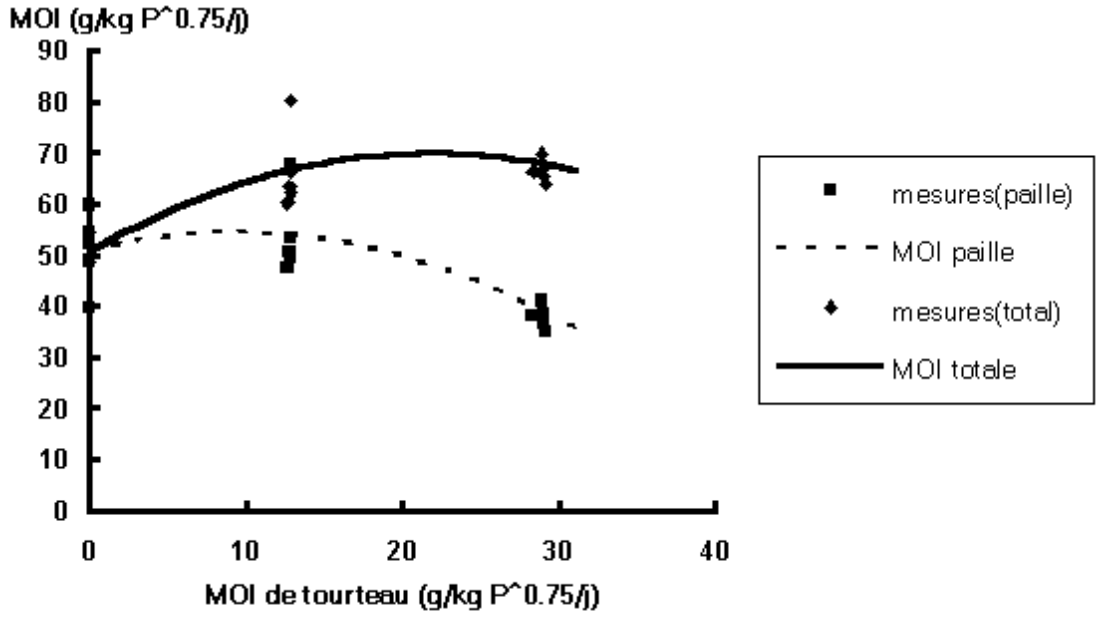


Figure 11. Evolution de la matière organique ingérée (MOI) de paille de riz et de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 4).

Equation des courbes : $MOI_{paille} = 51,03 + 0,75 * MOI_{tc} - 0,04 * MOI_{tc} * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,59$)

$MOI_{totale} = 51,03 + 1,75 * MOI_{tc} - 0,04 * MOI_{tc} * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,62$)

La digestibilité évolue linéairement avec le pourcentage de tourteau dans la quantité totale de matière organique ingérée (Fig. 12). Plus le pourcentage de tourteau augmente plus la digestibilité augmente. La digestibilité de la paille non supplémentée est estimée à 55 %. A partir de ce niveau on obtient une amélioration de 0,27 % avec 1 % de tourteau. La digestibilité du tourteau de coton est alors estimée à 81,54 %.

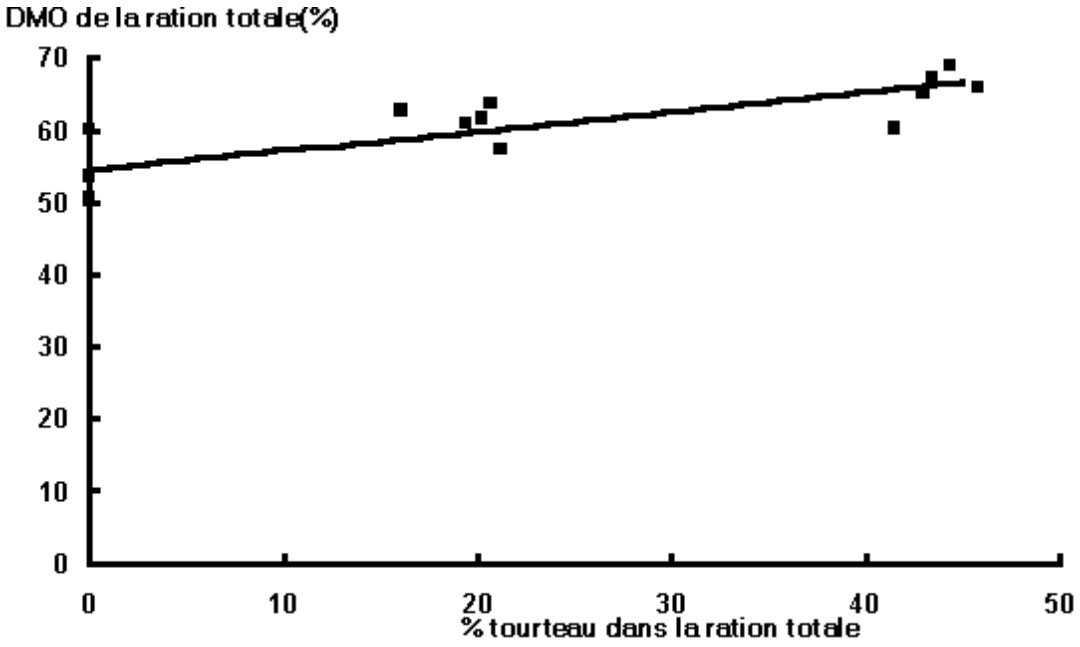


Figure 12. Evolution de la digestibilité de matière organique de la ration totale en fonction du % de tourteau de coton dans cette ration (Essai 4).

Equation de la droite : DMO = 54,54 + 0,27 * % TC ($r^2 = 0,70$).

La quantité de matière organique digestible ingérée évolue en fonction de la quantité de matière organique de tourteau ingéré (Fig. 13). Le modèle de régression permet d'estimer à 27 g la MOID de la paille non supplémentée.

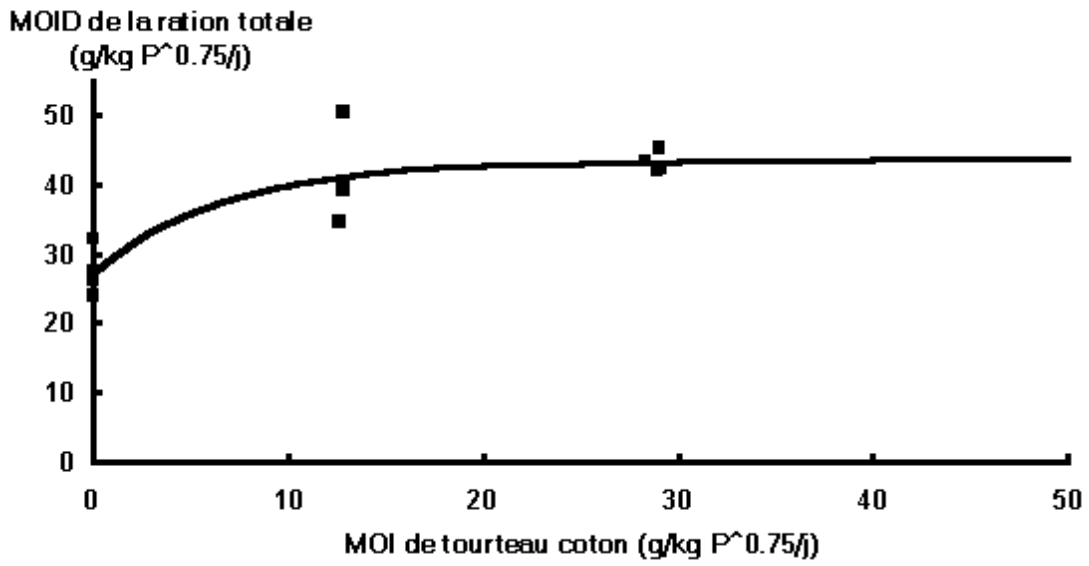


Figure 13. Evolution de la matière organique digestible ingérée (MOID) de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 4).
Equation de la courbe : MOID = 43,6 - 16,2 exp(-0,15 * MOI_{tc}) (r^2 = 0,69)

4.1.6. Cinquième essai

4.1.6.1. Introduction

Un échantillon de 15 vaches, en état physiologique de non gestation et de non lactation ou en état de gestation et de non lactation, a été prélevé des lots d'expérience à raison de 5 têtes par lot. Un animal a été exclu du lot 1 en cours d'essai pour problèmes de santé.

L'essai a été effectué en saison sèche et a comporté deux périodes de mesure :
- période de mesure 1 : du 31/05/1994 au 06/06/1994 ;
- période de mesure 2 : du 07/06/1994 au 15/06/1994.

La condition de la distribution *ad libitum* de paille telle que nous l'avons définie a été réalisée en offrant aux animaux en moyenne par jour 8 kg dans le lot 1 ; 9 kg dans le lot 2 et 7 kg dans le lot 3. Les rations moyennes de tourteau ont été fixées à 1 kg dans le lot 2 et 3 kg dans le lot 3. Les animaux du lot 1 n'ont pas reçu de tourteau.

Les pourcentages de matière sèche et de matière organique ont été en moyenne 89 et 85 % pour la paille ; 90 et 92 % pour le tourteau. Les taux d'azote de la paille et du tourteau ont été respectivement 6 et 72 g kg^{-1} MS. Les résultats de mesure sont donnés en annexe 4.1.6.

4.1.6.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}j^{-1}$)

- Les animaux du lot 1 ont ingéré une quantité de paille qui varie de 45 et 55 g avec une moyenne de 50 g. Ils n'ont pas reçu de tourteau.
- Les animaux du lot 2 ont ingéré entre 48 à 68 g de paille avec une moyenne de 56 g. La quantité de tourteau ingéré a été 12 g pour tous les animaux. Toutes les rations de tourteau ont été consommées.
- Les animaux du lot 3 ont montré une quantité de paille ingérée qui varie de 19 à 46 g avec une moyenne de 31 g. La quantité de tourteau ingéré a fluctué entre 22 et 28 g avec une moyenne de 27 g. Ils ont montré un niveau de refus de tourteau de 5 %.
- La quantité totale de matière ingérée a varié de 60 à 80 g dans le lot 2, de 47 à 74 g dans le lot 3. Les moyennes respectives dans ces lots ont été 68 et 58 g. La situation dans le lot 1 est mentionnée plus haut.
- Pour l'ingestion de paille, le lot 1 n'est pas significativement du lot 2 (p = 0,327). Par contre la différence entre le lot 3 et le lot 1 est significative (p = 0,005). Il en est de même entre le lot 3 et le lot 2 (p =0,001). En ce qui concerne l'ingestion totale de matière organique, seuls les lot 1 et lot 2 sont significativement différents (p = 0,008).

4.1.6.3. Pourcentage de tourteau dans la ration

Le pourcentage de tourteau dans l'ingestion totale a varié de 15 à 21 % dans le lot 2 avec une moyenne de 18 % ; de 38 à 61 % dans le lot 3 avec une moyenne de 47 %. Il résulte de ces résultats, la réalisation de trois niveaux distincts de supplémentation au cours de l'essai : 0, 18 et4 7 % de tourteau dans l'ingéré total.

4.1.6.4. DMO des rations totales

La digestibilité de la ration totale a varié de 51 à 53 % avec une moyenne de 52 % dans le lot 1 ; de 58 à 64 % dans le lot 2 avec une moyenne de 61 % et de 66 à 69 % dans le lot 3 avec une moyenne de 67 %. Toutes ces moyennes sont significativement différentes (p = 0,000 partout).

4.1.6.5. MOID des rations totales (kg $^{-0,75}$j^{-1})

La MOID qui représente l'énergie digestible ingérée a varié de 24 à 28 g, de 37 à 50 g et de 32 à 49 g respectivement dans le lot 1, lot 2 et lot 3. Les moyennes respectives sont 26, 42 et 39 g. Il en résulte une différence significative entre le lot 1 et chacun des lot 2 (p = 0,001) et lot 3 (p = 0,004). Cependant le lot 2 n'est pas significativement différent du lot 3 (p = 0,004).

4.1.6.6. Conclusion

L'analyse des quantités de paille ingérée révèle que celles-ci ont évolué en fonction de la quantité de tourteau ingéré (Fig. 14). Elle indique que l'interaction entre la paille et le tourteau est d'abord positive et ensuite négative pour les quantités de tourteau ingéré élevées. La substitution (interaction négative) se produit lorsque le tourteau ingéré atteint 8 g, niveau auquel la quantité de paille ingérée est estimée à 55 g. Cette estimation correspond donc à la quantité maximale de paille ingérée. Sans supplémentation on obtient une estimation de 51 g, ce qui dénote un faible pouvoir d'amélioration de l'ingestion de paille par le tourteau.

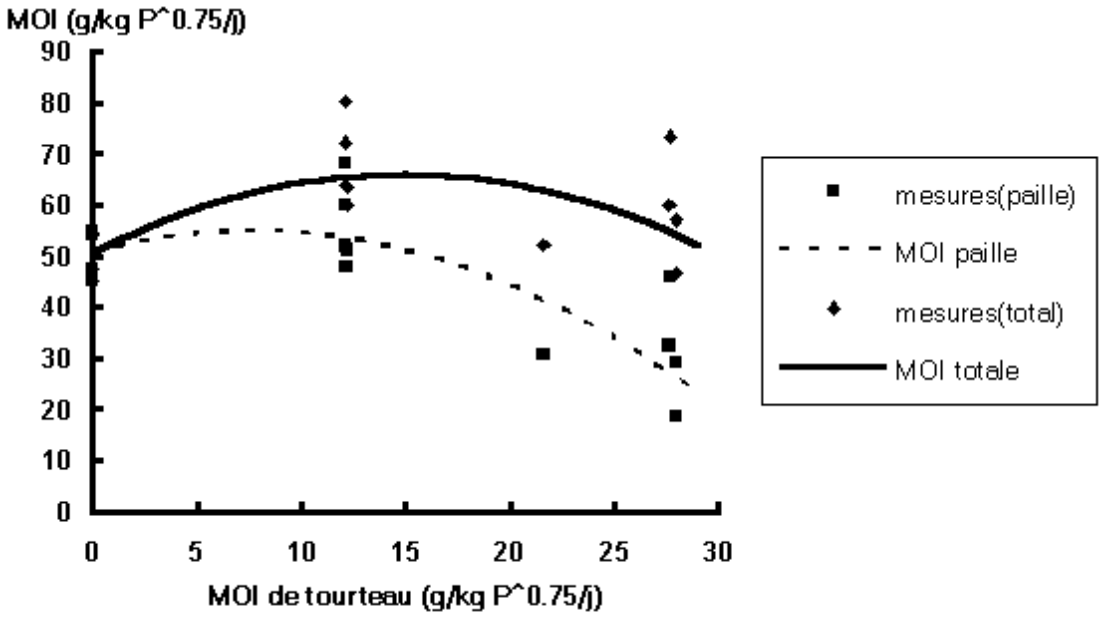


Figure 14. Evolution de la matière organique ingérée (MOI) de paille de riz et de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 5).

Equation des courbes : $MOI_{paille} = 50,81 + 1,09 * MOI_{tc} - 0,07 * MOI_{tc} * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,63$)

$MOI_{totale} = 50,81 + 2,08 * MOI_{tc} - 0,07 * MOI_{tc} * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,40$)

La digestibilité totale augmente également avec l'accroissement du pourcentage de tourteau dans l'ingéré total (Fig. 15). La digestibilité de la paille seule est estimée à 52 et celle du tourteau 58 %.

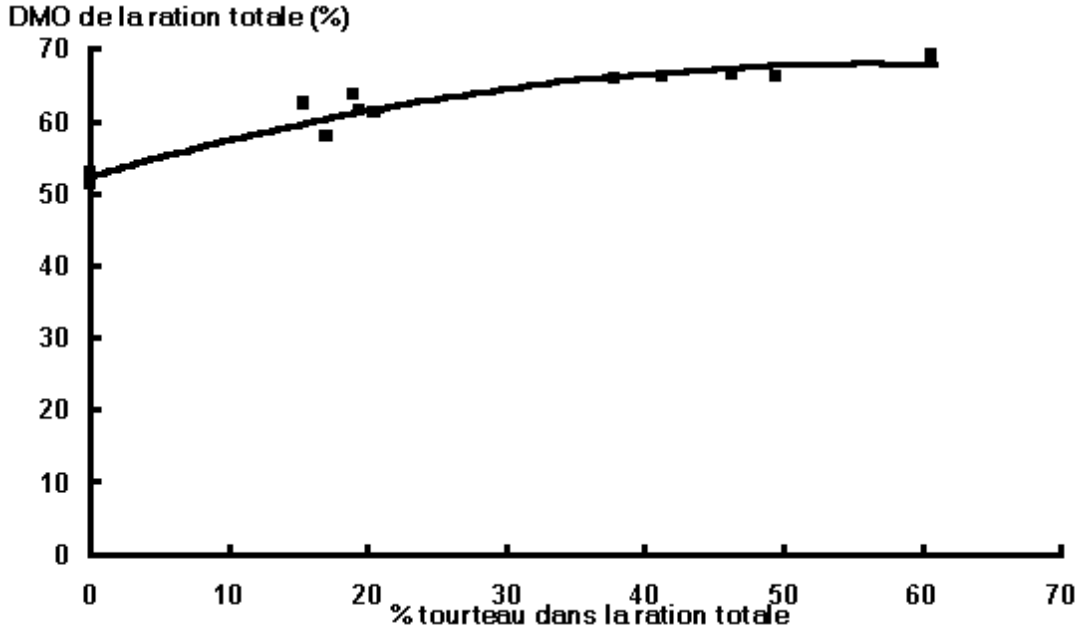


Figure 15. Evolution de la digestibilité de matière organique de la ration totale en fonction du % de tourteau de coton dans cette ration (Essai 5).
Equation de la courbe : DMO = 52,35 + 0,56 * % TC - 0,005 * % TC * % TC (r^2 = 0,87)

L'énergie digestible ingérée exprimée en MOID évolue en fonction de la quantité de tourteau ingéré comme le montre la Fig. 16. On note un abaissement de la quantité de MOID lorsque la quantité de tourteau ingéré est relativement élevée.

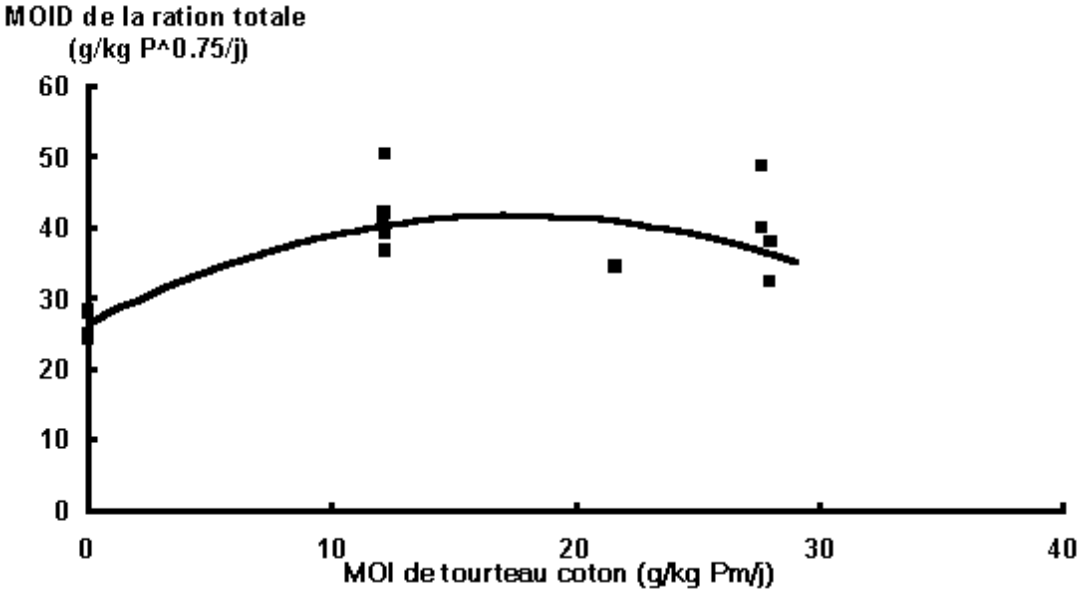


Figure 16. Evolution de la matière organique digestible ingérée (MOID) de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 5).
Equation de la courbe : MOID = 26,57 + 1,75 * MOI_{tc} - 0,05 * MOI_{tc} * MOI_{tc}) (r^2 = 0,63)

4.1.7. Sixième essai

4.1.7.1. Introduction

Un échantillon de 5 vaches a été prélevé dans chacun des lots d'expérience. Ces vaches étaient en état physiologique soit de non lactation et de non gestation, soit de gestation et de non lactation, soit de lactation et de non gestation. Une vache du lot 2 et une autre du lot 3 ont été éliminées en cours d'essai pour des problèmes de santé.

L'essai a été effectué en saison des pluies et a comporté deux périodes de mesure :
- période de mesure 1 : du 24/08/94 au 30/08/94 ;
- période de mesure 2 : du 31/08/94 au 07/09/94.

La condition de la distribution *ad libitum* de paille telle que nous l'avons définie a été réalisée en offrant aux animaux en moyenne par jour 8 kg dans le lot 1, 7 kg dans le lot 2 et 6 kg dans le lot 3. Les rations moyennes de tourteau ont été fixées à 2 kg dans le lot 1 et 3 kg dans les autres lots.

Les pourcentages de matière sèche et de matière organique ont été respectivement 84 % partout pour la paille ; 86 et 92 % pour le tourteau. Les taux d'azote de la paille et du tourteau ont été respectivement 5 et 68 g kg^{-1} MS. Les résultats de mesure sont donnés en annexe 4.1.7.

4.1.7.2. MOI de paille et de tourteau ($kg^{-0,75}$ j^{-1})

- Les animaux du lot 1 ont montré une ingestion de paille qui varie de 36 à 56 g avec une moyenne de 47 g. Ils ont tous ingéré à peu près la même quantité de tourteau soit 27 g. Un seul cas de refus de tourteau a été noté chez un animal soit 6 % de sa ration.
- Les animaux du lot 2 ont ingéré entre 24 et 43 g de paille ; 11 et 27 g de tourteau avec des moyennes respectives de 32 et 21 g. Ils ont refusé en moyenne 21 % de leur ration de tourteau.
- Les animaux du lot 3 ont montré une ingestion de paille qui varie de 24 à 45 g. Celle du tourteau a varié de 14 à 24 g. Les moyennes ont été 30 g pour la paille et 18 g pour le tourteau. Ces animaux ont refusé en moyenne 32 % de leur ration de tourteau.

Pour l'ingestion de paille, le lot 1 est significativement différent du lot 2 ($p = 0,036$) et du lot 3 ($p = 0,017$). Cependant le lot 2 ne diffère pas significativement du lot 3 ($p = 0,674$).
En ce qui concerne l'ingestion du tourteau, la seule différence significative est celle qui existe entre le lot 1 et le lot 3 ($p = 0,024$).
- La quantité totale de matière organique ingérée a varié de 63 à 82 g dans le lot 1 ; de 35 à 63 g dans le lot 2 et de 39 à 63 g dans le lot 3. Les moyennes respectives ont été 74, 54 et 48 g. La moyenne du lot 1 est significativement différente de celles du lot 2 ($p = 0,020$) et du lot 3 ($p = 0,005$). Il n'y a pas de différence significative entre ces deux dernières ($p = 0,454$).

4.1.7.3. Pourcentage de tourteau dans la ration

Le pourcentage de tourteau dans la quantité totale de matière organique ingérée a varié de 32 à 43 % dans le lot 1 ; de 31 à 48 % dans le lot 2 et de 25 à 50 % dans le lot 3. Les moyennes ont été respectivement 37, 39 et 38 %. Ces moyennes ne sont pas significativement différentes les unes des autres. Un seul niveau de supplémentation a été réalisé au cours de l'essai soit 38 % de tourteau dans l'ingestion totale.

4.1.7.4. DMO des rations totales

La digestibilité de la ration totale a varié de 42 à 70 % avec une moyenne de 60 % dans le lot 1 ; de 64 à 68 % avec une moyenne de 66 % dans le lot 2 et de 60 à 74 % avec une moyenne de 64 % dans le lot 3. Il n'existe pas de différence significative entre ces moyennes (p varie de 0,230 à 0,727).

4.1.7.5. MOID des rations totales ($kg^{-0,75}$ j^{-1})

La quantité de matière organique digestible ingérée dans les différents lots a varié comme suit :
- de 35 à 58 g dans le lot 1 avec une moyenne de 44 g ;
- de 24 à 41 g dans le lot 2 avec une moyenne de 36 g ;
- de 24 à 40 g dans le lot 3 avec une moyenne de 31 g.

Il n'y a pas de différence significative entre les moyennes obtenues (p varie de 0,050 à 0,450).

4.1.7.6. Conclusion

Les résultats montrent une relation de forme plutôt affine entre l'ingestion totale et la quantité de tourteau ingérée sur la gamme de mesures. Ce n'est pas le cas avec la quantité de paille ingérée. Une variation des ingestions totales de paille est observée pour la même quantité de tourteau ingérée (Fig. 17). L'ingestion compensatoire des animaux des lots 1 et 2 avec l'amélioration du niveau de supplémentation ne permet pas de lier la quantité de tourteau ingérée à celle de la paille.

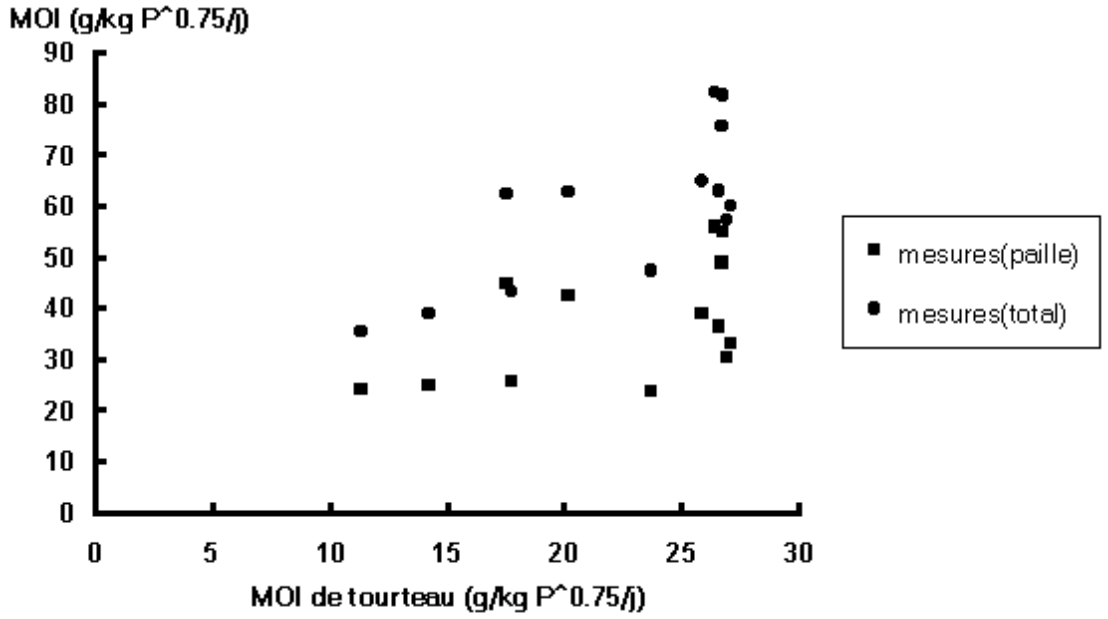


Figure 17. Variation de la matière organique ingérée (MOI) de paille de riz et de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 6).

La digestibilité de la matière organique de la ration totale augmente avec la quantité de tourteau ingérée (Fig. 18). Une dispersion importante de la digestibilité pour les faibles pourcentages de tourteau est observée. Sur la base de la régression de la digestibilité sur ces pourcentages, la paille non supplémentée aurait une digestibilité de 46 % et le tourteau 90 %.

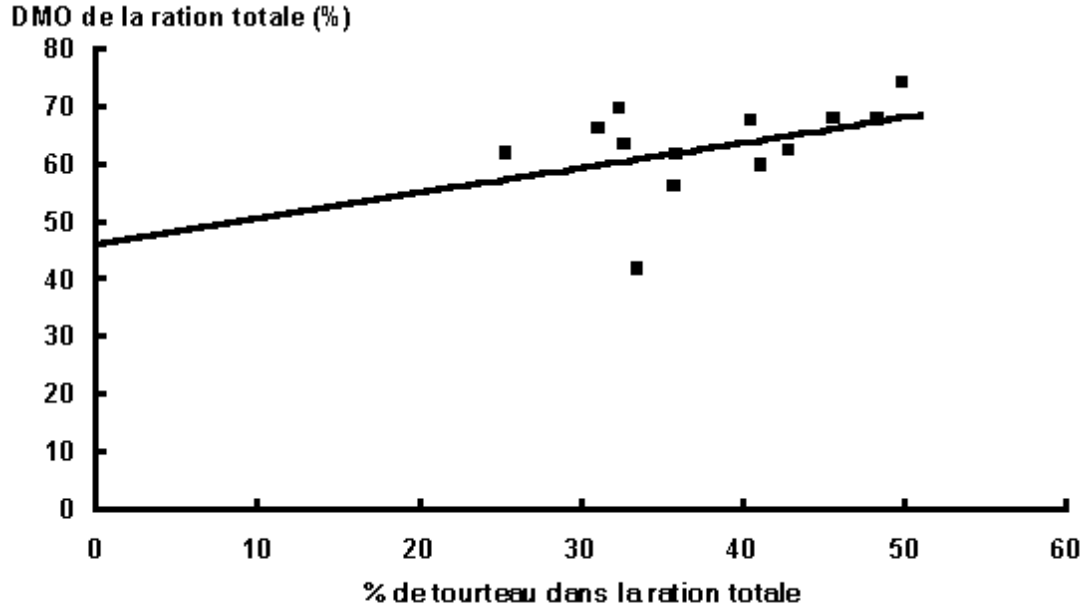


Figure 18. Evolution de la digestibilité de matière organique de la ration totale en fonction du % de tourteau de coton dans cette ration (Essai 6).
Equation de la droite : DMO = 46,22 + 0,44 * % TC (r^2 = 0,17)

La relation entre la quantité d'énergie ingérée exprimée en matière organique digestible et la quantité de tourteau ingéré est linéaire (Fig. 19). La gamme des mesures de matière organique de tourteau ingéré relativement restreinte ne permet pas de mieux prédire la valeur de la paille non supplémentée.

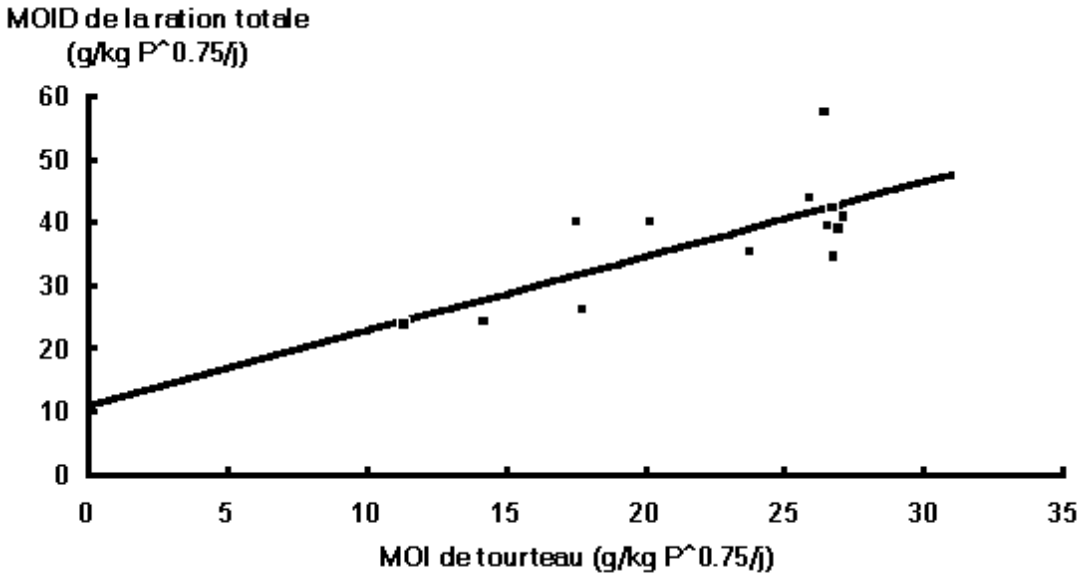


Figure 19. Evolution de la matière organique digestible ingérée (MOID) de la ration totale en fonction de la quantité de matière organique de tourteau de coton ingéré (Essai 6).
Equation de la droite : MOID = 11,12 + 1,18 * MOI_{tc} (r^2 = 0,51)

4.1.8. Conclusion-Discussions

Les principaux résultats obtenus au cours des essais sont portés dans le Tableau 6. Les valeurs bromatologiques moyennes par saison de la paille de riz et du tourteau de coton sont données dans le Tableau 7.

Tableau 6. Récapitulatif des principales variables mesurées ou estimées au cours des essais.

	MOI tourteau			MOI Paille		% MO		% N		DMO (%)		MOID		
Essai	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Sans supplément	Max. estimé	Paille	Tourteau	Paille	Tourteau	Paille	estimée Tourteau	Lot 1	Lot 2	Lot 3
1	0	12	37	39	50	83	93	0,45	6,48	49	72	19	37	44
2	41	42	41	-	-	85	92	0,43	7,28	61*	73	76	69	66
3	0	12	27	63	64	85	92	0,61	6,81	60	77	38	45	43
4	0	13	29	51	55	84	92	0,66	7,70	54	82	27	41	44
5	0	12	27	50	55	85	92	0,57	7,19	52	58	26	42	39
6	27	21	18	-	-	84	92	0,53	6,84	46*	90	44	36	31

NB : * Valeurs estimées sur la base des formules de régression utilisées ; MOI et MOID en g $kg^{-0,75}$ j^{-1}

Tableau 7. Taux de matière sèche (en %), de matière organique et d'azote total (en % de la matière sèche) de la paille de riz et du tourteau de coton par saison.

Saison	matière sèche (écart-type)	mat. org. (écart-type)	azote total (écart-type)	nombre d'échantillon
a) Paille de riz				
saison des pluies 1993	85,01 (3,47)	84,94 (1,32)	0,44 (0,04)	15
saison sèche 2 (Oct 93 - Mai 94)	91,80 (2,32)	84,68 (0,83)	0,58 (0,09)	57

saison des pluies 1994	83,73 (1,19)	84,87 (2,11)	0,52 (0,05)	18
Moyenne générale	89,06 (4,34)	84,76 (1,25)	0,55 (0,09)	90
b) Tourteau de coton				
saison sèche 1 (Fev - Mai 93)	90,51 (2,81)	92,71 (0,26)	6,46 (0,39)	69
saison des pluies 1993	86,85 (1,30)	91,28 (2,05)	7,04 (0,41)	15
saison sèche 2 (Oct 93 - Mai 94)	91,31 (1,65)	92,35 (0,20)	6,77 (0,79)	57
saison des pluies 1994	84,46 (1,79)	92,51 (0,15)	6,03 (0,92)	17
Moyenne générale	89,80 (3,14)	92,42 (0,76)	6,58 (0,68)	158

Le taux de matière organique de la paille de riz mesuré dans chaque essai a été le même que celui de la saison correspondante. La moyenne générale a été de 85 %. Ce résultat est identique à celui trouvé par PSS (1992) mais il est légèrement différent de ceux obtenus par Ballo (1993) et Kassambara (1983) (86-87 %) ; Bacayoko (1988) (83 %) ; Rivière (1977) (82 %).

Pour le tourteau de coton, le taux de matière organique mesuré dans chaque essai n'a pas été également différent de celui de la saison correspondante. La moyenne générale a été de 92 %. Kané (1993) a obtenu 93 %. Le résultat est inférieur à ceux trouvés par PSS (1992) (94-95 %). Il est cependant supérieur au résultat rapporté par Bacayoko (1988) (85 %).

Ces différentes valeurs ont montré une certaine stabilité du taux de matière organique aussi bien de la paille que du tourteau pendant toute la durée de l'étude. Les différences observées avec les données de littérature peuvent être liées à la variété et au processus de traitements des deux aliments.

Le taux moyen d'azote de la paille de riz a été de 6 g kg^{-1} MS. Le taux a varié en fonction des saisons. Cette variation est également perçue avec les mesures effectuées dans les essais. Les taux obtenus ne sont pas différents de ceux rapportés par Ballo (1993) ; Bacayoko (1988) ; Rivière (1977) (5-7 g kg^{-1} MS). La variété de riz, sa fertilisation avec l'engrais azoté, sont autant de facteurs qui pourraient expliquer la variabilité constatée. Un autre facteur non moins important est la perte mécanique des feuilles et parties digestibles lors des opérations de fauche et de bottelage, celles-ci étant plus riches en azote.

Les pluies tardives avant la récolte entraînent le lessivage des éléments solubles (sucres, minéraux et constituants azotés) et diminuent la qualité de la paille récoltée. Aussi, les conditions hygrométriques du milieu de stockage, surtout en hivernage 1994 où la pluviométrie a été particulièrement élevée, jouent sur la volatilisation de l'azote. Le taux d'azote légèrement bas au sixième essai effectué en saison des pluies 1994 dénote l'effet de ce phénomène.

Les différentes valeurs mesurées et rapportées sont toutes inférieures au seuil de 8 g kg^{-1} MS qui permettrait d'assurer l'entretien des bovins (Ketelaars, 1991). La valeur du menu de paille n'a très probablement pas été différente de celle de la paille offerte d'autant plus que le processus de battage et de bottelage à la machine ont réduit la taille de la paille et contribué ainsi à minimiser davantage sa sélectivité.

Le taux d'azote du tourteau de coton a fluctué au cours des saisons avec une moyenne de 66 g kg^{-1} MS. Les plus bas taux ont été mesurés en hivernage 1994 (moyenne 60 g kg^{-1} MS) et le plus élevé au 4e essai (77 g kg^{-1} MS). Aussi, les mesures en première saison sèche ont été relativement faibles par rapport à la moyenne générale. Le tourteau analysé pendant ces deux saisons provenait des derniers sacs de stock. Nous avons noté pour ces sacs des changements de coloration, un début de contamination par les moisissures et de prise en masse des granulés indiquant l'échauffement en tas dont elles sont responsables. Les moisissures utilisent pour leur métabolisme les constituants cytoplasmiques et diminuent ainsi la qualité du tourteau. Les sacs dont la détérioration a été perceptible au cours des séances de pesée des rations ont été éliminés. Il demeure que dans l'ensemble, le tourteau utilisé pendant le premier et le sixième essai était de mauvaise qualité comparativement aux autres. Un seul renouvellement du stock a été opéré en Juin 1993 ce qui explique probablement l'amélioration du taux d'azote au deuxième essai.

Les résultats de mesure montrent indépendamment du phénomène de détérioration, une variabilité du taux d'azote au sein du même stock de

tourteau. Le tourteau pourrait provenir de plusieurs variétés de même que les niveaux de fertilisation des champs sont probablement différents d'un paysan à un autre expliquant ainsi les variations constatées.

Kané (1993) et Kassambara (1983) ont tous trouvé un taux de 59 g kg^{-1} MS. Le tourteau analysé par ces auteurs provenait également des usines HUICOMA qui à partir de 1993 ont commencé à produire du tourteau sous forme de granulé ayant un taux de matière grasse plus faible que par le passé (10 contre 20 %). Ceci est probablement à la base des écarts entre nos mesures et les résultats de ces auteurs. Bacayoko (1988) a cependant rapporté un taux de 72 g kg^{-1} MS.

Le lien entre le taux d'azote la digestibilité et l'ingestion a été démontré par plusieurs auteurs notamment Ketelaars & Tolkamp (1991) ; Andrieu *et al*. (1981). Le manque d'azote dans les pailles constitue la principale contrainte pour les micro-organismes dans leur dégradation dans le complexe rumen-réseau. L'azote conditionne la digestibilité et donc la vidange du rumen ce qui pourrait permettre à l'animal d'ingérer davantage. Ketelaars & Tolkamp (1992a et b) ont rapporté que plusieurs autres facteurs interviennent dans la régulation de l'ingestion volontaire : le changement du métabolisme basal, l'efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable, la concentration des acides gras volatils dans tous les compartiments du corps du ruminant.

Dans cette étude la digestibilité de la matière organique de la paille non supplémentée a fluctué entre 46 et 61 % avec une moyenne de 54 %. Bacayoko (1988) a trouvé une digestibilité de la matière sèche de la paille de riz supérieure à 51 % avec des moutons maures. Mahler (1991) a trouvé une digestibilité de 56 % du menu en saison sèche au ranch de Niono pendant deux années consécutives. Cette valeur se situe dans l'intervalle de variation de la digestibilité que nous avons trouvée avec la paille de riz seule. Andrieu *et al* . (1981) a rapporté qu'avec les moutons la digestibilité de la matière organique de 539 foins de la zone tempérée (France) composés de graminées et de légumineuses a varié de 50 à 74 %. Ces résultats montrent une plus grande variation de la digestibilité des fourrages tempérés.

Les estimations de la digestibilité du tourteau ont varié de 58 à 90 %. Elles ont augmenté régulièrement du premier au quatrième essai et n'ont donc pas suivi l'évolution du taux d'azote ni de la paille ni du tourteau. Ce résultat peut indiquer l'augmentation de l'efficience du faciès ruminal dans la dégradation du tourteau suite à une utilisation de longue durée de cet aliment. Les valeurs obtenues sont toutes supérieures aux résultats rapportés par PSS (1992) (65 %) que nous avons utilisé pour l'établissement des rations et par Schlecht *et al*. (1993) (61 %). La différence serait liée à l'effet de la méthode d'estimation ou de mesure. La digestibilité in vivo des concentrés habituellement mesurée à partir de la formule mathématique ci-dessous ne tient pas compte par exemple de l'interaction entre le supplément et le fourrage de base.

$DMO_{(totale)} = (DMO_{rb} \times \% rb + DMO_{conc} \times \% conc) \times 0{,}01$ où

$DMO_{(totale)}$ = digestibilité de la matière organique de la ration totale (%) ;

DMO_{rb} = digestibilité de la matière organique de la ration de base (%) ;

DMO_{conc} = digestibilité de la matière organique du concentré (%) ;

% rb = % de la ration de base dans la ration totale (en matière organique) ;
% conc = % du concentré dans la ration totale (en matière organique).

On peut s'attendre à ce que toute digestibilité du concentré calculée sur la base d'une telle formule s'écarte de la valeur réelle.

Les rations de tourteau bien que de loin inférieures à l'ingestion maximale des animaux n'ont pas toujours été entièrement consommées. Des refus dès fois importants ont été obtenus. La consistance plus ou moins dure des granulés serait à la base donc de certains refus. D'autres refus en particulier ceux de l'hivernage 1994 seraient plutôt liés à la mauvaise qualité dont il a été question plus haut.

L'apport de concentré comme supplément azoté à la paille ne permet pas toujours de lier de façon très évidente l'ingestion de celle-ci à l'évolution de son taux d'azote. En effet, lorsque des animaux ne consommant que de la paille pendant une période plus ou moins longue viennent à recevoir du concentré azoté, l'ingestion ne peut plus s'expliquer seulement par le taux d'azote de la ration. Le concentré étant non seulement riche en azote mais aussi en énergie la prolifération des micro-organismes avec la levée de ces deux contraintes, devient plus importante et la dégradation des fibres augmente ainsi que la vidange du rumen. Par ailleurs, la tolérance à la réplétion du rumen augmente et les animaux mangent beaucoup plus par rapport à leur poids métabolique. Les niveaux d'ingestion montrés particulièrement par les animaux du lot 1 en saison des pluies 1993 et 1994 (essais 2 et 6) sont liés à ce phénomène d'ingestion compensatoire après une période de disette. Dicko & Sangaré (1980) ont également montré avec les bovins du système agro-pastoral du mil et du riz de Niono une ingestion de matière sèche de 88 à 158 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} en juin et de 135 à 185 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} en juillet alors que celle-ci n'était que de 54 à 103 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} en fin saison sèche. Avec les animaux de la présente étude, l'effet a été doublé en saison des pluies 1993 par l'accroissement des besoins de production car ils étaient en lactation pendant cette période. Ceci met en exergue aussi l'effet de l'état physiologique sur l'ingestion. Vanzant *et al*. (1991) ont mis en évidence cet effet avec des génisses Hereford-Angus en début de lactation qui ont mangé 16 % de plus que les congénères en état

physiologique de non lactation et non gestation. Ketelaars & Breman (1991) ont rapporté que les vaches en lactation ingèrent 20 % de plus, un même fourrage, que les autres vaches.

Les quantités de paille ingérée sans apport de tourteau sont passées de 39 au premier essai à 75 au deuxième, 63 au troisième, 51 au quatrième, 50 et 47 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} respectivement aux cinquième et sixième essai. Elles sont toutes inférieures à celles rapportées par Kassambara (1983, 78 à 86 g $kg^{-0,75}$) à partir d'estimations effectuées avec le bovin mâle adulte.

Au demeurant, l'ingestion de la paille a évolué en fonction du niveau de supplémentation avec le tourteau et donc de la qualité du menu. Une amélioration de l'ingestion de paille seule a été obtenue avec des gammes variables de quantité de tourteau. Elle a été modulée par les besoins des animaux. En effet, le seuil à partir duquel la substitution du tourteau à la paille a lieu est passé de 17 g au cours du premier essai où les vaches étaient dans le dernier tiers de la gestation à 9 et 8 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} respectivement aux quatrième et cinquième essai où elles étaient les unes en gestation, les autres vides. Aucune amélioration de l'ingestion de paille n'a été obtenue avec la gamme des quantités de tourteau ingéré au cours du troisième essai où l'on a utilisé la paille fraîchement récoltée et donc de bonne qualité. Schlecht *et al*. (1993) ont trouvé qu'un supplément composé de 1 kg de fane de niébé et de 0,5 kg de farine basse de riz se substitue au pâturage quand celle-ci est de bonne qualité. Ils ont obtenu une amélioration de l'ingestion au pâturage avec le même supplément lorsque celui-là était de mauvaise qualité.

L'écart trop réduit entre les quantités de tourteau ingéré au cours des deuxième et sixième essais n'a pas permis de mettre en évidence l'évolution de l'ingestion de la paille en fonction du tourteau.

Les variations de l'ingestion totale de même que celles de sa fraction digestible dans chaque essai sont liées à la présence d'animaux à différents états ou stades physiologiques mais aussi et surtout à la variation de la quantité de tourteau ingéré et à l'interaction entre les deux aliments. La non prise en compte de cette interaction dans les calculs de rationnement peut créer des écarts entre les besoins formulés et les productions mesurées.

Au vu des résultats la qualité des aliments utilisés au cours de chaque essai a été la même que celle de la saison correspondante. Aussi, la principale variable explicative de l'ingestion d'énergie exprimée en matière organique digestible (MOID en g $kg^{-0,75}$ j^{-1}) a été la quantité de tourteau ingérée (MOI_{tc} en g $kg^{-0,75}$ j^{-1}). Les formules de régression pour prédire la MOID et les périodes auxquelles elles répondent sont les suivantes :

- Essai 1 : Période du 18/02/1993 au 27/04/1993
$MOID = 45,2 - 25,7 * \exp(-0,08 * MOI_{tc})$ ($r^2 = 0,83$)

- Essai 2 : Période du 27/4/1993 au 15/11/1993
$MOID = 34,69 + 0,87 * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,66$)

- Essai 3 : Période du 15/11/1993 au 15/12/1993.
$MOID = 38,10 + 0,18 * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,27$)

- Essai 4 : Période du 15/12/1993 au 18/3/1994.
$MOID = 43,6 - 16,2 * \exp(-0,15 * MOI_{tc})$ ($r^2 = 0,69$)

- Essai 5 : Période du 18/3/1994 au 15/6/1994
$MOID = 26,57 + 1,75 * MOI_{tc} - 0,05 * MOI_{tc} * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,63$)

- Essai 6 : Période du 15/6/1994 au 19/9/1994
$MOID = 11,12 + 1,18 * MOI_{tc}$ ($r^2 = 0,51$)

4.2. Ingestion de tourteau de coton pendant toute la durée de l'étude

Les vaches du lot 2 et du lot 3 ont reçu le tourteau de coton pendant toute la durée de l'étude. Celles du lot 1 n'en ont bénéficié que pendant les saisons de pluie. Les rations ont été établies pour des intervalles de temps inégaux appelés périodes de mesure. Au cours de la même période, la quantité journalière de tourteau offert au même animal n'a pas varié. Les résultats des six essais d'ingestion et de digestibilité in vivo (ref. 4.1) ont montré que la principale variable explicative de la MOID a été la quantité de tourteau ingéré. L'objet de la présente

rubrique est de montrer l'importance quantitative de l'ingestion totale de tourteau par individu et par lot ainsi que la variation de l'ingestion moyenne du même aliment par période de mesure et par lot. Ceci permet d'apprécier la réalisation des différents niveaux de supplémentation et de comprendre ainsi la variation de la production animale entre lots.

Les quantités totales de tourteau offert et les refus pendant toute la durée de l'étude sont donnés par lot dans le Tableau 8. Les consommations moyennes par saison sont portées dans les annexes 4.2.1, 4.2.2 et 4.2.3. Les moyennes par période de mesure sont illustrées sur la Fig.20.

Tableau 8. Quantité totale de tourteau de coton offert (en matière brute) et la consommation totale (en matière organique) pendant toute la durée de étude.

animal	QD (kg)	Refus (kg)	%refus	MOI (kg)
a) Lot 1				
1	608,0	2,6	0,4	482,6
2	654,4	1,5	0,2	518,6
3	642,4	21,4	3,3	492,7
4	613,6	4,7	0,8	483,1
5	527,5	6,2	1,2	414,2
6	624,6	14,3	2,3	484,3
7	753,6	11,3	1,5	588,7
8	746,2	67,6	9,1	538,1
Total	5170,4	129,6	2,5	4002,3
b) Lot 2				
9	1172,5	18,2	1,5	936,5
10	1140,9	64,8	5,7	873,2
11	1159,1	115,9	10,0	849,2
12	1098,1	140,4	12,8	779,9
13	1096,5	47,2	4,3	851,8
14	1083,2	154,1	14,2	757,5
15	1139,2	190,3	16,7	773,0
16	1040,6	18,9	1,8	829,1
Total	8930,1	749,7	8,4	6650,2
c) Lot 3				
17	1972,5	274,0	13,9	1404,8
18	1752,1	123,6	7,1	1341,5
19	1932,8	269,6	13,9	1368,2
20	1956,9	310,9	15,9	1356,1
21	1720,4	333,4	19,4	1142,6
22	1112,5	482,9	43,4	518,9
23	1686,8	235,0	13,9	1201,5
24	1864,9	349,5	18,7	1252,5
Total	13998,8	2378,9	17,0	9586,1

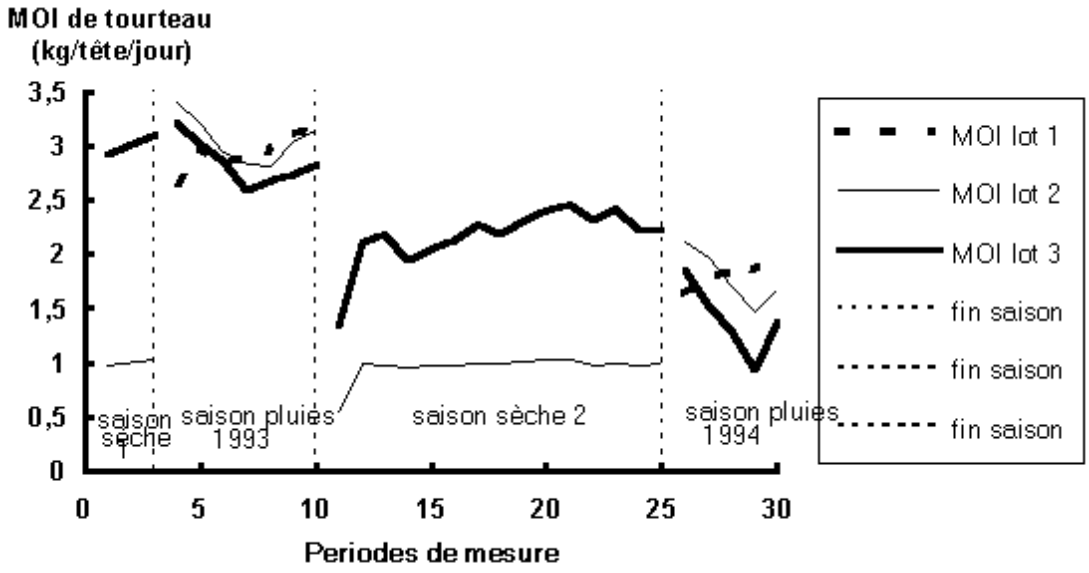


Figure 20. Evolution de l'ingestion du tourteau de coton en fonction des périodes de mesure pendant toute la durée de l'étude (une période est l'intervalle de temps durant lequel la quantité de tourteau offert au même animal ne varie pas).

La quantité totale de tourteau de coton ingéré a varié de 414 kg à 589 kg de matière organique pour une offre de 528 kg à 754 kg de matière brute dans le lot 1. La consommation moyenne a été 3 kg de matière organique par animal et par jour en saison des pluies 1993 et 2 kg en hivernage 1994. Pendant les périodes sèches, à quelques exceptions près, ils n'ont pas reçu de tourteau. En effet certains animaux (ref annexe 4.2.1) ont temporairement bénéficié d'un appoint de 0,5 kg par jour lorsqu'ils ont été incapables de se relever par faiblesse physique.

Dans le lot 2, les animaux ont ingéré entre 757 kg et 937 kg de matière organique pour une offre totale de 1041 kg à 1172 kg de matière brute. Ils ont consommé en moyenne par jour 1 kg de matière organique en première période sèche, 3 kg en saison des pluies 1993, 1 kg en deuxième période sèche et 2 kg en saison des pluies 1994.

Dans le lot 3, sans compter les animaux morts, l'ingestion totale a varié de 1143 kg à 1405 kg de matière organique pour une offre de 1720 kg à 1973 kg de matière brute. L'ingestion moyenne de matière organique a été 3 kg en première saison sèche, 3 kg en saison des pluies 1993, 2 kg en deuxième saison sèche et 1 kg en hivernage 1994. Les animaux 86057 et 87094 qui n'ont pas survécu ont montré une ingestion totale respective de 519 et 1201 kg de matière organique pour une offre de 1112 kg et 1687 kg de matière brute. Leur ingestion moyenne de matière organique par jour a été respectivement 2 kg et 3 kg en saison des pluies 1993, 1 et 2 kg en deuxième période sèche. Ils ont tous ingéré 3 kg en moyenne en première période sèche. L'animal nº 87094 a ingéré 1 kg par jour pendant la saison des pluies 1994 avant sa mort. Le nº 86057 est mort en Décembre 1993.

Les rations de tourteau n'ont pas été toujours entièrement ingérées. Les refus ont augmenté avec les quantités offertes. En effet, de 3 % seulement dans le lot 1, ils sont passés à 8 % dans le lot 2 et à 17 % dans le lot 3.

En première saison sèche les résultats montrent que les animaux du lot 3 ont ingéré beaucoup plus de tourteau que ceux du lot 2. Ceci reflète bien la différence entre le niveau de supplémentation de la paille dans les deux lots : 50 % dans le lot 3 et 19 % dans le lot 2. Pendant cette période sèche, les animaux des 2 lots ont montré une ingestion régulièrement croissante. Les animaux du lot 1 n'ont pas reçu de tourteau cette saison (ref. protocole). Ainsi, 3 niveaux de supplémentation ont été réalisés au cours de cette saison : 0, 1 et 3 kg tête^{-1} j^{-1}. Le premier essai a abouti à la même conclusion.

En saison des pluies 1993, les animaux du lot 3 ont brusquement baissé leur ingestion bien que recevant les mêmes quantités de tourteau par kg de poids métabolique qu'en saison précédente. Cette chute a continué jusqu'en milieu de saison après quoi l'ingestion a monté. Les animaux du lot 2 qui venaient de bénéficier une augmentation de leur ration (ref. protocole) ont mangé davantage que ceux du lot 3 en suivant leur chute d'ingestion. Les écarts entre les deux lots en fin de saison ont été de plus en plus importants. Les animaux du lot 1 qui venaient de recevoir le tourteau de coton pour la première fois ont montré une ingestion croissante avec cependant une inflexion en milieu de saison. Cette augmentation de l'ingestion avec la même quantité reçue exprimée en kg de poids métabolique dénote une adaptation progressive à cet aliment mais aussi et surtout à l'augmentation de poids. La consommation moyenne a été de 3 kg tête^{-1} j $^{-1}$ dans tous les lots indiquant la réalisation d'un seul niveau de supplémentation en cette saison. Ceci est en accord avec les résultats du deuxième essai.

En deuxième saison sèche, le niveau particulièrement bas de l'ingestion dans les lots 2 et 3 est en rapport avec l'offre qui a été très faible pour la saison (niveau de supplémentation respective de 0,6 kg et 1,6 kg tête $^{-1}$ j^{-1}). Avec le retour au niveau de supplémentation de 19 %, les animaux du lot 2 ont mangé de façon comparable avec la première saison sèche. Quant aux animaux du lot 3, leur ration a été délibérément réduit à cause des problèmes de santé qui ont été particulièrement aigus avec le niveau 50 % de tourteau. En recevant ce niveau de supplémentation, ils ont mangé de façon croissante en signe d'une adaptation après une période de stress de saison des pluies et d'une augmentation de poids vif. La consommation moyenne a été de 1 kg tête^{-1} j $^{-1}$ dans le lot 2 et de 2 kg tête^{-1} j^{-1} dans le lot 3. Ainsi 3 niveaux de supplémentation (0, 1 et 2 kg tête $^{-1}$ j^{-1}) ont été réalisés pendant la deuxième saison sèche. Ce résultat est conforme à ceux obtenus avec les troisième, quatrième et cinquième essai.

En saison des pluies 1994, ce fut la même chose qu'en hivernage 1993 mais la pente de chute de consommation dans le lot 3 a été particulièrement élevée. Ce phénomène de chute d'ingestion dans les lots 2 et 3 en périodes hivernales à l'effet conjugué de plusieurs facteurs notamment les mises-bas de la saison et les séquelles éventuelles des vêlages de fin saison précédente. La pertinence de l'effet mise-bas s'observe avec les animaux du lot 1 dont le grand nombre a mis-bas en saison des pluies 1993 et un seul en 1994. Un facteur non moins important est lié aux conditions du milieu en hivernage avec tout le cortège de boue et d'eau stagnante pendant les jours pluvieux. En effet, la pluviométrie en 1994 a été particulièrement élevée d'où l'acuité du phénomène en saison des pluies 1994. L'effet a été exacerbé par la baisse de la qualité du tourteau : baisse du taux d'azote liée à l'hygrométrie (phénomène de volatilisation) et remontée des moisissures notamment les Aspergillus. La consommation moyenne a été 2 de kg tête^{-1} j^{-1} dans les lot 1 et lot 2 et seulement de 1 kg tête^{-1} j^{-1} dans lot 3. Un seul niveau de supplémentation n'a donc pu être réalisé au cours de la saison des pluies 1994.

La supériorité des animaux du lot 2 par rapport à ceux du lot 3 et le comportement des animaux du lot 1 pendant la saison des pluies 1993 et 1994 résultent de l'effet de l'ingestion compensatoire. Une situation précédente de disette (liée à la qualité du régime) associée à la levée de contraintes au niveau des microorganismes du rumen - réseau expliquent le résultat obtenu dans le lot 1. L'amélioration des conditions alimentaires dans le lot 2 a contribué également à augmenter l'efficacité de la fermentation dans le rumen. Des indications avaient été observées lors des deuxième et sixième essai d'ingestion et de digestibilité in vivo. L'effet de la lactation est de loin le moindre car il explique les besoins croissants.

En conclusion, les quantités totales de tourteau ingéré ont été plus importantes chez les animaux qui ont reçu les quantités les plus élevées de cet aliment. L'ingestion moyenne de tourteau a suivi l'évolution des quantités offertes traduisant la réalisation de plusieurs niveaux de supplémentation au cours de l'étude (objectif poursuivi). Les animaux ont montré une bonne appétibilité du tourteau de coton quoique des refus de 3 à 17 % aient été obtenus. Ces refus ont augmenté avec les quantités offertes. Le phénomène d'ingestion compensatoire de tourteau de coton a été observé.

4.3. Production laitière

Les quantités totales estimées de lait produit au cours de l'étude et les productions des premier, deuxième et troisième mois sont données dans les Tableaux 9, 10 et 11. Elles ont été estimées à partir des résultats du contrôle laitier (Annexes 4.3.1 , 4.3.2 et 4.3.3) dont le rythme est passé de deux à quatre fois au cours de l'étude. Le contrôle laitier a porté sur le lait total prélevé manuellement par deux bergers et toujours les mêmes. Au moment de la traite, les veaux ont été utilisés pour la stimulation de la descente et pour l'égouttage du lait de leur mère. Cette fraction de lait consommée par les veaux n'a pas été déterminée par manque de matériel adéquat de pesage. Les estimations de la production laitière ont porté sur deux lactations : la première du 4 Mars 1993 au 25 Avril 1994 et la seconde du 18 Mai 1994 à la fin des mesures. Les vaches du lot 1 n'ont pas connu une deuxième lactation. L'évolution des productions des vaches qui ont accompli une lactation complète est illustrée sur les Figs 21, 22 et 23. Certaines vaches ont continué à produire du lait un peu au-delà du sevrage de leur veau.

4.3.1. Les vaches du lot 1

Les vaches du lot 1 ont produit 2 894 kg de lait pour une durée de production qui a varié de 36 à 286 jours. Le pic de production journalière de lait le plus élevé a été de 5 kg. En première saison sèche, ces vaches ont produit 273 kg. En hivernage 1993 et en seconde saison sèche elles ont produit respectivement 2 050 kg et 571 kg de lait. Les moyennes ont été de 2 kg en première saison sèche ; 3 kg en hivernage 1993 et 1 kg en deuxième saison sèche.

Tableau 9. Production laitière des vaches du lot 1.

Ordre animal	Production (kg)	Durée de production (j)

	1er Mois	2ème Mois	3ème Mois	Pic (kg j^{-1})	Totale	
1	33,6	88,0	111,9	4,8	590,9	238
2	98,9	108,9	95,7	4,3	585,7	286
3	84,9	15,2	-	4,2	100,2	36
4	47,7	74,9	68,2	3,0	321,9	186
5	96,8	95,1	75,2	3,7	344,8	135
6	94,5	107,9	117,6	4,9	374,1	144
7	126,5	69,0	50,6	5,0	416,9	275
8	125,4	34,0	-	5,0	159,5	38
Ensemble	708,3	593,0	519,2	5,0	2894,0	

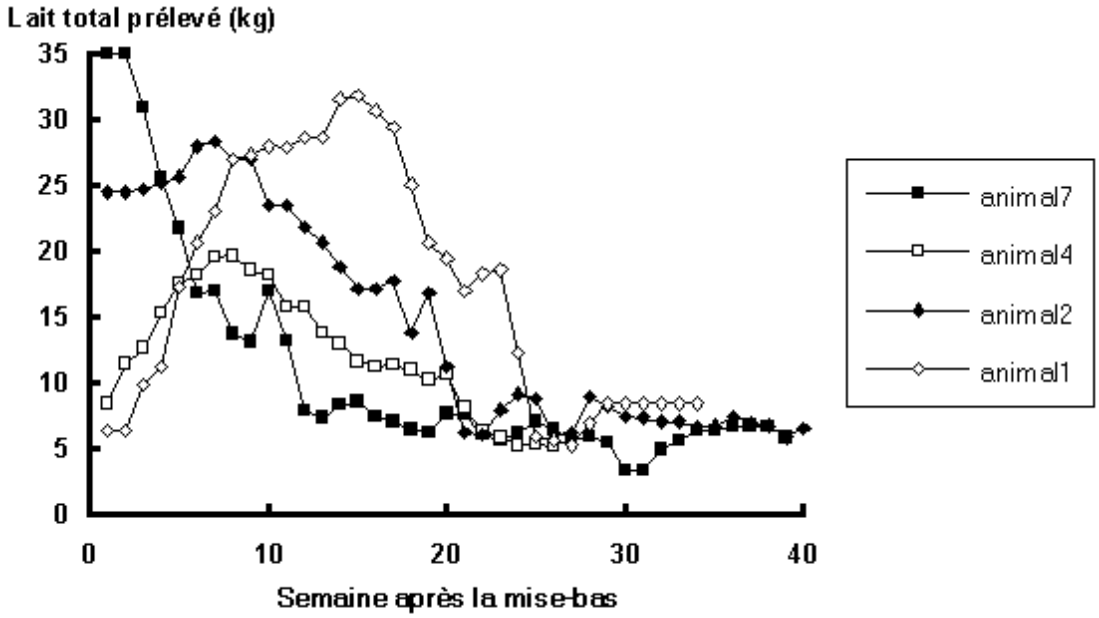


Figure 21. Evolution de la production laitière de quelques vaches du lot 1 (en kg par semaine).
Date de mise-bas *:* - Animal 7 : 20 Juillet 1993 ;
- Animal 4 : 13 Mai 1993 ;
- Animal 2 : 19 Mai 1993 ;
- Animal 1 : 21 Avril 1993.

4.3.2. Les vaches du lot 2

Les vaches du lot 2 ont produit en première lactation 5 067 kg de lait pour une durée de production qui a varié de 47 à 302 jours avec un pic de production journalière maximum de 10 kg. La seconde qui n'a concerné que trois vaches, a totalisé 327 kg de lait pour une durée de production de 23 à 88 jours. Le pic de production journalière de lait le plus élevé obtenu au cours de cette seconde lactation a été de 6 kg. En première saison sèche, ces vaches ont produit 701 kg de lait contre 2 771 kg, 1 600 kg et 325 kg respectivement en saison des pluies 1993, en seconde saison sèche et en hivernage 1994. Les moyennes ont été de 5 kg en première saison sèche et en hivernage 1993 ; 2 kg au cours des deux autres saisons.

Tableau 10. Production laitière des vaches du lot 2.

Ordre animal	Production (kg)					Durée de production (j)
	1er Mois	2ème Mois	3ème Mois	Pic (kg $^{-1}$)	Totale	

a) Première lactation						
9	145,4	146,7	144,4	5,7	1 080,8	301
10	172,5	136,8	92,3	6,2	753,2	294
11	107,8	96,8	86,1	3,9	352,6	105
12	226,4	198,4	146,0	8,2	736,5	141
13	79,0	93,9	80,8	3,9	483,3	282
14	70,4	49,1	-	2,6	119,5	47
15	56,7	48,4	39,3	2,4	184,7	125
16	183,8	202,8	208,4	9,8	1 356,0	302
Ensemble	1 402,0	972,9	797,3	9,8	5 066,9	
b) Deuxième lactation						
9	113,6	43,7	-	5,6	157,3	43
13	20,2	-	-	1,4	20,2	23
14	52,9	57,9	35,8	3,0	149,4	88
Ensemble	186,7	101,6	35,8	5,6	326,9	

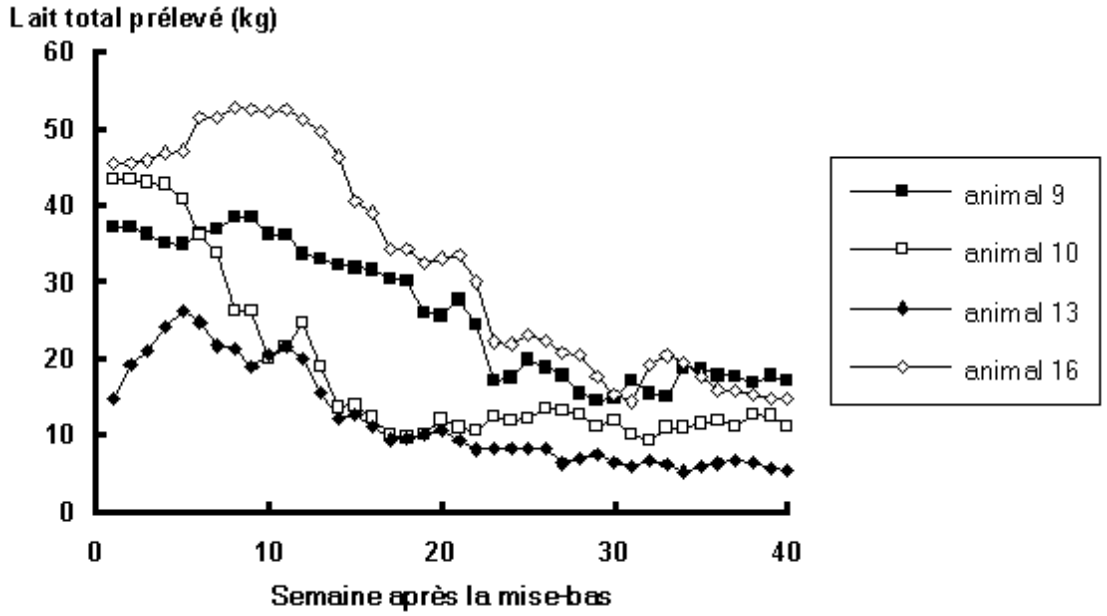


Figure 22. Evolution de la production laitière de quelques vaches du lot 2 (en kg par semaine).
Date de mise-bas : - Animal 9 : 4 Mai 1993 ;
- Animal 10 : 5 Juillet 1993 ;
- Animal 13 : 13 Juillet 1993 ;
- Animal 16 : 3 Mai 1993.

4.3.3. Les vaches du lot 3

Les vaches du lot 3 ont produit au cours de la première lactation 3 295 kg de lait pour une durée de production qui a varié de 35 à 325 jours. Le pic de production journalière maximum obtenu a été de 8 kg de lait. La seconde lactation qui n'a concerné que trois vaches a totalisé 774 kg de lait pour une durée de production de 14 à 125 jours. Le pic de production journalière le plus élevé obtenu au cours de cette seconde lactation a été de 7 kg de lait. Ces vaches ont produit 1 113 kg, 1 534 kg, 842 kg et 580 kg de lait respectivement en première saison sèche, en hivernage 1993, en seconde saison sèche et en hivernage 1994. Les moyennes ont été de 4 kg en première saison sèche ; 3 kg en hivernage 1993 ; 2 kg en deuxième saison sèche et de 3 kg en hivernage 1994.

Tableau 11. Production laitière des vaches du lot 3.

Ordre animal	Production (kg)					Durée de production (j)
	1er Mois	2ème Mois	3ème Mois	Pic (kg j^{-1})	Totale	
a) Première lactation						
17	112,0	107,2	70,2	4,0	426,3	163
18	96,0	95,6	62,1	3,9	339,9	169
19	145,6	145,6	145,4	5,3	1 049,1	284
20	143,9	-	-	7,3	143,9	23
21	172,4	170,8	127,5	7,8	1 094,8	325
23	115,6	48,0	-	4,5	163,6	44
24	63,6	13,2	-	2,4	76,8	35
Ensemble	849,1	580,4	405,2	7,8	3 294,5	
b) Deuxième lactation						
18	125,3	93,8	50,6	6,5	291,4	102
19	151,1	132,6	99,0	6,8	454,1	125
21	28,9	-	-	3,2	28,9	14
Ensemble	305,3	226,4	149,6	6,8	774,4	

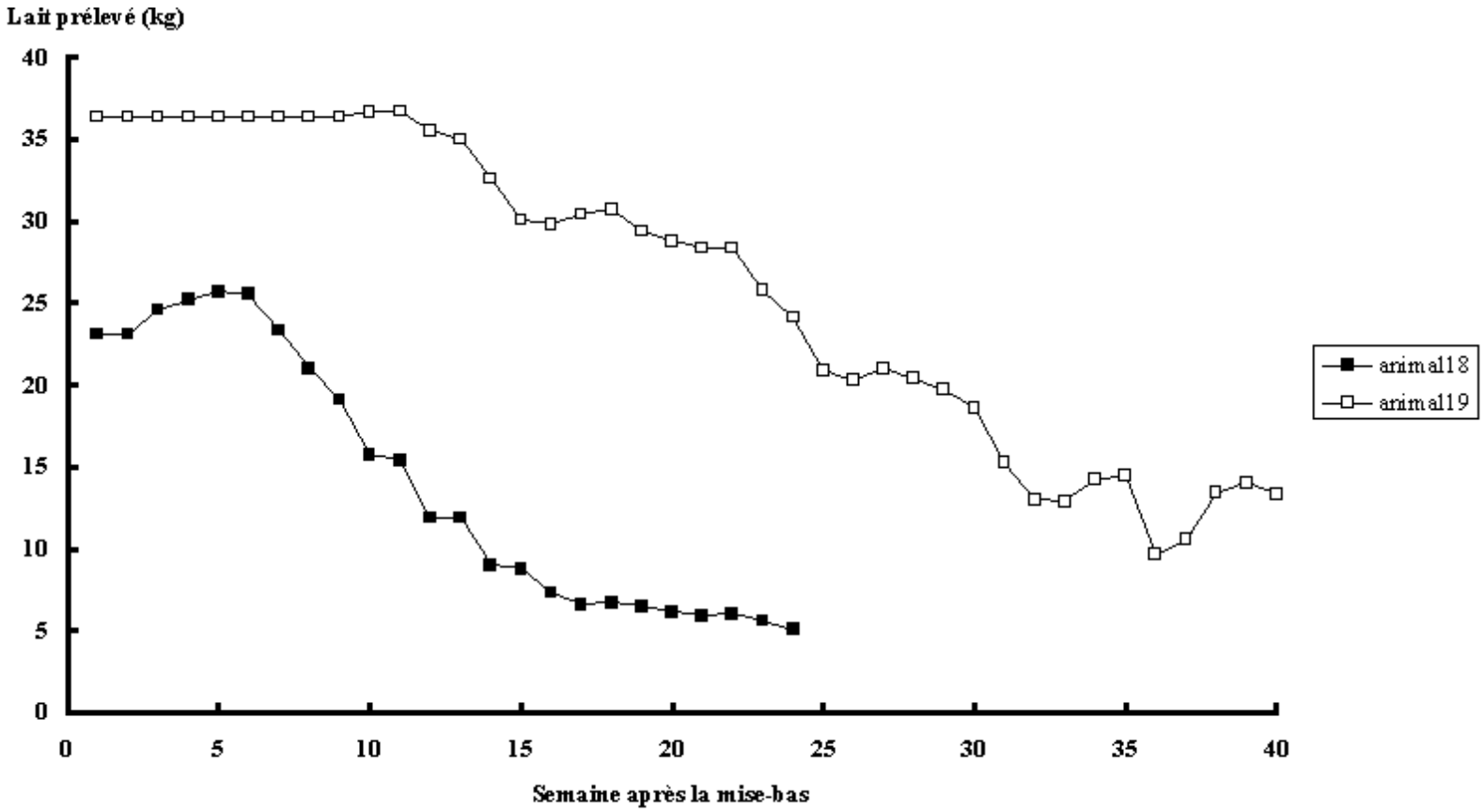


Figure 23. Evolution de la production laitière de quelques vaches du lot 3 (en kg par semaine).
Date de mise-bas : - Animal 18 : 22 Mai 1993 ;
- Animal 19 : 4 Mars 1993.

4.3.4. Conclusion - Discussions

Il ressort des résultats, des différences entre individus et entre lots quant à la production totale de lait et l'évolution de cette production pendant les trois premiers mois. Les pics de production mesurés ont également fait l'objet de variation.

Les vaches du lot 1 qui ont vêlé en saison sèche ont montré une augmentation de la production laitière suivie d'une diminution de cette production en dents de scie. Les vaches du même lot qui ont vêlé en saison des pluies ont montré également une diminution en dents de scie précédée par une courte phase de stagnation de la production.

Dans le lot 2, les vêlages de saison sèche se sont distingués également de ceux de la saison des pluies. La chute de la production à partir du niveau maximal a été plus brutale chez les derniers que chez les premiers. En revanche la fin de la production a été moins ponctuée avec les vêlages de saison des pluies.

Dans le lot 3, il y a eu très peu d'observations complètes sur la production laitière. Les lactations complètes obtenues ont montré que la ponctuation en fin de production est moins prononcée avec le vêlage tardif dans la saison sèche.

Les différences constatées entre les individus sont imputables à l'effet individuel, au changement de niveau de supplémentation et/ou à la variation de l'ingestion de matière organique digestible en cours de lactation, aux avortements, aux mortalités de veau avant sevrage. Ces deux derniers facteurs ont agi à travers la réduction de la durée de la production. La variation de la quantité de matière organique digestible ingérée entre individus et pour le même animal, au cours de la lactation a provoqué des ponctuations dans l'évolution des quantités de lait produit. Ces relèvements sporadiques sont plus importants dans le lot 1 et lot 2 (Fig. 21 et Fig. 22) que dans le lot 3 (Fig. 23).

D'une manière générale, la variation dans l'ingestion de la matière organique modulée par le niveau de supplémentation et la qualité de la paille offerte semble provoquer un effet plus important sur la production vers la fin de la lactation qu'au début.

L'analyse des productions journalières au cours de la première lactation a montré une différence significative au seuil de 5 % entre tous les lots (p = 0,00). La moyenne a été de 2 kg dans le lot 1 contre 3 kg dans les lot 2 et lot 3. Au cours de la deuxième lactation, il n'y a pas eu de différence significative au seuil de 5 % (p = 0,64) entre les lots concernés ; la moyenne a été de 3 kg par jour. Ainsi, la supplémentation continue de la paille de riz offerte à volonté avec le tourteau de coton à raison de 1 à 3 kg tête^{-1} j^{-1} en saison sèche et 3 kg en saison des pluies a permis d'obtenir des productions laitières qui se situent dans la fourchette de 1000-2000 kg par lactation. Mais avec la paille de riz seule offerte à volonté en saison sèche puis supplémentée avec 3 kg tête^{-1} j $^{-1}$ de tourteau de coton en saison des pluies, les productions laitières maximales obtenues se situent dans une autre fourchette de 500-800 kg par lactation. Ketelaars (1991) a rapporté que ces deux fourchettes de valeur correspondent respectivement au potentiel génétique et au niveau de l'élevage traditionnel au Sahel.

Au vu de ces résultats, le niveau de supplémentation intermédiaire a permis d'obtenir plus de lait à l'échelle de la période d'étude. Aussi, le pic de la production journalière maximum obtenu avec le niveau de supplémentation intermédiaire a été plus élevé que ceux des autres traitements. Dans les lot 1 et lot 2, les lactations qui ont démarré en saison sèche ont fourni plus de lait que les autres. Il s'agit là de résultats globaux qui n'éclairent pas davantage sur le processus de la production laitière des animaux. Pour ce faire, la quantité de lait produite doit être mise en rapport avec la quantité d'énergie ingérée exprimée en matière organique digestible et le changement de poids des animaux. Ceci a été abordé dans le Chapitre 5 du document.

4.4. Evolution du poids vif des vaches

Les mesures de poids sont données en annexes 4.4.1, 4.4.2 et 4.4.3.

Le décalage entre les vêlages nous a amené à représenter individuellement les courbes d'évolution de poids vif sur les Figs 1 à 24 des Annexes 4.4.4, 4.4.5 et 4.4.6 en matérialisant les saisons et les dates de mise-bas. Pour mieux apprécier l'allure générale des courbes suivant les saisons, nous avons illustré sur le même repère les poids moyens par période. A l'intérieur de la même saison, les éventuelles différences entre les offres sont liées uniquement aux différences de poids vif mesuré en début de période.

Pour l'analyse des changements de poids, nous avons jugé nécessaire de diviser chaque saison en phase avant mise-bas et en phase après mise-bas pour tenir compte de l'effet de gestation et de l'effet de la parturition. Une telle division n'a évidemment été possible que pour la première saison sèche et pour les deux saisons de pluies. Toute la deuxième saison sèche a été considérée comme une situation avant mise-bas. Ainsi lorsque la mise-bas a lieu nous avons calculé les gains moyens quotidiens avant et après cette mise-bas pour la saison concernée. Les gains (pertes) ont été estimés par la régression linéaire du poids vif sur le nombre de jour (njour) depuis le début de la saison ou de la date de la mise-bas suivant le cas. Les poids à la mise-bas n'ont pas été pris en compte dans les calculs. Le modèle utilisé est Y = A + B * njour.

4.4.1. Les vaches du lot 1

L'évolution pondérale des animaux en fonction des périodes est illustrée sur la Fig. 24. Les gains calculés par saison sont portés dans le Tableau 12.

Tableau 12. Gains de poids (kg j^{-1}) des vaches du lot 1.

Ordre animal	Saison sèche 1	Saison des pluies 1993		Saison sèche2	Saison des pluies 1994
	Gain avant mise-bas	Gain avant mise-bas	Gain après mise-bas		
1	- 0,530	-	0,200	- 0,180	0,260
2	- 0,450	-	0,160	- 0,110	0,500
3	- 0,280	0,670	-	- 0,050	0,660
4	- 0,690	-	0,350	- 0,120	0,050
5	- 0,190	-	0,260	- 0,060	0,260
6	- 0,700	-	0,270	- 0,240	0,400
7	- 0,560	-	0,660	- 0,250	0,610
8	- 0,680	1,100	-	- 0,110	0,390
Moyenne	- 0,510 **a**	0,885	0,317 **be**	- 0,140 **c**	0,391 **de**

N.B : Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par la méthode de t-test

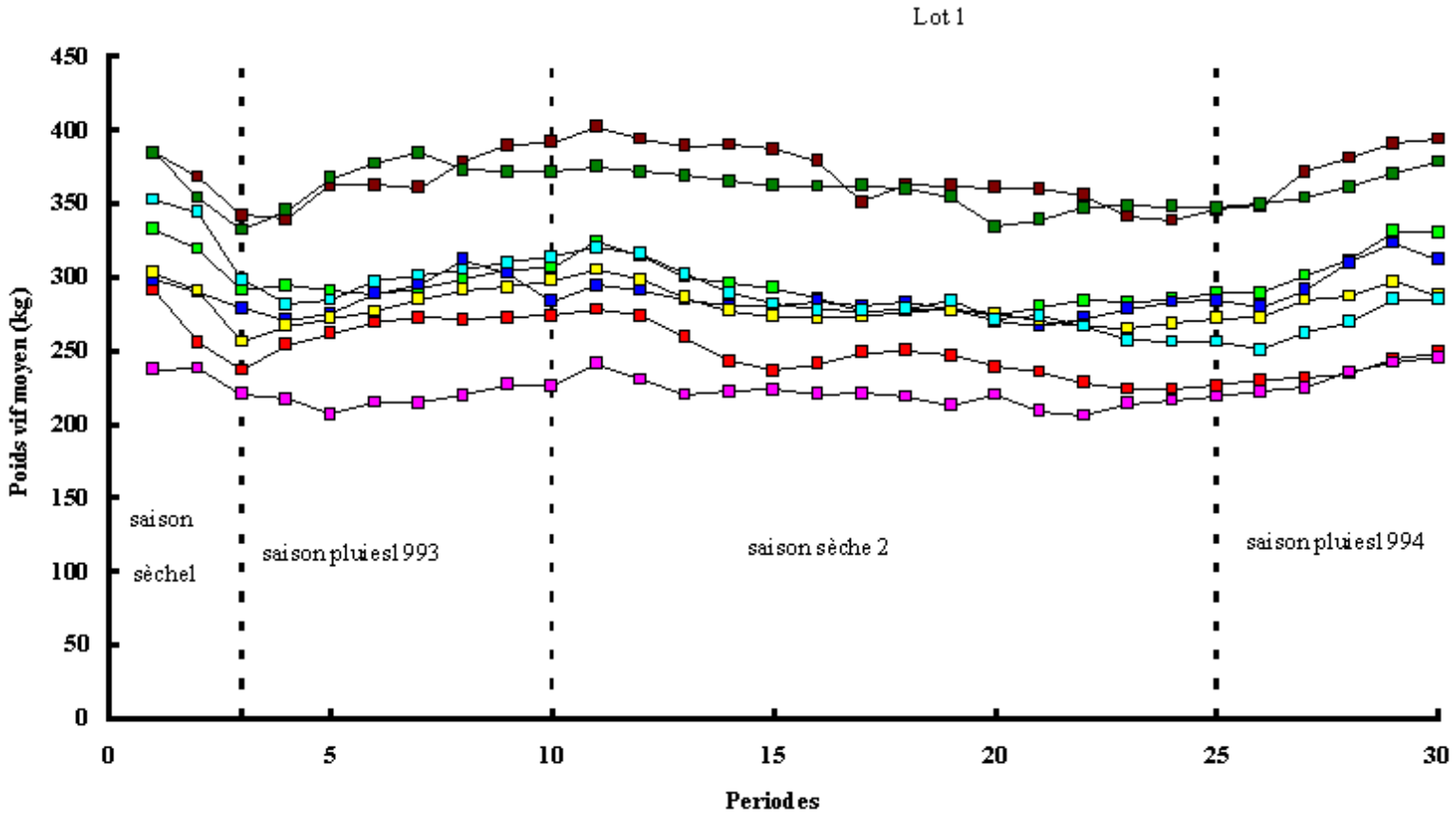


Figure 24. Evolution du poids vif moyen des vaches du lot 1 par période.

L'examen des courbes permet de constater que les vaches étaient en perte de poids continue pendant toute la durée de la saison sèche avant le vêlage. Des gains de poids continus ont été obtenus en saison des pluies suivante (1993) non seulement chez les vaches qui avaient déjà mise-bas en saison sèche précédente mais également chez les gravides. L'augmentation de poids a continué un peu au-delà de la saison des pluies 1993. Les pertes de poids se sont de nouveau installées après cet arrière-effet positif de la saison des pluies précédente et ont continué jusqu'à

l'entrée de la saison des pluies 1994. Les animaux ont gagné continuellement du poids du début de la saison des pluies 1994 jusqu'à la fin de l'expérience le 19 Septembre 1994 ou du moins à la nouvelle mise-bas.

Les poids moyens réalisés par saison ont été les suivants : 305 kg en première saison sèche ; 299 kg en hivernage 1993 ; 288 kg en deuxième saison sèche et 298 kg en saison des pluies 1994. Le poids moyen initial était de 333 kg.

Les pertes de poids continues en saison sèche malgré l'état de gestation avancé des animaux montrent l'insuffisance de la valeur alimentaire de la paille de riz pour assurer les besoins d'entretien à fortiori les besoins de production des animaux. En effet les pertes de poids en première saison sèche où les vaches étaient en gestation ont été plus importantes qu'en deuxième saison sèche (510 g contre 140 g j^{-1}) ; la différence est hautement significativement (p = 0,0002). Ces pertes de poids pendant la phase de gestation ont été compatibles avec des mises-bas normales. En effet, il a été montré plus loin (ref. 4.5) que le poids à la naissance des veaux dans ce lot n'est pas significativement plus faible que les autres au seuil de 5 %. Les données du Tableau 12 indiquent que des gains pourraient être obtenus pendant la gestation si celle-ci se poursuivait pendant la saison des pluies. Ils pourraient atteindre 800 g j^{-1}.

Les gains obtenus en saison des pluies sont en moyenne 317 et 391 g j^{-1} respectivement en première et en deuxième saison mais ces résultats ne sont pas significativement différents (p = 0,42). Les vaches ont reçu du tourteau de coton pendant la saison des pluies. En effet les quantités ingérées de cet aliment ont été de 3 kg $tête^{-1}$ j^{-1} en saison des pluies 1993 et de 2 kg $tête^{-1}$ j^{-1} en saison des pluies 1994. Malgré la production de lait qui utilise les mêmes éléments nutritifs, les animaux ont réalisé des gains.

La supplémentation de la paille de riz avec 3 kg tête $^{-1}$ j^{-1} de tourteau de coton permet aux animaux de gagner 317 g j^{-1} mais de tel gain est insuffisant pour compenser la perte de poids de 510 g j^{-1} subite par les vaches nourries exclusivement avec la paille de riz non supplémentée sur une période de 3 mois environ pendant que celles-ci sont dans le dernier 1/3 de la gestation. Par contre le gain de poids moyen de 391 g j^{-1} obtenu avec 2 kg $tête^{-1}$ j^{-1} compense la perte de poids moyenne de 140 g j^{-1} sur une période de 8 mois environ lorsque les vaches ne sont pas en gestation. Il n'est pas cependant exclu que le passé nutritionnel (état des réserves corporelles) ait eu un effet important sur les niveaux de la perte de poids obtenus pendant la saison sèche suivant la saison des pluies 1993 où le gain a été de 317 g. Il demeure que la perte de poids provoquée par une alimentation à base de paille de riz sans apport de supplément est plus sévère chez les vaches gravides que chez les non gestantes.

4.4.2. Les vaches du lot 2

L'évolution pondérale des animaux en fonction des périodes est illustrée sur la Fig. 25. Les gains calculés par saison sont portés dans le Tableau 13.

*Tableau 13. **G**ains de poids (kg j^{-1}) des vaches du lot 2.*

	Saison sèche 1		Saison des pluies 1993	Saison sèche2	Saison des pluies 1994	
Ordre animal	Gain avant mise-bas	Gain après mise-bas	Gain après mise-bas		Gain avant mise-bas	Gain après mise-bas
9	0,159	0,063	0,128	0,140	0,200	- 1,226
10	0,212		0,011	- 0,015	0,053	
11	0,117		0,007	0,045	- 0,233	
12	0,190		- 0,169	0,038	- 0,126	
13	0,353		- 0,075	0,047	0,359	
14	0,065	- 0,125	- 0,326	0,230	-	- 0,188
15	0,275		- 0,132	0,125	0,348	- 0,141
16	0,247	- 0,375	- 0,072	- 0,034	- 0,014	
Moyenne	0,202 **a**	- 0,146 **be**	- 0,061 **ce**	0,072 **ae**	0,084 **ae**	- 0,518 **d**

N.B : Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par la méthode de t-test.

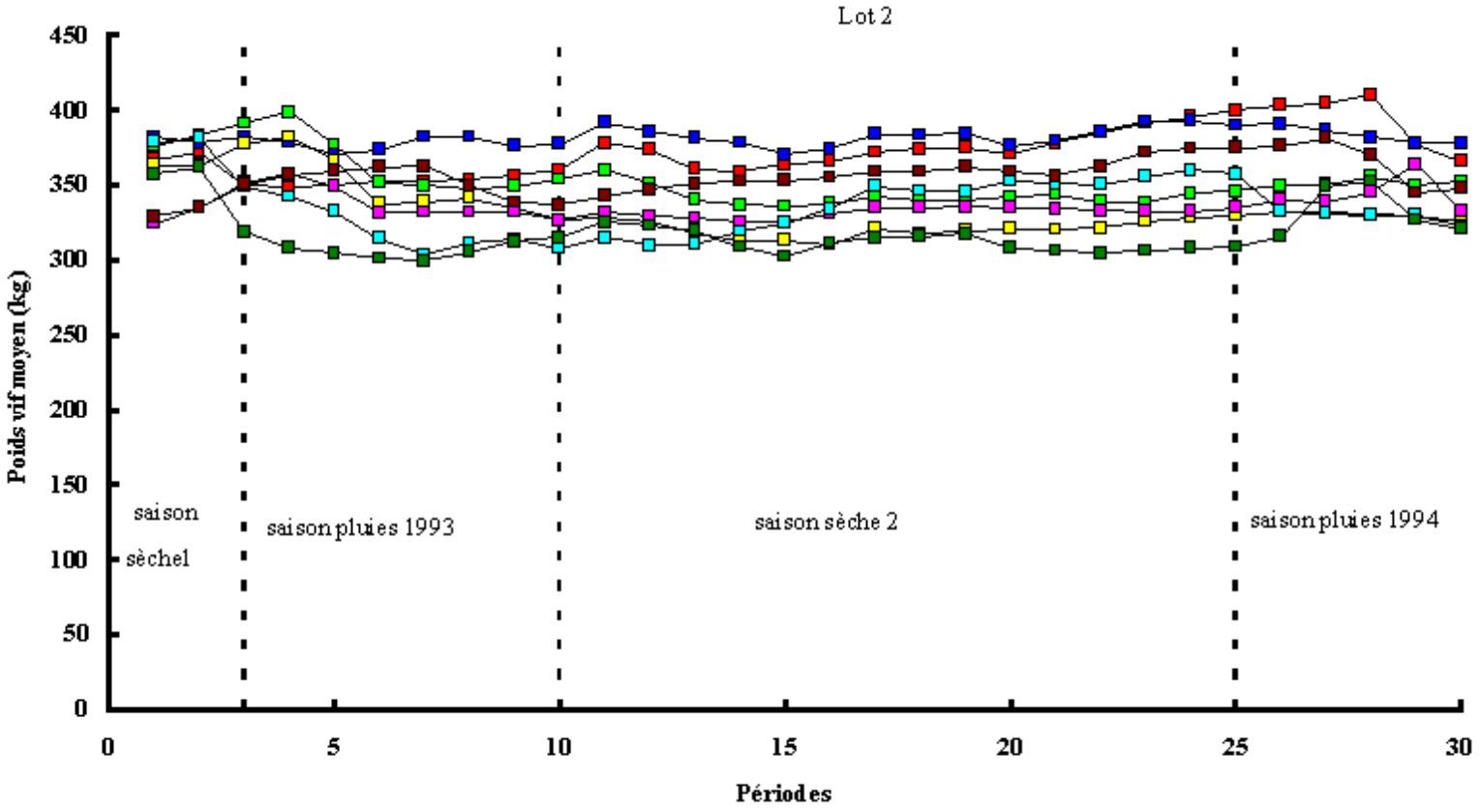


Figure 25. Evolution du poids vif moyen des vaches du lot 2 par période.

Le poids vif des animaux a augmenté continuellement pendant les périodes précédant les mises-bas. Une légère baisse de poids a été constatée après celles-ci et ce durant le reste du temps de la saison de vêlage. Ainsi les animaux ont eu des poids moyens de 357 kg en première saison sèche ; 346 kg en hivernage 1993 ; 345 kg en deuxième saison sèche et 348 kg en saison des pluies 1994. Le poids moyen initial était de 358 kg.

La première saison sèche a été caractérisée par une augmentation de poids avant le vêlage et par une diminution de poids après celui-ci. Les animaux ont gagné 202 g j^{-1} pendant la première période et perdu 146 g j^{-1} pendant la seconde. Ces changements de poids moyens sont significativement différents au seuil de 5 % (p = 0,023).

En saison des pluies 1993, les changements de poids se sont soldés par des gains chez certains animaux et par des pertes chez d'autres. Ces changements de poids se réfèrent à la période après mise-bas ; la moyenne générale est une perte de 61 g j^{-1}. Le gain avant mise-bas en cette saison n'a pu être calculé que pour un seul animal qui a montré 112 g j^{-1}.

Pendant la deuxième saison sèche, les animaux ont surtout montré un maintien de poids voire une légère augmentation de poids. En moyenne le gain sur toute la période a été de 72 g j^{-1}. La première période de la saison des pluies 1994 a été caractérisée par des augmentations de poids vif seulement chez les parturientes de la saison ou de fin saison sèche précédente. Pendant la saison les changements de poids ont été en moyenne un gain de 84 g j^{-1} pour la première période et une perte de 518 g j^{-1} pour la deuxième.

Les animaux étaient dans le dernier tiers de la gestation pendant la première période de la première saison sèche alors qu'ils étaient en lactation pendant la seconde. Ils étaient également en lactation pendant la saison des pluies 1993. Les pertes de poids pendant ces périodes de lactation ont été en moyenne 103 g j^{-1}. La plupart des vaches ont été fécondées en deuxième saison sèche dont la longueur était 8 mois et 1/2 contre 3 mois et 1/2 pour la première saison sèche. La moyenne calculée sur toute la période de la deuxième saison sèche est un gain de 72 g j^{-1} . En première période de la saison des pluies 1994, les animaux étaient dans le dernier tiers de la gestation pour ceux qui ont vêlé en cours de saison. Les présumés gestants se sont scindés en deux groupes : les animaux qui y ont gagné du poids parmi lesquels certains ont mis-bas en deuxième période et ceux qui ont perdu du poids en mettant ainsi en doute leur état de gestation. La moyenne du premier groupe est un gain de 240 g j^{-1} contre une perte de 124 g j^{-1}. La moyenne générale pour la période est un gain de 84 g j^{-1}. La deuxième période de cette saison des pluies 1994 caractérisée par la production de lait montre une perte moyenne de 518 g j^{-1} .

4.4.3. Les vaches du lot 3

L'évolution pondérale des animaux en fonction des périodes est illustrée sur la Fig. 26. Les gains calculés par saison sont portés dans le Tableau 14.

Tableau 14. Gains de poids (kg j^{-1}) des vaches du lot 3.

	Saison sèche 1		Saison des pluies 1993	Saison sèche2	Saison des pluies 1994	
	Gain avant mise-bas	Gain après mise-bas	Gain après mise-bas		Gain avant mise-bas	Gain après mise-bas
17	0,587	0,441	- 0,330	0,267	- 0,345	
18	0,504		0,122	0,088		- 0,543
19	-	- 0,213	0,060	0,120		- 0,449
20	0,400	0,219	0,227	0,052	- 0,288	
21	0,393		- 0,201	0,079	0,243	
22	0,375		- 0,104	- 0,479		
23	0,858		- 0,207	0,236	- 0,223	
24	0,390		0,082	0,103	- 0,283	
Moyenne	0,501 **a**	0,149 **bl**	- 0,044 **cl**	0,055 **dlm**	- 0,179 **emn**	- 0,496 **fn**

N.B : Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par la méthode de t-test.

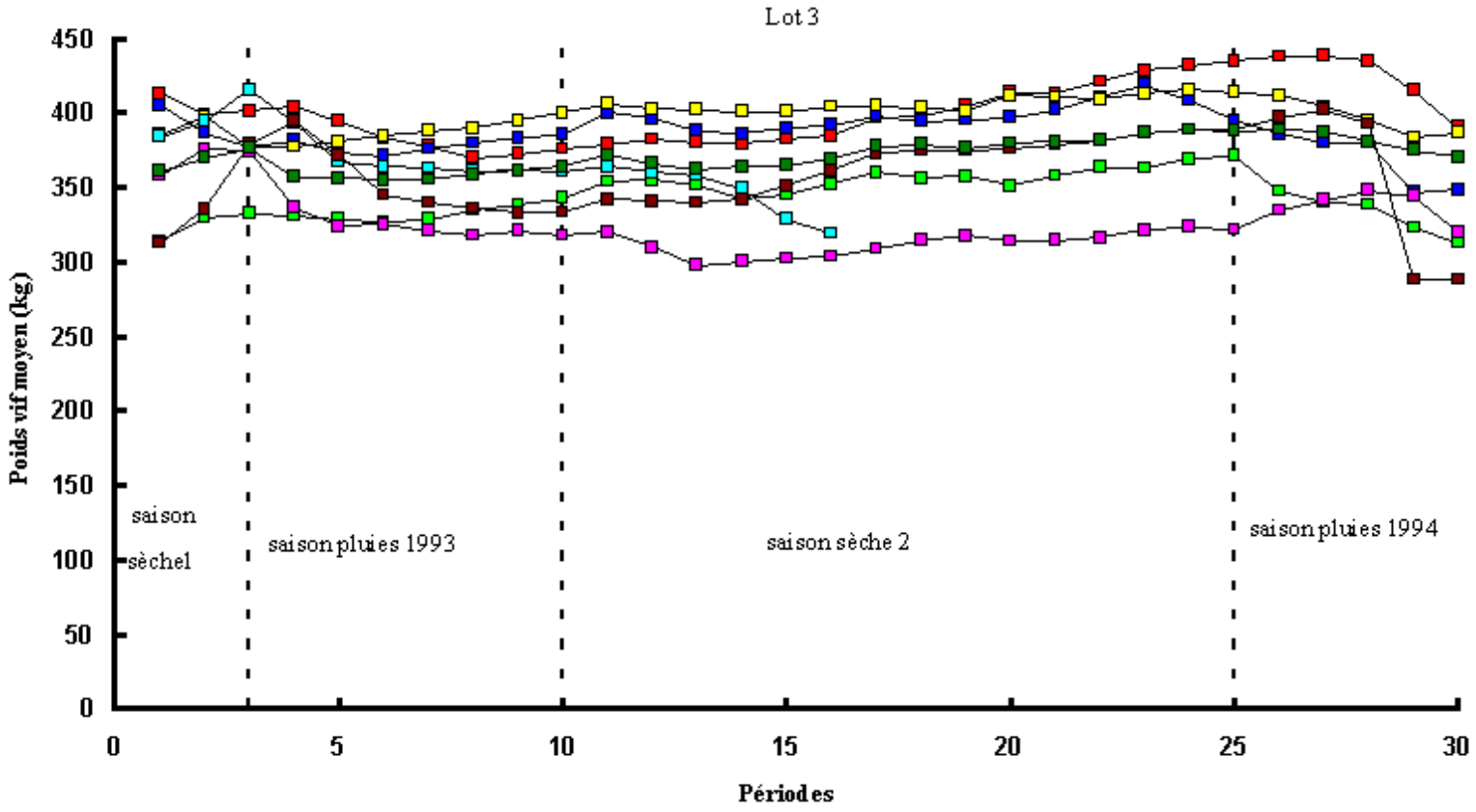


Figure 26. Evolution du poids vif moyen des vaches du lot 3 par période.

Les animaux ont montré une augmentation continue du poids vif jusqu'au premier vêlage intervenu au cours de l'étude. La périodes précédant le deuxième vêlage a été également marquée par des augmentations de poids avec cependant pour les vêlages situés en saison des pluies

1994, une baisse de poids dans les jours précédents cette mise-bas. Ainsi les poids moyens réalisés ont été de 371 kg en première saison sèche ; 362 kg en hivernage 1993 ; 373 kg en deuxième saison sèche et 369 kg en saison des pluies 1994. Le poids moyen initial était 365 kg.

L'examen des courbes par saison donne des résultats différents. En première saison sèche, on note une augmentation générale des poids aussi bien avant qu'après la mise-bas. Les gains de poids moyens ont été respectivement 501 g j^{-1} et 149 g j^{-1}. Ils sont significativement différents au seuil de 5 % (p = 0,026).

En saison des pluies 1993, les changements de poids se sont traduits par des pertes et par des gains de poids. En moyenne, les animaux ont perdu 44 g j^{-1}.

La deuxième saison sèche a été marquée par des augmentations de poids soit en moyenne un gain de 55 g j^{-1}.

La saison des pluies 1994 (dernière saison) a connu plutôt des pertes de poids aussi bien avant qu'après la mise-bas et même chez les animaux restés gravides ou présumés gravides toute la saison. Elles sont en moyenne 179 g j^{-1} pendant la première période et 496 g j^{-1} pendant la seconde. L'écart constaté est simplement dû à la fluctuation du nombre d'échantillon ; la différence entre les moyennes est non significative au seuil de 5 % (p = 0,092).

Les animaux étaient en gestation pendant la première période de la première saison sèche alors qu'ils étaient en lactation pendant la deuxième période et même pendant toute la durée de la saison des pluies 1993. Pendant ces périodes de lactation la différence entre les gains moyens quotidiens n'est pas significative (p = 0,20), l'écart constaté est dû à la variation du nombre d'échantillon. Le gain moyen pour l'ensemble de la période de lactation est d'environ 53 g j^{-1}.

Au cours de la deuxième saison sèche, les animaux ont été pour la plupart fécondés. Les saillies fécondantes ont eu lieu assez tôt dans la saison pour certains animaux et tardivement pour les autres. Les gains calculés constituent le bilan de toute la période (8 mois et 1/2). La moyenne calculée (55 g j^{-1}) est tout simplement différente de la première période de la première saison sèche où les animaux étaient dans le dernier tiers de la gestation (p = 0,000). Par contre avec les périodes antérieures la différence n'est pas significative au seuil de 5 %.

En saison des pluies 1994, la période est caractérisée par des chutes de poids chez les parturientes et chez les présumés gravides. En deuxième période, les animaux ont encore perdu du poids. La perte de poids de première période est significativement différente en moyenne de toutes les périodes antérieures des autres saisons mais ne l'est pas avec la deuxième période de durée très courte caractérisée par le ressuyage des séquelles de mise-bas et par le redémarrage de la lactation chez certains animaux. Ces nouvelles lactations ont été écourtées par les mortalités de veaux et les avortements. Le phénomène explicatif de ces séries de problèmes a probablement commencé à agir depuis la première période de la saison.

4.4.4. Conclusion - Discussions

L'évolution des poids moyens par lot et par période est illustrée sur la Fig. 27.

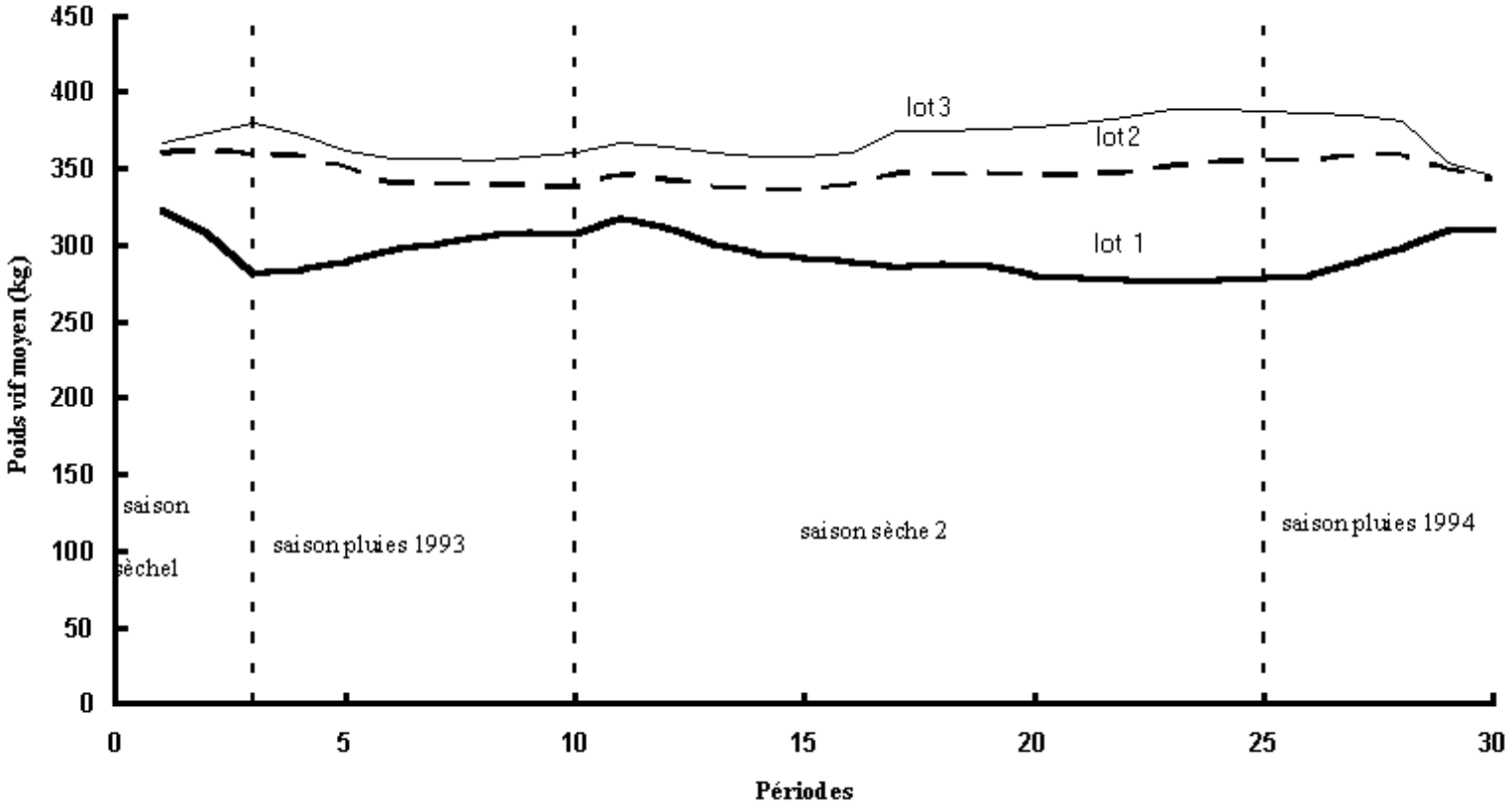


Figure 27. Evolution des poids vifs moyens des vaches par lot et par période.

Les vaches du lot 3 sont demeurées supérieures aux autres ; les poids moyens étaient déjà différents au départ. Les poids moyens les plus élevés ont été obtenus en première saison sèche pour les lot 1 et lot 2 où toutes les vaches étaient en gestation. On a constaté une tendance à l'augmentation des poids moyens pendant les saisons de pluies et une diminution de ces poids pendant les saisons sèches dans ces lots contrairement au lot 3. Il apparait que l'effet éventuellement dépressif de l'environnement en saison des pluies (flaques d'eau et boue dans les parcs) a été masqué par l'amélioration du niveau de supplémentation dans les lot 1 et lot 2. Au demeurant, les valeurs moyennes de poids vif résultent des changements de poids réalisés lesquels dépendent de l'état physiologique et des quantités de lait produit.

Le changement de poids pendant le dernier tiers de la gestation (première période de la première saison sèche) a été une perte moyenne de poids vif de 510 g j^{-1} dans le lot 1 contre des gains moyens de 202 g j^{-1} et 501 g j^{-1} respectivement dans le lot 2 et lot 3. Les animaux du lot 1 n'ont pas reçu de tourteau de coton tandis dans le lot 2 et lot 3, les quantités ingérées de cet aliment ont été respectivement 1 kg $tête^{-1}$ j^{-1} et 3 kg $tête^{-1}$ j^{-1}. Les différences dans le changement de poids calculé entre les lots sont liées à celles du niveau de supplémentation de la paille de riz.

La période qui a succédé à la mise-bas caractérisée par le début de la lactation et par des pertes puerpérales, aucune différence significative n'a été trouvée entre les animaux du lot 2 et ceux du lot 3 ($p = 0,27$) ; la situation générale a été le maintien de poids au cours de la période.

En saison des pluies 1993 où les animaux étaient pour la plupart en pleine lactation, la quantité de tourteau ingéré a été la même et de l'ordre de 3 kg $tête^{-1}$ j^{-1}. Cependant, les animaux du lot 1 ont gagné 317 g j^{-1} de poids vif contre des pertes de 61 g j^{-1} et 44 g j^{-1} respectivement chez les animaux du lot 2 et du lot 3. La différence entre ces 2 pertes moyennes n'est pas significative ($p = 0,85$).

Ces résultats montrent l'effet de l'ingestion compensatoire des animaux du lot 1 se soldant par une croissance compensatrice. Ces animaux étaient en restriction alimentaire (d'un point de vue qualitatif) pendant la saison précédente car ils ne recevaient que de la paille de riz ; ils étaient donc en perte de poids malgré leur état avancé de gestation. En entrant dans cette saison, ils avaient par conséquent un poids moyen relativement faible et un besoin d'entretien relativement faible. Consommant la même quantité de tourteau que les autres animaux, ils ont ingéré des quantités relativement élevées de paille de riz. Les résultats du deuxième essai de digestibilité ont en effet montré que les animaux du lot 1 ingéreraient 75 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} contre 63 et 59 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} dans le lot 2 et dans le lot 3.

L'énergie digestible ingérée exprimée en MOID a atteint 76 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} dans le lot 1 contre 69 et 66 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} dans le lot 2 et dans le lot 3.

Il en résulte que l'énergie supplémentaire ingérée par les animaux du lot 1 au cours de cette saison associée à un besoin d'entretien relativement faible compte tenu de leur poids vif relativement faible, a procuré le gain moyen obtenu. On peut par ailleurs s'attendre à des gains relativement plus importants dans chaque lot si on avait à faire à des animaux qui n'étaient pas en lactation. Ces deux types de production font appel aux mêmes éléments nutritifs.

En deuxième saison sèche, les animaux du lot 1 ont perdu 140 g j^{-1} de poids vif en moyenne tandis que ceux du lot 2 et du lot 3 ont réalisé des gains moyens de 72 g j^{-1} et 55 g j^{-1} respectivement. La différence entre ces gains n'est pas significative (p = 0,82).

Les animaux au cours de cette saison ont ingéré 1 kg $tête^{-1}$ j^{-1} et 2 kg $tête^{-1}$ j^{-1} de tourteau de coton respectivement dans le lot 2 et dans le lot 3. Ceux du lot 1 n'ont pas reçu de tourteau. Les essais de digestibilité effectués (essai 3 à essai 5) ont montré que l'énergie digestible ingérée exprimée en MOID était en moyenne 30 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} dans le lot 1 ; 43 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} dans le lot 2 et 42 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} dans le lot 3. On constate que les changements de poids varient dans le même sens que les quantités moyennes de MOID. Certains animaux ont été en état de gestation au cours de la saison et d'autres étaient encore en lactation.

En saison des pluies 1994 où la plupart des animaux du lot 2 et du lot 3 étaient en état de gestation et où ceux du lot 1 venaient de commencer avec les saillies, les changements de poids moyens ont été différents. En effet avant la mise-bas les animaux du lot 1 et du lot 2 ont gagné en moyenne respectivement 391 et 84 g j^{-1} de poids vif ; ceux du lot 3 ont perdu 179 g j^{-1}. Après le vêlage, les changements de poids ont été marqués par une perte moyenne de 518 g j^{-1} dans le lot 2 et 496 g j^{-1} dans le lot 3 mais la différence n'est pas significative (p = 0,96).

Ces résultats s'expliquent en grande partie par le niveau de supplémentation de la paille de riz. En effet, l'ingestion moyenne du tourteau de coton a été de 2 kg $tête^{-1}$ j^{-1} dans les lot 1 et lot 2 alors qu'elle n'était que 1 kg $tête^{-1}$ j^{-1} dans le lot 3. Le niveau élevé du gain moyen dans le lot 1 par rapport au lot 2 est expliqué par les phénomènes décrits en saison des pluies 1993. La perte de poids du lot 3 est liée à son niveau faible d'ingestion de tourteau. Il a été déjà démontré qu'il existe une relation linéaire entre les consommations de tourteau et les ingestions de matière organique digestible. Avec l'essai de digestibilité effectué dans la saison (sixième essai), l'ingestion d'énergie exprimée en MOID a été de 44 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} dans le lot 1 ; 36 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} dans le lot 2 et 31 g $kg^{-0,75}$ j^{-1} dans le lot 3. Ces variations d'ingestion d'énergie vont dans le même sens que les changements de poids.

En conclusion, les changements de poids vif des vaches ont été modulés par le niveau de supplémentation. Avec les vaches en gestation, la paille de riz offerte seule à volonté entraîne une perte de poids continue jusqu'à la mise-bas. Une amélioration de la situation alimentaire pendant la lactation entraîne une prise de poids vif sous l'effet de l'ingestion compensatoire. Pour mieux interpréter tous les résultats obtenus, il y a nécessité de mettre en rapport les changements de poids avec les quantités d'énergie ingérée exprimée en matière organique digestible et avec la production laitière. Une telle analyse est abordée dans le Chapitre 5 du document.

4.5. Evolution du poids vif des veaux

Tous les veaux du troupeau expérimental ont été régulièrement pesés afin d'apprécier leur évolution pondérale en rapport avec les niveaux de supplémentation auxquels les vaches ont été soumises. Cette appréciation a été également faite en rapport avec la farine basse de riz et les fanes de niébé qu'ils ont reçu comme supplément et avec les problèmes de santé survenus au cours de leur élevage au sein du troupeau. Les résultats de ces analyses sont présentés par groupes de veaux nés la même année.

4.5.1. Veaux nés en 1993

L'évolution du poids vif des veaux de la naissance à la date de leur remise à la station de Niono est illustrée en annexe 4.5.2. Le sevrage a été effectué systématiquement à 9 mois. Les courbes écourtées sur les graphiques avant cet âge indiquent la mortalité des veaux correspondants.

Ces différentes mortalités ont provoqué un déséquilibre des effectifs aux âges que nous avons retenus pour la comparaison des poids et des gains moyens.

Les poids vifs moyens par lot d'origine ainsi que les gains moyens cumulés sont donnés dans les Tableaux 15 et 16. L'évolution du poids vif moyen dans les 3 lots est illustré sur la Fig. 28.

Tableau 15. Poids vifs moyens des veaux par lot d'origine.

	Poids vif (kg)					
	naissance	1 mois	2 mois	3 mois	6 mois	9 mois

Lot 1 Lot 2 Lot 3	18,4(1,4)**a** 21,5(1,3)**a** 19,1(1,3)**a**	29,4(1,7)**a** 36,4(1,7)**bc** 38,2(2,0)**c**	40,7(3,7)**a** 49,0(3,7)**a** 48,3(4,6)**a**	53,3(5,7)**a** 62,2(5,7)**a** 68,0(8,1)**a**	77,8(8,6)**a** 99,0(10,5)**a** 99,0(14,9)**a**	101,2(10,3)**a** 136,8(12,6)**a** 121,5(17,8)**a**
moyenne rsd	19,7(0,8) 3,7	34,7(1,0) 4,4	46,0(2,3) 9,2	61,2(3,8) 14,1	91,9(6,7) 21,1	119,8(8,0 25,2

N.B. : - Seuil de signification 5 % par le test de t ;
- Les comparaisons sont faites entre les lots ;
- Les écarts-types sont donnés ( ).

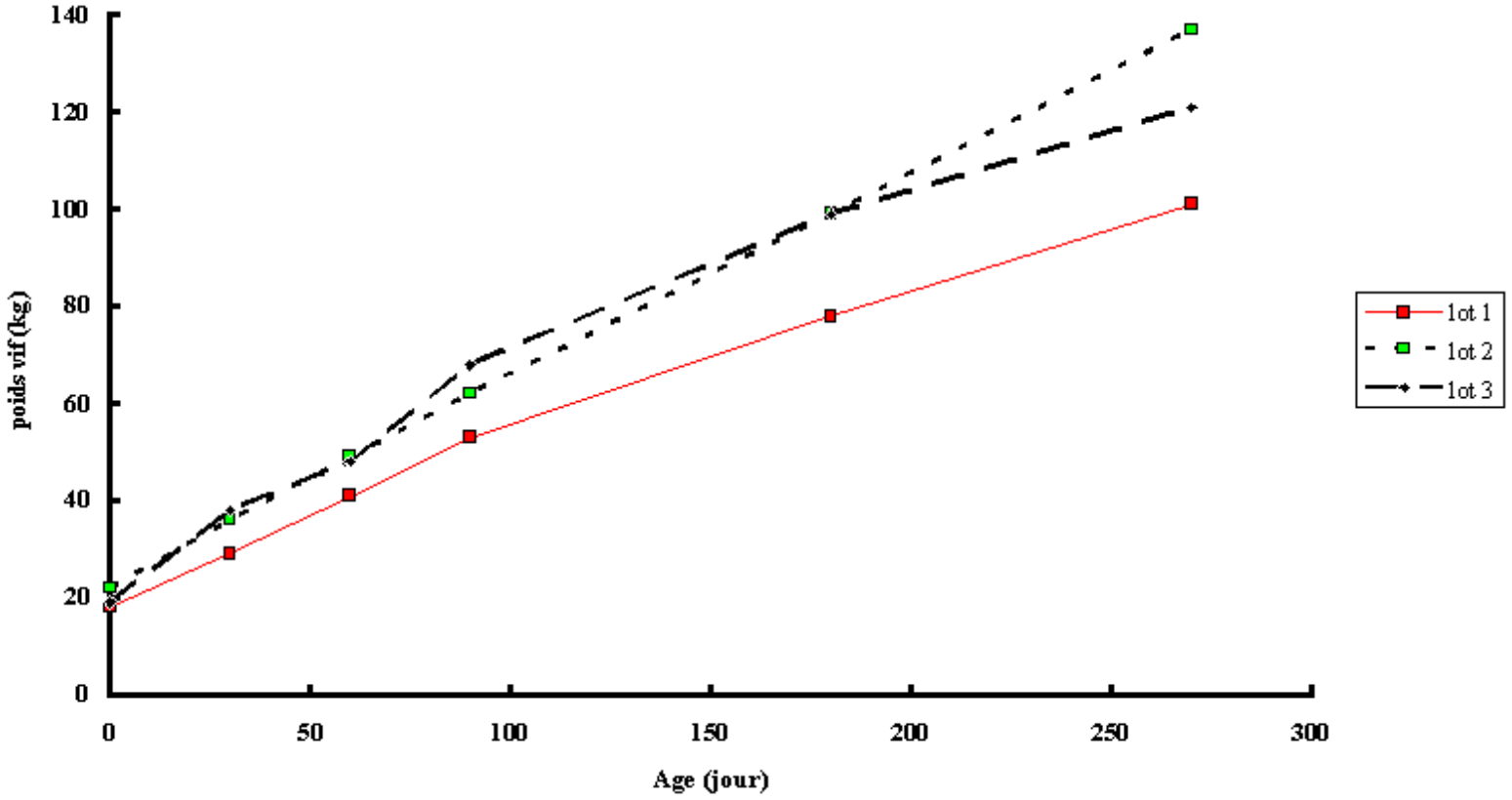


Figure 28. Evolution du poids vif moyen des veaux nés en 1993.

L'analyse des résultats révèle que les poids vifs moyens ne sont pas significativement différents aussi bien à la naissance qu'à 2 mois, 3 mois, 6 mois et 9 mois. A un mois, le poids moyen du lot 1 est significativement différent de ceux du lot 2 et du lot 3. A cet âge, les poids vifs moyens du lot 2 et du lot 3 ne sont pas significativement différents.

Le poids vif moyen des veaux à la naissance a été de 20 kg environ quelque soit le lot d'origine. C'est dire que le régime alimentaire imposé aux vaches du lot 1 n'a pas eu d'effet considérable sur la croissance prénatale des veaux. La plupart des vêlages dans ce lot sont survenus pendant que les mères étaient en phase de décroissance pondérale. Les gains de poids réalisés par le foetus ont été faits au détriment de la mère, la paille de riz seule ne pouvant couvrir les besoins d'entretien encore moins de production (gestation).

Tableau 16. Gains de poids cumulés par lot d'origine.

	Gains de poids (kg)				
	1 mois	2 mois	3 mois	6 mois	9 mois
Lot 1 Lot 2 Lot 3	11,0(1,3)**a** 14,1(1,3)**ab** 16,6(1,5)**b**	22,2(3,6)**a** 26,3(3,6)**a** 28,0(4,4)**a**	34,8(5,3)**a** 39,5(5,3)**a** 48,7(7,5)**a**	59,3(8,1)**a** 77,0(9,9)**a** 81,0(14,0)**a**	82,7(9,7)**a** 114,8(11,8)**a** 103,5(16,7)**a**

moyenne rsd	13,9(0,8) 3,5	25,5(2,2) 8,7	41,0(3,5) 13,0	72,4(6,3) 19,9	100,3(7,5) 23,6

N.B. : - Seuil de signification 5 % par le test de t ;
- Les comparaisons sont faites entre les lots ;
- Les écarts-types sont donnés ( )

Les gains moyens cumulés n'ont pas été significativement différents aux âges types indiqués sauf à un mois où l'on a noté une différence significative entre le lot 1 et le lot 3. L'effet de la différence de disponibilité laitière des vaches sur la croissance des veaux n'a pas été très évident au cours du premier mois de lactation où ceux-ci ont été exclusivement tributaires du lait maternel.

Les différences non significatives obtenues entre les gains dans tous les lots aux autres âges seraient dues à l'effet du supplément offert aux veaux à partir de 4 semaines. Cette supplémentation a donc eu comme effet d'écraser les différences entre les veaux. Une autre explication possible est l'effet dépressif des maladies qui ont durement frappé les veaux du lot 2 et encore plus ceux du lot 3, les empêchant ainsi de réaliser des gains supérieurs par rapport à ceux du lot 1. Les mortalités ont en effet été plus importantes dans le lot 3 et dans le lot 2 (ref. 4.6).

Malgré ces problèmes de maladies, les veaux issus des lots d'expérience ont gagné 72 kg en 6 mois et 100 kg en 9 mois pour un poids moyen à la naissance de 20 kg. Les poids moyens à 3 mois et à 6 mois ont été respectivement 61 kg et 92 kg. Ces résultats sont supérieurs à ceux rapportés par le CIPEA (1978) pour le troupeau de la Station de Niono lesquels sont respectivement 50 kg et 79 kg. Par contre les poids à la naissance sont les mêmes. Maïga (1990) a également trouvé un poids moyen à la naissance de 20 kg à la Station de Niono. En appliquant le principe habituel de la traite partielle suivie de tétée, cet auteur a obtenu des poids moyens de 45 kg, 70 kg et 102 kg respectivement à 3 mois, 6 mois et 9 mois ; ces résultats sont inférieurs également à ce que nous avons obtenu. Kouriba (1982) a également trouvé pour ce troupeau entre 1975 et 1980 un poids à la naissance de 19-20 kg ; à 3 mois et à 6 mois le poids maximum a été respectivement 51 kg et 78 kg. Ces maxima sont inférieurs aux résultats obtenus dans notre étude. En système d'élevage agro-pastoral au Mali central Wilson (1988) a obtenu un poids à la naissance de 17 kg pour la période 1978-1984 ; les poids estimés à 1 mois, 3 mois, 6 mois et 9 mois ont été respectivement 26 kg, 38 kg, 52 kg et 57 kg. Ces valeurs sont toutes inférieures à nos résultats. La différence entre les poids à la naissance relève de l'amélioration génétique intervenue dans le troupeau de la Station. L'effet de cette amélioration génétique et celui de la supplémentation à partir de 4 semaines expliquent les différences de poids vif aux autres âges types indiqués.

4.5.2. Veaux nés en 1994

L'évolution du poids vif d'un seul veau (origine lot 3) a pu être étudiée, les autres étant morts soit déjà à la naissance, soit 2 jours après la naissance. Le poids vif à la naissance de ce veau a été de 15 kg contre une moyenne de 12 kg (écart-type = 2,3) pour l'ensemble des produits dont on a pu mesurer le poids.

Pendant le premier mois suivant la naissance, le gain moyen quotidien a été de 520 g. Au delà du premier mois jusqu'à l'âge de 90 jours il a réalisé un gain de 152 g par jour soit un gain cumulé de 26 kg. A un mois, il avait déjà cumulé 16 kg ce qui n'est pas différent du résultat moyen obtenu avec les veaux du même lot nés en 1993.

4.6. Situation sanitaire des animaux

Le troupeau expérimental (vaches et veaux) a fait l'objet d'un suivi continu par l'équipe vétérinaire de la Station de Recherche Agronomique de Niono. Les animaux ont été vaccinés et déparasités conformément au plan de prophylaxie de cette station. Néanmoins, de nombreuses manifestations pathologiques ayant souvent conduit à des mortalités ont été enregistrées. L'objet de cette rubrique est de présenter l'évolution de ces problèmes de santé et les investigations effectuées pour établir leur étiologie.

Chez les vaches, le tableau clinique a été dominé par le larmoiement, le jetage, la salivation, l'inflammation des membres, la boiterie, la diarrhée, le décubitus, l'avortement, la rétention placentaire, la constipation, l'anorexie, la dyspnée et la mort.

Deux mortalités parmi les vaches ont été en effet enregistrées dans le lot 3 et une dans le lot 2 (Tableau 17).

Tableau 17. Liste de mortalité des vaches.

NºAnimal	Nº Ordre	Lot	Date
87099	11	2	06/09/94

86057	22	3	24/12/93
87094	23	3	17/08/94

L'autopsie de la vache 87094 du lot 3 a révélé les signes post mortem suivants :
- trachée sèche ;
- foie légèrement cuit ;
- rétention biliaire et contenu vésiculaire en bouillie de couleur orange ;
- reins légèrement congestionnés ;
- contenu du rumen pâteux ;
- contenu du feuillet sec cassant.

L'analyse des fragments de trachée, poumons et ganglions pulmonaires prélevés par le laboratoire central vétérinaire de Bamako a tout simplement mis en évidence l'état hémorragique de ces organes.

Les avortements ont été au centre des préoccupations avec la perte de veaux qu'ils occasionnent et leur incidence sur les paramètres de reproduction. En 1993, un seul cas d'avortement a été constaté dans le lot 1. En 1994, la même vache a avorté au même moment pendant que de nombreux autres cas se sont produits dans le lot 3 et dans le lot 2 (Tableau 18).

Tableau 18. Liste des avortements.

NºAnimal	NºOrdre	Lot	Date
89068	3	1	07/09/93 et 17/09/94
89064	9	2	07/08/94
87088	15	2	27/07/94
87094	23	3	15/08/94
88060	17	3	17/08/94
88057	21	3	05/09/94

Concernant toujours les avortements de 1994 ceux des lots 1 et 2 se sont produits à 266 jours de gestation tandis que les autres sont intervenus à moins de 245 jours. Ces séries d'avortement nous ont amené à faire des tests brucelliques par le Laboratoire Central Vétérinaire de Sotuba (Bamako) en Août 1994.

Les résultats de ces tests ont montré 9 cas positifs sur 22 soit 41 % par la méthode de l'épreuve de l'antigène temponé (EAT). Il s'est avéré que parmi les réagissants, une seule vache avait avorté mettant ainsi en doute la responsabilité de la brucellose dans tous les avortements constatés. Il faut par ailleurs noter que tous les avortements ont eu lieu en période pluvieuse. Dans le troupeau de la Station de Niono, le taux d'animaux brucelliques en février 1995 a été de 11 % par la méthode de l'ELISA selon le rapport mensuel du mois de février 1995. Aucun des géniteurs (les mêmes utilisés pour les saillies dans notre étude) n'a réagi positivement au test.

Chez les veaux, les signes cliniques observés ont été la diarrhée profuse au début, sanguinolente à la fin, l'hyperthermie (rare), le larmoiement, la cécité (2 cas congénitaux), la dyspnée, la convulsion et la mortalité.

Ces différentes manifestations pathologiques ont apparu en période pluvieuse de 1993 et de 1994. En 1993, les mortalités ont été plus élevées dans le lot 3 (75 %) et dans le lot 2 (50 %) que dans le lot 1 (14 %). Elles ont surtout frappé les veaux de moins de 4 mois (Tableau 19).

Tableau 19. Liste de mortalité des veaux.

NºMère	Lot	Date de naissance	Date de mortalité
87085	1	13/08/93	18/09/93
87099	2	24/05/93	03/09/93
86036	2	01/07/93	22/10/93
89057	2	23/08/94	23/08/94

88063	2	03/05/93	11/06/93
88063	2	11/06/94	12/06/94
87088	2	23/08/93	12/09/93
88060	3	02/04/93	06/10/93
87097	3	06/06/94	07/06/94
87020	3	09/05/93	29/05/93
88057	3	04/06/93	18/08/93
86057	3	24/06/93	24/06/93
87094	3	07/07/93	21/08/93
88014	3	03/06/93	05/06/93

Des prélèvements de fèces et de sang ont été effectués sur les veaux pour des analyses bactériologiques au Laboratoire Central Vétérinaire de Sotuba. Les résultats de l'analyse des fèces par la méthode de flottaison ont montré la présence d'ookystes (+ à ++), strongyloïdes (+) et de trichuris sp (+). Ceux de l'analyse du sang a révélé 3 cas positifs au test brucellique sur 13 soit 23 %. La mère d'un seul réagissant était séropositive.

En 1994, le seul veau vivant (né viable) a présenté les mêmes symptômes que ceux de 1993. Les autres veaux de 1994 sont morts dans les trois jours suivant la naissance ; ils avaient un poids moyen relativement trop faible (12 kg).

Conclusion

Les manifestations pathologiques ont été intenses en période pluvieuse. La détérioration des conditions du milieu pendant les jours pluvieux suite à la stagnation de l'eau et la formation de boue dans les parcs a probablement influencé l'apparition de certaines maladies. Mais les analyses faites au Laboratoire Central Vétérinaire de Sotuba n'ont pas mis en évidence une infection ou infestation à mettre en rapport avec les maladies et mortalités observées. Aussi, les animaux ont eu libre accès à tout moment à la pierre lécher ce qui exclurait un effet majeur des carences d'ordre minéral dans les avortements constatés. Par contre, l'acuité des problèmes de santé dans les lots 2 et 3 dénote un lien probable avec le tourteau de coton utilisé. En effet le tourteau provenant de variétés de cotonnier autres que les "glandness" peut contenir des quantités plus ou moins importantes de gossypol, substance toxique pour les animaux en particulier les monogastriques dont les veaux de moins de 3 mois. Ces derniers n'ont en aucun moment eu accès au tourteau. Les éventuels troubles de l'organisme dont ils ont souffert qui pourraient être imputables aux toxiques ne peuvent relever que de la consommation du lait maternel. Aussi, nous avons déjà signalé la mauvaise qualité du tourteau en première période sèche où les vaches étaient en état de gestation avancée (deuxième moitié) et en saison des pluies 1994, à cause de la contamination par les Aspergillus. Les Aspergillus secrètent des substances toxiques en particulier l'aflatoxine B1 qui peut être excrétée dans le lait par la mamelle sous forme d'aflatoxine M1 également toxique (Lafont *et al*., 1980). Les manifestations pathologiques du gossypol ont été décrites plus loin (Chapitre 6). Watt & Breyer-Brandwijk (1962) ont rapporté que l'ingestion du tourteau de coton contenant du gossypol par les laitières réduit la qualité du lait en augmentant le taux d'acide gras long.

Il ressort de l'analyse de toutes ces informations une simple suspicion pour les intoxications des veaux à travers le lait qu'ils ont consommé. Des recherches doivent être entreprises sur l'effet de l'utilisation massive ou à long terme du tourteau de coton sur la qualité du lait produit et sur la reproduction.

5. Interprétation des résultats

Introduction

Dans le chapitre précédent, l'évolution de la consommation d'énergie en fonction de l'ingestion de tourteau de coton a été montrée. Aussi, il a été mis en évidence que la production laitière et les changements de poids ont varié non seulement en fonction des lots, donc du niveau de supplémentation mais aussi à l'intérieur d'un même lot et d'une saison à l'autre. Le facteur le plus important dans ces variations de la production animale est par conséquent la quantité de matière organique digestible ingérée. D'autres facteurs notamment l'effet individuel, le passé nutritionnel lequel peut varier la valeur du gain de poids pourraient éventuellement jouer sur cette ingestion d'énergie.

Le présent chapitre traite du rapport entre la quantité de matière organique digestible ingérée en moyenne par jour pendant un intervalle de temps donné et la production animale subséquente. Le rapport a été analysé pour chacun des états physiologiques tels que définis dans le protocole expérimental.

Les résultats des mesures de la production animale exprimées en g $kg^{-0,75}$ j^{-1} et les quantités de MOD ingérées correspondantes sont portés en annexes 5.1, 5.2 et 5.3. Les données de certaines périodes élémentaires ont été regroupées de façon à obtenir des moyennes de production sur un intervalle de temps relativement long : 28 à 49 jours.

Toutes les données relatives à la vache 23 ont été exclues des analyses.

L'analyse de variance (avec le logiciel SPSS) des quantités totales de matière organique digestible ingérée en fonction de l'état physiologique et du lot a montré un effet hautement significatif de chacun de ces facteurs (Tableau 20). L'effet hautement significatif du lot (Sign.F = 0,000) indique que la quantité de matière organique digestible ingérée a varié en fonction de la quantité de tourteau ingéré donc du niveau de supplémentation. Quant à l'état physiologique son effet (Sign.F = 0,000) s'expliquerait par la différence d'ingestion totale à cause de la différence de besoins. Les résultats ont également montré un effet hautement significatif de l'interaction lot - état physiologique (Sign.F = 0,000) sur la consommation de MOD, indiquant qu'un animal mangerait d'autant plus qu'il bénéficierait un niveau plus élevé de supplémentation et que ses besoins seraient plus élevés. L'examen des données du Tableau 21 corroborent en effet ces résultats. La comparaison des moyennes obtenues dans les lots par la méthode de t-test a montré les faits suivants :

- La consommation moyenne de MOD par les animaux au moment où ils étaient dans l'état 1 a été moins élevée dans le lot 1 que dans le lot 2 (p = 0,017) et dans le lot 3 (p = 0,000). Elle a été également moins élevée dans le lot 2 que dans le lot 3 (p = 0,010). Pour ce état le niveau de supplémentation a donc déterminé l'ingestion de MOD. Les différences entre animaux des différents lots pour les changements de poids vif ont résulté des différences obtenues dans cette ingestion.

- Lorsque les animaux étaient dans l'état 2, la consommation moyenne de MOD a été aussi moins élevée dans le lot 1 que dans le lot 2 (p = 0,000) et dans le lot 3 (p = 0,035). Par contre cette consommation n'a pas été différente entre le lot 2 et le lot 3 (p = 0,113). Là encore le niveau de supplémentation a été plus déterminant dans l'ingestion de MOD. Les différences dans les changements de poids vif constatées entre les animaux ont résulté en général des différences dans leur ingestion de MOD. Toutefois certaines valeurs obtenues comparées aux quantités de MOD ingérées indiquent que les animaux du lot 2 ont constitué relativement plus de réserves corporelles sous forme de gras que ceux du lot 3.

- Les animaux, lorsqu'ils étaient dans l'état 3, ont montré un niveau de consommation de MOD à peu près identique dans tous les lots (p varie de 0,074 à 0,598). Pendant la majeure partie de la durée de cette phase de lactation, les animaux avaient été mis au même niveau de supplémentation. Les différences de production laitière moyenne constatées entre les animaux dans les différents lots, ont résulté en grande partie de leur passé nutritionnel notamment les réserves corporelles accumulées pendant la phase de gestation.

Tableau 20. Résultats d'analyse de variance de la MOID en fonction du lot et de l'état physiologique.

Source de variation	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	Signif de F
Lot	2839,505	2	1419,753	0,000
Etat physiologique	13068,653	2	6534,327	0,000
Interaction lot x état	4246,329	4	1061,582	0,000
Résiduelle	52960,368	331	160,001	
Total	73114,856	339	215,678	

Tableau 21. Valeurs moyennes de la MOID par lot et par état physiologique.

Lot \ Etat		1	2	3
1	err. std.	33,26 (39) 1,10	32,36 (45) 2,10	51,66 (38) 2,90
2	err. std.	41,56 (9) 3,50	40,08 (52) 0,96	47,30 (57) 2,14
3	err. std.	51,17 (23) 2,45	36,84 (43) 1,07	53,71 (34) 2,93

NB : Nombre de données sur lesquelles les moyennes ont porté figurent ( )

Les effets du gain de poids et de la quantité de lait produit introduits dans l'analyse de variance comme co-variables de la MOID sont significatifs. En considérant tous les états et tous les lots, l'effet du gain est hautement significatif (Sign.F = 0,000). Avec l'état où les animaux produisent du lait (état 3), l'effet du gain demeure significatif (Sign.F = 0,012) ; celui du lait est hautement significatif également (Sign.F = 0,000). L'effet du facteur lot dans ce dernier cas est encore significatif (Sign.F = 0,014). Ces résultats montrent que le gain de poids et la quantité de lait produit sont très déterminants dans l'ingestion de MOD. Ils indiquent également l'inter-dépendance des fonctions de productions chez le même animal.

Au vu de ces différents résultats d'analyse de variance, les rapports statistiques entre la MOID et la production animale ont été calculés par état physiologique. Ces rapports indiquent les besoins d'entretien et de production des animaux.

5.1. Changement de poids vif pendant la phase de non gestation et de non lactation

Les résultats de l'analyse de variance de la régression de MOID sur le gain de poids vif et les coefficients de cette régression sont portés dans les Tableaux 22 et 23.

Tableau 22. Résultats d'analyse de variance de la régression de MOID sur le gain de poids vif des vaches pendant la phase de non gestation et de non lactation.

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Signif F
Régression	1	170,426	170,426	0,287
Résiduelle	69	10204,672	147,894	

Tableau 23. Coefficients de régression de la MOID (g kg$^{-0,75}$) sur le gain moyen quotidien (GMQ en g kg $^{-0,75}$) des vaches pendant la phase de non gestation et de non lactation.

	B	Es B	Signif F
GMQ	0,297	0,277	0,287
Constante	39,891	1,458	0,000

Le modèle est le suivant :

MOID (g kg$^{-0,75}$ j^{-1}) = 39,89 + 0,30 GMQ (g kg$^{-0,75}$)
(RSD = 12,16 et r^2 = 0,02)

Ces résultats indiquent que de nombreux autres facteurs agissent de façon prépondérante sur l'ingestion de la matière organique digestible. La position intermédiaire de cet état entre la phase de production laitière et la phase de gestation implique des processus métaboliques intenses de réparation et de reconstitution de réserves. Le besoin d'entretien a été estimé à 39,89 g kg$^{-0,75}$ j^{-1}. L'ARC (1980) a donné une valeur différente pour ce besoin : 32 g MOID kg$^{-0,75}$ j^{-1}. Il en est de même pour le besoin de production du gain de poids vif estimé à 0,30 g MOID g^{-1} à partir de nos résultats contre 1,87 g rapporté par Breman & De Ridder (1991) et 2,94 g obtenus par Coulibaly *et al*. (1994) non encore publiés. Suivant les données recueillies par Dicko *et al*. (1983 ; Tableaux 37 et 37bis), le besoin d'entretien des bovins d'un troupeau géré selon le mode semi-sédentaire par des pasteurs traditionnels pourrait être estimé à 53,73 g MSID kg$^{-0,75}$ j^{-1}. Aussi, elles indiquent un besoin de production de 1,70 g MSD g^{-1} de gain de poids vif. Toutes ces données de littérature rapportées ont été établies sur bovins différents de ceux de notre étude soit par la race, soit par le sexe, la catégorie et le poids vif. Aussi à cause de la rigueur du climat, les animaux sahéliens dépensent plus d'énergie pour leur entretien que ceux des zones tempérées. Entretenus sous les mêmes conditions de milieu le coût de l'entretien est plus élevé chez les animaux plus âgés que chez les jeunes. En revanche, la composante environnementale dans l'expression du gain de poids vif est plus marquée par l'alimentation chez les jeunes que chez les animaux adultes.

Zemmelink *et al*. (1991) ont trouvé que le besoin d'entretien de la chèvre naine de l'Afrique de l'Ouest est 24,3 g MOID kg$^{-0,75}$ j^{-1} alors que les tableaux de valeur nutritive de ARC (1980) indiquent 22 g. Ceci montre avec cette espèce également les éventuelles différences de besoin entre les animaux des zones tempérées et tropicales.

5.2. Changement de poids vif pendant la gestation

Les résultats de l'analyse de variance et les coefficients du modèle sont donnés dans les Tableaux 24 et 25.

Tableau 24. Résultats d'analyse de variance de la régression de MOID sur le gain de poids vif des vaches pendant la phase de gestation.

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Signif F
Régression	1	4812,116	4812,116	0,000
Résiduelle	138	9943,484	72,054	

Tableau 25. Coefficients de régression de la MOID (g $kg^{-0,75}$) sur le gain moyen quotidien (GMQ en g $kg^{-0,75}$) des vaches pendant la phase de gestation

	B	Es B	Signif F
GMQ	1,126	0,138	0,000
Constante	35,707	0,726	0,000

Le modèle est le suivant :

MOID (g $kg^{-0,75}$ j^{-1}) = 35,71 + 1,13 GMQ (g $kg^{-0,75}$)
(RSD = 8,49 et r^2 = 0,33)

Le besoin de production de 1 g de gain de poids a été estimé à 1,13 g MOID soit 1,130 kg de MOID pour 1 kg de gain de poids. La situation où la résultante des changements du poids vif vide de la mère et du gain de poids vif du foetus est nulle est observée avec une ingestion de 35,71 g MOD $kg^{-0,75}$ j^{-1}. Ces résultats sont différents de ceux obtenus et rapportés dans le paragraphe précédent (5.1).

5.3. Production laitière et changement de poids vif pendant la phase de lactation

Les résultats de l'analyse de variance et les coefficients de régression sont donnés dans les Tableaux 26 et 27.

Tableau 26. Résultats d'analyse de variance de la régression de MOID sur le lait produit et le gain de poids moyen quotidien des vaches en phase de lactation.

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Signif F
Régression	2	14235,633	7117,816	0,000
Résiduelle	126	20679,871	164,126	

Tableau 27. Coefficients de régression de la MOID (g $kg^{-0,75}$) sur le gain moyen quotidien (GMQ en g $kg^{-0,75}$) et le lait produit (QL en g $kg^{-0,75}$) des vaches en phase de lactation.

	B	Es B	Signif F
GMQ	0,709	0,221	0,002
QL	0,460	0,054	0,000
Constante	35,369	2,144	0,000

Le modèle est le suivant :

MOID (g $kg^{-0,75}$ j^{-1}) = 35,37 + 0,71 GMQ (g $kg^{-0,75}$) + 0,460 QL (g $kg^{-0,75}$)
(RSD = 12,81 et r^2 = 0,41)

Ces résultats montrent que le besoin d'entretien des animaux lorsque ceux-ci sont en production de lait est estimé à 35,37 g MOID $kg^{-0,75}$ j^{-1}. Le besoin de production de gain de poids vif est estimé à 0,71 g MOID g^{-1} soit 710 g pour 1 kg de gain de poids vif lorsque l'animal est en production laitière. Pour le lait le besoin est estimé à 0,460 g g^{-1} de lait produit. Ce dernier résultat est différent de 0,363 g rapporté dans la littérature (Breman & De Ridder, 1991). La différence serait liée à la teneur en matière grasse du lait généralement élevée chez les races tropicales et encore plus chez les individus produisant moins de lait. Le besoin de production de 1 g de gain de poids vif varie suivant que l'animal est en gestation, en lactation ou en état de non lactation et non gestation. Ce besoin est plus élevé pour les vaches gestantes et les vaches en lactation que pour celles qui sont à la fois sèches et vides. Chez les vaches en lactation, le coût énergétique du gain de poids est plus élevé que celui du lait produit. Ketelaars (1991) a rapporté que la valeur énergétique de 1 kg de gain de poids équivaut à 18,1 MJ contre 3,5 MJ pour 1 kg de lait produit. L'écart entre ces deux valeurs de littérature est plus grand que celui qui pourrait exister entre les estimations obtenues dans notre étude.

5.4. Conclusion

Les différentes analyses effectuées ont permis de mieux interpréter les résultats obtenus dans 4.1 à 4.4 (Chapitre 4). Les différences de production animale pour le même état physiologique ont reflété les différences de consommation de matière organique digestible et de la situation des réserves corporelles.

Les besoins d'entretien obtenus montrent que la norme de 32 g MOID $kg^{-0,75}$ j^{-1} (ARC, 1980) ne convient pas pour les vaches sahéliennes. Par ailleurs, le besoin des vaches en état physiologique de non lactation et de non gestation diminue lorsqu'elles deviennent gestantes où lorsqu'elles sont en lactation tout en restant plus élevé que la norme de l'ARC. Ces besoins sont en outre différents de ceux d'autres espèces de ruminant notamment les ovins et les caprins.

Les besoins de production du gain de poids sont plus faibles par rapport à la norme de 1,876 g MOID g^{-1} de gain (Breman & De Ridder, 1991). Ils sont variables d'un état physiologique à un autre. Le besoin de production de lait, par contre, est supérieur à la norme de 0,363 g MOID g^{-1} de lait produit (Breman & De Ridder, 1991).

Les résultats ont également montré des différences dans les besoins de production spécifiques.

6. Utilisation du tourteau de coton dans l'alimentation des animaux

Introduction

Le tourteau de coton est un sous produit agro-industriel qui est de plus en plus utilisé dans l'alimentation des animaux domestiques au Sahel. Cependant, des problèmes d'ordre sanitaire liés à l'utilisation de cet aliment ont été rapportés par de nombreux auteurs. L'objectif de ce chapitre est de présenter quelques informations tirées de la littérature en rapport avec ce thème. Ceci pourrait éventuellement aider à établir l'étiologie des manifestations pathologiques survenues au cours de cette étude.

6.1. Avantages

Le tourteau de coton est un aliment dont la valeur en MAD varie de 38,3 à 40,8 % et la valeur en énergie nette (UF kg^{-1}) de 0,84 à 1,25 suivant le mode d'extraction de l'huile (Rivière, 1978). Le taux de matière grasse dépend également du mode d'extraction de l'huile : 1 à 2 % avec la méthode des solvants et 10 à 20 % avec la méthode pression. Le taux en acides aminés des protéines calculé sur la base de 16 % d'azote est la suivante (Bacayoko, 1988) : Arginine 7,4 % ; Cystine 2,0 % ; Histidine 2,6 % ; Isoleucine 3,3 % Leucine 5,0 % ; Lysine 2,7 % ; Méthionine 2,1 % ; Phénylalanine 6,8 % ; Thréonine 3,0 % ; Tryptophane 1,3 % ; Tyrosine 3,4 % ; Valine 3,7 %. Le tourteau de coton est pauvre en Lysine et en Méthionine. Il est riche en vitamine du groupe B (thiamine et riboflavine) et en phosphore (1,11 %) mais pauvre en calcium (0,22 %).

Le tourteau de coton a une bonne résistance à la dégradation dans le rumen (Smith & Varren, 1986 cités par Bacayoko, 1988). Goetsch & Owens (1985) (cités par Bacayoko, 1988) ont montré que le tourteau de coton issu de la presse a une meilleure résistance à cette dégradation que le tourteau obtenu par solvant.

Le tourteau de coton est la principale source d'azote protéique utilisée dans l'alimentation des ruminants. Il est donné sous forme de supplément aux fourrages dans les opérations d'embouche, de production laitière et pour l'entretien des animaux d'élevage et des boeufs de trait. Il rentre dans la composition de l'aliment bétail (ABH) produit par les usines de l'Huilerie Cotonnière du Mali (HUICOMA).

Sa teneur en gossypol et dérivés plus ou moins élevée limite son utilisation chez les monogastriques.

6.2. Inconvénients

Le gossypol constitue très souvent la principale préoccupation dans le cas d'une utilisation massive ou à long terme de la graine de coton et de son sous produit, le tourteau. Il a été isolé dans l'écorce de la racine et dans la graine du cotonnier. Ces éléments sont utilisés par certaines populations africaines et sud américaines dans un but thérapeutique. En effet, Watt et Breyer-Brandwijk dans leur document « The medecinal and poisonous plants of southern and eastern Africa (2º édition ; 1962) » ont rapporté que l'écorce de la racine est utilisée comme hémostatique, emménagogue, un remède pour la dysménorrhée et la suppression des menstrues.Elle est abortive. En Amérique du sud, on utilise la décoction de la racine comme contraceptif et la graine comme galactagogue. En Afrique, on utilise les feuilles pour traiter les dysenteries et les maux de tête. Ces auteurs ont également rapporté que les extraits de feuille et de fleur montrent des zones d'inhibition de 12-19 mm avec *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* mais les tests antibiotique et insecticide ont été négatifs.

Cependant, l'écorce ne contient ni alcaloïde ni tannin.

Le cotonnier produit du gossypol à partir des glandes résineuses disséminées dans toutes les parties de la plante sauf dans les tissus ligneux. Ces glandes apparaissent extérieurement sous forme de points noirs qui parsèment l'appareil végétatif de la plante et les cotylédons de la graine.

La teneur en gossypol de la graine dépend des variétés du cotonnier. Celles-ci se différencient les unes des autres par leurs fleurs. Les fleurs sont blanches *chez Gossypium hirsitum*, jaunes chez *Gossypium barbadense* et *Gosssypium peruvianum* verdâtres chez Gossypium herbaceum et rouges chez *Gossypium arboreum*. Ces différentes variétés sont cultivées dans les pays tropicaux (Derivaux & Liégeois, 1962).

Au Mali, les variétés locales ont été décrites par Lagière (1966). Il s'agit de : Gossypium punctatum, Gossypium hirsitum et Gossypium arboreum. En culture industrielle, on a introduit les variétés suivantes : Gossypium hirsitum, Gossypium arboreum (cernuum et indicum), Allen et B.J.A.

Le gossypol existe dans l'amande de la graine sous une forme libre pouvant se lier aux protéines pour former un complexe peu digestible et sous une forme liée (Markman *et al*., 1969 cités par Kassanbara, 1980). La proportion de l'une ou l'autre forme est variable suivant les produits dérivés de la graine. Elle dépend du mode d'extraction de l'huile et de la technique employée.

La forme libre du gossypol est plus abondante dans l'huile tandis que la forme liée se retrouve dans le tourteau. La méthode de "l'expeller" (pression) permet le passage d'une plus grande partie du gossypol dans l'huile brute. De plus l'opération est précédée d'un traitement thermique en atmosphère humide qui facilite l'oxydation du gossypol en son produit de détoxication le d.gossypol. Le gossypol peut être séparé également de l'huile par l'aniline avec laquelle il forme un précipité à peu près insoluble (Derivaux & Legeois, 1962). La technique de chauffage à la vapeur est utilisée aux Etats Unis depuis fort longtemps et assez récemment au Mali. Dans les années 1970, Mongodin & Van den Berg ont observé au Mali qu'après l'extraction de l'huile à partir de l'amande, on retrouvait presque tout le principe toxique dans le tourteau. Derivaux & Legeois (1962) ont rapporté que par l'extraction à froid les 3/4 du gossypol passent dans l'huile de sorte que le tourteau provenant de l'extraction à froid est peu toxique. Il ressort de ces informations que le gossypol est présent dans le tourteau en quantité plus ou moins variable suivant la technique utilisée pour obtenir l'huile et de l'état des appareillages utilisés. Le gossypol libre est considéré comme la forme biologiquement active. Certains travaux ont montré qu'une partie du gossypol lié peut être transformée en gossypol libre dans le tractus digestif des animaux (Tacher *et al*., 1971).

La constitution chimique du gossypol est connue. On lui attribue la formule brute $C_{30}H_{20}O_2$ (Watt & Breyer-Brandwijk, 1962). Sa structure développée est 2,2' binaphtalène - 8,8' dicarboxyaldehyde - 1,1', 6,6', 7,7'hexahydroxy, 5,5' diisopropyl, 3,3' diméthyl (Kassambara, 1980). C'est un pigment jaune polyphénolique insoluble dans l'eau mais soluble dans l'alcali dilué, l'huile et le pétrole . Le gossypol est accompagné de certains dérivés de structure voisine qui sont : gossypurpurine (polyphénol, pigment rouge sombre) ; gossycaeruline (quinone, pigment bleu) ; gossyfulvine (dianilinogossypol, pigment orange) et le gossyverdurine. Ces pigments sont reconnus comme des toxines et renforceraient les effets du gossypol.

6.2.1. Effets du gossypol sur les animaux

Chez les ruminants le gossypol se lie aux protéines du rumen réseau formant ainsi un complexe le rendant moins toxique et les animaux moins vulnérables (Reiser, 1962 cité par Kassambara, 1980).

Kassambara (1980) a rapporté que les études faites au Sénégal par Fabre et coll. (1973) ont montré que les animaux recevant des rations

contenant des graines de coton dosant 0,2 p.100 de gossypol total ont présenté des signes d'amaigrissement important suivi de diarrhée et deux cas de mortalités ont été enregistrés. Quand la proportion de graine de coton dans la ration a été rabaissée de 27 à 18 p.100, les troubles ont disparu. On ne dispose d'aucune information sur la durée de ces études. Bacayoko (1988) a observé des manifestations de diarrhée et deux pertes parmi 12 moutons qui ont ingéré en moyenne une quantité totale de 524 g de tourteau de coton au cours d'une expérience d'embouche de 70 jours. Ces problèmes de santé ont été plus importants que ceux enregistrés dans deux autres lots de 12 têtes qui en ont ingéré respectivement 235 et 151 g au cours de la même expérience. Selon l'auteur les diarrhées seraient dues à une plus grande consommation de tourteau de coton.

Coppock *et al*. (1985) n'ont pas trouvé d'effets de toxicité du gossypol en analysant les métabolites du sang de 13 vaches en lactation ayant reçu une ration composée de 30 % de graine entière de coton pendant 6 semaines de mesure. Avec des vaches Holstein non gestantes qui ont reçu des rations composées de 15, 35 et 55 % de cet aliment pendant 3 semaines, la respiration a diminué parallèlement à l'ingestion de matière sèche mais aucun effet de toxicité n'a été remarqué parmi les données de 11 métabolites du sang ; l'ingestion maximum de 8,4 kg j^{-1} de matière sèche de la graine entière de coton a été obtenue avec un seul animal (moyenne pour une semaine).

Ces auteurs ont par ailleurs rapporté qu'en Californie, Smith *et al*. (1981) ont examiné la santé dans 55 laiteries commerciales dont 39 donnaient plus de 3,2 kg de graine entière de coton par vache et par jour et n'ont trouvé aucune relation entre les troubles sanitaires observés et la consommation de cet aliment. Ils ont aussi rapporté que Lindsey *et al*. (1980) ont distribué 10 kg j^{-1} de farine de coton ayant 0,225 % de gossypol libre aux vaches en lactation pendant 14 semaines. Ces vaches ont manifesté des signes de toxicité incluant la diminution de l'hémoglobine et des protéines totales du plasma et une augmentation de la fragilité des érythrocytes.

Wal au début des années 1970 a rapporté que chez les jeunes ruminants, une alimentation prolongée contenant du gossypol provoque une dépression de la croissance, une anémie puis la mort ; une absorption plus massive fait apparaître des inflammations stomacales, des diarrhées hémorragiques, une faiblesse musculaire. On observe des difficultés respiratoires et même des phénomènes d'avortement.

Derivaux & Legeois (1962) ont également rapporté qu'une absorption élevée du produit entraîne la gastro-entérite, la dyspnée et des convulsions. Les animaux malades sont tristes, abattus, les muqueuses sont pâles oedémateuses et finalement de teinte subictérique. Des oedèmes peuvent apparaître aux régions déclives. Les mictions sont douloureuses, il y a pollakiurie, de l'albuminurie et finalement l'urine prend une teinte rougeâtre et même franchement hématurique (page 259).

Watt & Breyer-Brandwijk (1962) ont rapporté que si de petites quantités de tourteau sont données aux veaux et aux moutons pendant une longue période, on observe une détérioration de la condition générale, un développement de l'anémie puis la mort. Les grandes quantités provoquent l'inflammation hémorragique de l'estomac, la diarrhée hémorragique, l'hématurie, la jaunisse, la faiblesse musculaire et le chancellement. Celles-ci provoquent aussi des difficultés respiratoires, la colique, la paralysie, l'avortement, les douleurs dans les yeux et même la perte de vue (page 734). L'absorption du tourteau de coton par la vache fait que son lait met trop de temps pour former le beurre dans la baratte. La qualité de ce lait est médiocre et de consistance collante (page 735). Après la mort des animaux par suite de l'absorption du gossypol, on observe l'hémorragie dans différents organes, du liquide dans les plèvres, péritoine et péricarde, un agrandissement du foie avec dégénérescence graisseuse (page 735).

Chez le porc, à cause de sa grande sensibilité au gossypol, on recommande de ne pas dépasser 8 p.100 comme taux d'incorporation du tourteau de coton dans la ration si sa teneur en gossypol n'est pas connue (Mongodin et Den Berg Van).

Wal rapporte qu'à partir d'une teneur en gossypol dans la ration totale de 0,016 p.100, on observe chez le porc en croissance une diminution du GMQ et une augmentation de l'indice de consommation. Une teneur de 0,02 à 0,03 p.100 (ou 0,007 p.100 chez le porcelet au sevrage) fait apparaître des phénomènes d'intoxication. Les effets peuvent survenir de façon imprévisible et entraîner la mort. A ces taux, le gossypol cause le développement de congestion et d'oedèmes sur les poumons et dans les cavités corporelles. L'absorption prolongée de petites quantités de gossypol est une forme d'intoxication beaucoup plus fréquente.

Chez la poule et le poulet, quelques effets du gossypol ont été rapporté par Tacher *et al*. (1971) sur le gain de poids, l'efficacité nutritive de la ration, la mortalité, le taux de ponte, le taux d'éclosion, les colorations du blanc et du jaune d'oeuf. Les effets rapportés sont en général négatifs lorsque la teneur dans la ration atteint ou dépasse certains seuils. Certains pigments dérivés du gossypol seraient plus nocifs dans certaines situations que le gossypol pur. Selon les mêmes auteurs, une ration contenant un taux important de gossypol entraîne une réplétion de la vésicule biliaire, une réduction du taux d'hémoglobines, une diminution du nombre des hématies et du nombre des cellules hématopoïétiques de la moelle osseuse, un accroissement des globulines sériques et une diminution des albumines. Wal a également rapporté que le gossypol ralentit la croissance et peut entraîner une baisse de la ponte.

6.2.2. Seuil de tolérance de la teneur du gossypol dans les rations

Le seuil de tolérance du gossypol dans la ration dépend de l'espèce animale et de l'âge des animaux. Nous n'avons pas trouvé beaucoup de données concernant les ruminants.

Watt & Breyer-Brandwijk (1962) ont rapporté que la quantité maximale de tourteau de coton qui peut être mangée par le bovin sans risque de tomber malade est 6 pound (lb) soit 2,724 kg (1 lb = 454 g). Derivaux & Liégeois (1962) ont indiqué que préventivement la farine ou le tourteau de coton ne doivent entrer qu'à doses modérées dans la composition de la ration. Ils recommande de ne pas dépasser la dose de 5 kg par jour chez le bétail et ce, pendant une période de temps limité.

Wal a rapporté que les taux moyens de gossypol libre 0,02 à 0,03 p.100 n'entraînent pas de risque d'intoxication aiguë ou chronique chez les porcs à l'engrais. Si le taux de gossypol est inférieure à 0,02 p.100, le taux de ponte des poules n'est pas affecté (Branckaert & Vallerand, 1968 cités par Wal). Mongodin & Van den Berg ont cependant signalé qu'à 0,012 p.100 on enregistre déjà une baisse de ponte. Selon Tacher *et al*. (1971) le gossypol n'a pas d'action chez le poulet de chair si le taux est compris entre 0,012 p.100 (taux le plus bas) et 0,1 p.100 (taux le plus haut), la mortalité n'apparaissant qu'à partir de 0,16 p.100. La ponte est stoppée à partir de 0,15 p.100 de gossypol libre.

6.2.3. Quelques données sur le taux de gossypol de la graine et du tourteau de coton

- Tourteaux américains (Tacher *et al*., 1971)
gossypol libre : 0,01 à 0,5 % suivant le type de tourteau ;
gossypol total : 0,5 à 1,3 % suivant le type de tourteau.
- Tourteaux malgaches (Wal)
gossypol (sans autre précision) : 0,02 % en moyenne.
- Tourteaux maliens issus des graines de Niono (Mongodin & Van den Berg,)
gossypol libre : 0,0157 %.
- Graines de Niono / Mali (Mongodin & Van den Berg)
gossypol libre : 0,0074 %.
- Graines du Mali (Boudet *et al*., 1965 cités par Kassambara, 1980)
gossypol libre : 0,74 % soit 7400 ppm.
- Graines (Kassambara, 1980)
. Mali
gossypol total : 1,82 % soit 18200 ppm ;
gossypol libre : 1,36 % soit 13600 ppm.
. Niger
gossypol total : 0,82 à 0,9158 % (8200 à 9158 ppm) ;
gossypol libre : 0,36 à 0,6617 % (3600 à 6617 ppm).
. Madagascar
gossypol total : 0,8594 à 0,9787 % (8594 à 9787 ppm) ;
gossypol libre : 0,4324 à 0,6815 % (4324 à 6815 ppm).

6.2.4. Méthode d'élimination du gossypol du tourteau

Pour éviter le gossypol, la première voie est l'utilisation de tourteau provenant des variétés de cotonnier sans gossypol (Glandless). Ces variétés ne sont pas encore importantes au Mali probablement à cause son rendement relativement faible en fibre.

D'autres méthodes d'élimination sont connues à travers le monde notamment :
- Le traitement prolongé par la chaleur en présence d'humidité. Ce procédé a le désavantage de bloquer les protéines (réaction de Maillard) qui ne sont plus assimilables par l'organisme.
- Le procédé Vaccarino qui utilise la propriété du gossypol de se dissoudre dans certains solvants comme l'acétone.
- Le traitement avec le fer ferreux (Fe^{++}) qui forme avec le gossypol un complexe non assimilable.

6.2.5. Conclusion

Il ressort de ces informations que quelque soit le mode d'extraction de l'huile de la graine de coton contenant le gossypol, une partie plus ou moins importante de celui-ci passe dans le tourteau. L'absorption prolongée de petites quantités ou massive de tel tourteau peut entraîner la perte de production et même la mort des animaux. Ceci dénote que le gossypol est un toxique qui est cumulatif, c'est-à-dire la vitesse d'ingestion est plus élevée que celle de son élimination.

Le gossypol agit à travers ses effets toxiques et antinutritionnels. Ceux-ci interviennent lorsqu'il se combine aux nutriments nobles de la

ration (acides aminés et principalement la lysine) pour former des complexes indigestibles. Dans le même cadre, il influence l'activité métabolique de la mamelle qui produit par conséquent un lait acide et de mauvaise qualité. Ainsi les veaux rien qu'en consommant régulièrement de tel lait peuvent manifester des troubles de l'organisme. Il est connu que la plupart des toxiques absorbés sont éliminés au niveau des émonctoires (glande mammaire par exemple).

Le lait est un véhiculum de nombre de toxiques d'origine végétale (Derivaux & Legeois, 1962, 50). En effet l'aflatoxine B_1 (toxine produite par les Aspergillus qui souillent les produits agricoles avec une nette prédilection pour l'arachide) est métabolisée par la mamelle en aflatoxine M_1 qui conserve les mêmes propriétés biologiques (Lafont *et al*., 1980).

Des méthodes d'élimination du gossypol du tourteau de coton existent mais elles sont le plus souvent onéreuses et délicates. La règle de l'utilisation du tourteau de coton contenant du gossypol dans l'alimentation des animaux demeure l'emploi de quantités modérées et limité dans le temps si aucune information n'est disponible sur les seuils de tolérance.

7. Conclusion générale

7.1. Le potentiel génétique des vaches sahéliennes

La variation des conditions du milieu notamment l'alimentation et les soins de santé entraine des différences entre animaux pour la croissance, la production laitière, la reproduction, etc. Certaines différences observées sont d'ordre génétique et l'expérience a montré que celles-ci portent simultanément sur plusieurs locus (Goux, 1975). Les effets conjugués de la valeur additive des gènes, de l'interaction entre gènes de même locus ou de locus différents constituent le potentiel génétique qu'il est impossible de changer pour un animal donné. Ces effets ne sont apparents que lorsque les conditions du milieu sont optimales. Dans ce cas, la valeur moyenne de la production animale mesurée sur une population d'animaux ayant les mêmes caractéristiques génétiques représente le potentiel génétique de cette population. En d'autres termes, c'est la limite supérieure de la production concernée susceptible d'être mesurée en moyenne dans cette population.

Les vaches sahéliennes adaptées au climat chaud et sec et à la longue marche ont montré à travers les nombreuses études de production une variabilité de performance.

En élevage traditionnel où les animaux sont tributaires des ressources fourragères des pâturages naturels et des champs de culture après la récolte, les performances sont plus faibles que celles obtenues dans les stations expérimentales. Ces bas niveaux de productivité sont liés à la variabilité de la disponibilité et de la qualité fourragère au cours de l'année. La saison des pluies où la qualité des fourrages varie de bonne à excellente et la disponibilité abondante ne dure que 2 à 3 mois. La saison sèche longue de 8 à 9 mois est caractérisée par la perte graduelle de la qualité fourragère de médiocre à très mauvaise et la raréfaction de la disponibilité. L'alternance des situations fourragères compromet l'extériorisation du potentiel génétique des animaux. La simulation de la variation annuelle de nutriments exprimés en matière organique digestible disponibles pour les femelles bovines en reproduction (lot 1 de notre étude) a montré que celles-ci puisent continuellement dans leur réserves corporelles pour faire face aux besoins de gestation en saison sèche. La production laitière n'a pas dépassé le niveau de l'élevage traditionnel. Aussi, un arrêt des chaleurs a été observé chez la plupart de ces animaux en saison sèche.

Dans les stations expérimentales, grâce à l'amélioration de la situation alimentaire des animaux pendant toute l'année par des méthodes de gestion adéquate des troupeaux, l'utilisation rationnelle des fourrages de qualité (sous-produits agricoles et agro-industriels, cultures fourragères) et grâce à l'amélioration des soins de santé, la productivité animale a fortement augmentée. Ainsi, il a été possible d'avoir une bonne idée de ce pourrait être le potentiel génétique des animaux. Ketelaars (1991) a rapporté que le potentiel de production laitière est situé entre 1000 et 2000 kg de lait par lactation, niveau que nous avons pu obtenir avec la paille de riz supplémentée. Celui de l'âge au premier vêlage est estimé à 30 mois et celui de l'intervalle entre vêlages successifs 12 mois. Les résultats de notre étude indiquent que ces paramètres de reproduction ne peuvent être atteints lorsque les animaux ne reçoivent pas de supplémentation en saison sèche.

7.2. L'influence de la sous alimentation sur la productivité

Il est maintenant bien connu que le facteur le plus limitatif de la productivité est l'alimentation. Les essais en milieu contrôlé ont permis de connaître l'ampleur des effets de la sous alimentation.

En production laitière, l'effet de la sous alimentation est fonction du stade physiologique, de l'intensité du déficit et de la capacité de résistance de l'animal. Une sous alimentation en fin de gestation et en début de lactation provoque une réduction du taux de matière grasse et corps non gras du lait de 0,30 et 0,15 % respectivement en début et en fin de lactation (Foot *et al*., 1963 cités par Kouriba, 1982). Elle augmente l'ampleur du déficit habituellement constaté avec les grandes productrices de lait pendant les premières semaines de lactation. Ce déficit est évalué à 40-50 % des besoins (Journet, 1978). Stobbs & Thompson (1975) ont rapporté que l'inadéquation entre le contenu

énergétique du menu et la production laitière sur pâturage naturel entraine une diminution de la proportion d'acides gras C_4 - C_{16} du lait et une augmentation de la proportion en acide oléique. Ces résultats indiquent qu'en cas de déficit alimentaire, les vaches en lactation puisent dans leurs réserves corporelles pour assurer la fonction de production.

Le même phénomène est observé avec les vaches gravides si les conditions alimentaires sont mauvaises pour produire leur veau ; leur poids vif peut diminuer en dessous du seuil critique permettant une nouvelle gestation (Ketelaars, 1991). En effet, en alimentant les vaches en gestation (dernier tiers de la gestation) avec la paille de riz seule, nous avons enregistré des pertes de poids compatibles avec des mises-bas normales donnant des veaux de même poids à la naissance que ceux dont les mères étaient mieux alimentées. Elles ont cependant mis plus de temps à revenir en chaleurs. Reid (1960) (cité par Kouriba, 1982) a observé un arrêt des cycles oestraux quand les vaches ont été soumises à un stress alimentaire prononcé. Selon Dunn *et al*. (1969) (cités par Kouriba, 1982) si le stress intervient en période post-partum, on note généralement une infertilité associée à un allongement de l'anoestrus de lactation et à une défaillance de conception lorsque les cycles oestraux arrivent à être induits. Mukasa (1989) a également rapporté que la perte de poids postpartum due à la sous alimentation allonge la période d'anoestrus postpartum et réduit la production totale de lait.

7.3. L'effet des conditions sanitaires

Le climat tropical est en général favorable à la prolifération des agents pathogènes. Les maladies que ceux-ci provoquent contribuent à diminuer la productivité animale à cause des perturbations physiologiques et des mortalités.

Les soins de santé permettent de prévenir les pertes de production. Les mesures comportent la vaccination contre les épizooties, la chimioprévention, le déparasitage, les traitements divers. Les cas de maladies sont plus nombreux dans certaines zones que d'autres ; ils peuvent aussi varier en fonction des saisons. Les mortalités sont en général plus importantes chez les veaux, les jeunes que chez les adultes. Wagenaar (1983) a rapporté de diverses sources pour le zébu peul en élevage traditionnel des taux de mortalité qui varient de 10 à 40 % pour les animaux de 0-1 an ; de 5 à 15 % pour ceux de 1-2 ans et de 2 à 6 % pour les animaux de plus de 2 ans. Dans certaines situations, l'influence des maladies bactériennes et parasitaires est difficile à distinguer de celle des problèmes d'ordre nutritionnel. En effet, la consommation massive ou à long terme par les vaches de certains aliments contenant des toxiques peut générer souvent des problèmes de santé chez les veaux consommant le lait de celles-ci. Lorsque ces problèmes s'observent pendant une période propice à l'explosion des maladies comme en hivernage, les effets particuliers sont difficiles à établir. Le manque d'informations sur le métabolisme des toxiques concernés ne permet pas de situer l'importance relative de ceux-ci dans les problèmes de santé. L'augmentation des mortalités de veaux avec celle des quantités offertes de tourteau de coton à leur mère en un moment où l'hygiène était également mauvaise dans les parcs (flaques d'eau et boue) est un exemple. Cependant, dans ce cas, les résultats d'analyse bactériologique non concluants ont fait penser davantage à la primauté de l'effet du gossypol. Il faudrait plus de recherche sur les effets toxiques du gossypol et de ces dérivés.

7.4. Le rôle de la supplémentation

La paille constitue l'alimentation des bovins en saison sèche. Elle a cependant une valeur énergétique très faible et une valeur protéique presque nulle (Rivière, 1968). Le taux d'azote est inférieur à 8 g kg^{-1} MS (Rivière, 1977 ; Bacayoko, 1988 ; Kané, 1993 ; Ballo, 1993) qui permettrait d'assurer les besoins d'entretien (Ketelaars, 1991). Pendant cette saison, les animaux perdent 5 à 10 % de leur poids et la production laitière tombe à des niveaux qui atteignent à peine le dixième de la production d'hivernage (Rivière, 1968). Wilson & Diallo (1979) ont rapporté une perte de poids des femelles bovines adultes dans le delta du Niger de 12 % pendant la période janvier - juin. Wagenaar (1983) a trouvé 20 % pour les bovins adultes entre novembre - juin. Nous avons obtenu dans cette étude une perte de poids de 510 g j^{-1} chez les vaches gravides (dernier tiers de la gestation) alimentées avec la paille de riz seule. Kané (1993) a obtenu que la paille de mil ne peut couvrir que 83 % des besoins d'entretien en énergie sur la base de la norme de 32 g MOID $kg^{-0,75}$ j^{-1} et donc entraînerait la perte de poids.

Ces pertes de poids et de production laitière sont liées à une faible ingestibilité associée à une digestibilité faible de la paille et donc à un apport insuffisant de nutriments.

L'expérience a montré qu'il est possible d'améliorer la digestibilité et l'ingestibilité de la paille avec de faibles quantités de supplément tandis que des quantités élevées, à cause des phénomènes de substitution (sur le plan encombrement du rumen et sur le plan énergie) provoque une diminution de l'ingestion.

La technique de la supplémentation permet de pallier les insuffisances d'apport de nutriments chez les animaux qui reçoivent la paille comme aliment de base. Des recherches effectuées à Bamako avant les années 1960 avaient déjà montré qu'un supplément de l'ordre de 1 UF (unité fourragère) par jour pendant la saison sèche permet de réduire les pertes de poids et les chutes de production (Rivière, 1968). L'effet d'une telle supplémentation (stratégique) n'est pas comparable à celui de la croissance compensatrice observée en saison des pluies. La

supplémentation (stratégique) évite les arrêts des cycles oestraux observés avec les femelles nourries exclusivement avec la paille en saison sèche et la croissance en dents de scie des jeunes.

En élevage semi-intensif, la supplémentation est nécessaire compte tenu de la longueur limitée de la période de l'année où la qualité des pâturages naturels est acceptable. Elle est de rigueur en élevage intensif où le but est l'obtention d'une productivité maximale, c'est-à-dire le potentiel génétique. Dans tous les cas, le niveau de l'apport de supplément dépend des quantités que les animaux peuvent ingérer du fourrage de base puis de la réponse de la production de lait et de viande. Les quantités ingérées du fourrage de base, de la ration totale et de l'énergie (qui peut être exprimée en matière organique digestible) en fonction des quantités croissantes de supplément, diffèrent selon le niveau de la production (Jarrige, 1988). Les animaux qui ont un besoin énergétique élevé ont également une capacité d'ingestion plus élevée et atteignent leur ingestion maximum pour des quantités de supplément plus importantes comme l'ont montré les résultats de nos premier, quatrième et cinquième essai. Il en résulte que les besoins d'entretien et de production des vaches varient en fonction de l'état physiologique et des activités. Nous avons trouvé un besoin d'entretien plus élevé chez les vaches non gestantes qui ne sont pas en lactation que chez celles produisant du lait ou qui sont en gestation. Les vaches en lactation et les vaches gestantes en non lactation ont le même besoin d'entretien. Les vaches en gestation ont un besoin de production du gain de poids plus élevé que les autres.

Bibliographie

Andrieu, J. , C. Demarquilly, Ph. Erna Wegat-Litre, Weiss, 1981. Prévision de la valeur énergétique des foins. Dans: Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Publ. 1981, p. 119-127.

ARC, 1980. The nutrient requirements of ruminants Livestock. Agricultural Research Council, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, pp. 351.

Bagayoko, A. ; 1988 . Contribution à l'étude des fourrages pauvres au Mali Recherche de leurs conditions optimales de valorisation par les ruminants (Thèse Docteur-Ingénieur ; Option Zootechnie-Alimentation Animale. ISFRA, Bamako).

Branckaert, R. & F. Vallerand, 1968. Zootechnia - XVII nº1 (73).

Breman, H. & N. Traoré, 1986(a). Analyse des conditions d'élevage et propositions de politiques et de programmes, Burkina-Faso. Club du Sahel, Paris.

Breman, H. & N. Traoré, 1986(b). Analyse des conditions d'élevage et propositions de politiques et de programmes, République du Niger. Club du Sahel, Paris.

Breman, H. & N. Traoré, 1987. Analyse des conditions d'élevage et propositions de politiques et de programmes, République du Mali. Club du Sahel, Paris.

Breman, H. & N. de Ridder, 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA, Karthala, Paris.

Brouwer, B.O., 1992. DBStat version 3. Department of Tropical Animal Production. Agricultural university, Wageningen.

CIPEA, 1978. Evaluation des productivités des races bovines Maure et Peul à la station du Sahel, Niono, Mali. CIPEA monographie 1.

Coulibaly, Y., G.A. Kaasschieter & J.J.M.H. Ketelaars, 1994 : Détermination des besoins énergétiques d'entretien des taurillons de race zébus maures. PSS (non publié).

Coppock, C.E, J.W. West, J.R. Moya, D.H. Nave, J.M. LaBore, K.G. Thompson, L.D. Rowe & C.E. Gates, 1985. Effets of amount of whole cottonseed on intake, digestibility and physiological responses of dairy cows. J. Dairy Science 68 (9).

Derivaux, J. & F. Liégeois, 1962. Toxicologie vétérinaire. Vigot Frères, Paris et Desoer, Liège.

Diallo, D. & M.S. Sissoko, 1992. Aliments bétail au Mali. Direction Nationale de l'Elevage, Bamako.

Dicko, M.S & M. Sangaré, 1980. Ingestion volontaire et performances d'un troupeau bovin du système agro-pastoral du mil et du riz au Mali. CIPEA.

Dicko, M.S., J.Lambourne, P.N. de Leeuw & C. de Haan, 1983. Dans : R.T. Wilson, P.N. de Leeuw & C. de Haan (eds). Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali, Résultats préliminaires, CIPEA, rapport de recherche nº 5, p. 96-101.

DNE, 1986. Journées nationales de réflexion sur le secteur élevage. Rapport général : Analyse de la situation, Propositions de stratégies. Direction nationale de l'Elevage/Mali, Ministère des ressources naturelles et de l'élevage, Bamako.

Dunn, T.G., J.E. Ingalle, D.R. Zimmerman & J.U. Wiltbank, 1969. Reproduction performance of 2 years old hereford and Augusts heifers as influence by pre and post calving energy intake. J. Anim. Sci. 29, 719-726.

Fabre, B., H. Calvet et coll., 1973. Nouvel essai d'embouche intensive avec les sous-produits de l'industrie cotonnière. Rapport 1973, Rep. Sénégal.

Foot, A.S., C. Line, C. & S.S. Rowland, 1963. J. D. Research 30, 403.

Goetsch, A.L. F.N. Owens, 1985. The effects of commercial processing method of cottonseed meal on site extent of digestion in cattle. J. An. Sci. 60, 803-813.

Goux, J.M., 1975. Les applications de la génétique. PUF, Presse Universitaire de France.

Guerin H., 1987. Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et sahélo-soudaniens : Etude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Thèse de Docteur-Ingénieur en Agronomie ; Option Zootechnie : Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France.

Jarrige, R. (ed.), 1988. Alimentation des bovins ovins et caprins. INRA, Paris, 476 pp.

Jahnké, H.E., G. Tacher, P. Keil & D. Rojat, 1987. Production animale en Afrique tropicale, plus particulièrement dans la zone infestée par les glossines. Dans : Production animale dans les régions d'Afrique infestée par le glossines. CIPEA, Compte rendu de réunion 23-27 novembre 1987 Naïrobi, Kenya.

Journet, M., 1978. Rationnement énergétique et azoté des vaches laitières en cours de lactation et en fonction du niveau de production. Laboratoire de Biochimie de la Nutrition, publication nº 24. Faculté des Sciences Agronomiques, Belgique.

Kaasschieter, G.A., Y. Coulibaly & M. Kané, 1994. Supplémentation de la paille de mil (*Pennisétum typhoïdes*) avec le tourteau de coton : effets sur l'ingestion, la digestibilité et la sélection. Rapports PSS nº 4.

Kané, M., 1993. Effets de supplémentation avec tourteau de coton et de quantité distribuée de la paille de mil sur la quantité et la digestibilité de la matière organique ingérée. Mémoire de DEA : Spécialité Nutrition Animale ISFRA- Bamako.

Kassambara, I., 1980. Etude de la valeur nutritive de la graine de coton destinée à l'alimentation des bovins. Mémoire de D.E.A., Université de Paris VI / I.E.M.V.T. Maisons-Alfort.

Kassambara, I., 1983. Contribution à l'étude de la valeur alimentaire des sous-produits agro-industriels utilisés dans l'alimentation des ruminants au Mali. Thèse Docteur-Ingénieur : Physiologie métabolique et Nutrition. Université de Pierre et Marie Curie, Paris VI.

Ketelaars, J.J.M.H., 1985. L'élevage au Niger, Mali et Burkina Faso : Une analyse zootechnique Ketelaars. Dans: J.J.M.H & B.J. Tolkamp, Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants. Doctoral thesis, Agricultural University, Wageningen.

Ketelaars, J.J.M.H., 1991. Dans : H. Breman & N. de Ridder, Manuel sur les pâturages des pays sahéliens Ed. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA, 1991.

Ketelaars, J.J.M.H & B.J. Tolkamp, 1992a. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants 1. Causes of differences in voluntary feed intake : critique of current views Livestock Production Science 30, 269-296.

Ketelaars, J.J.M.H & B.J. Tolkamp, 1992b. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants 3. Optimum feed intake : in search of a physiological background. Livestock Production Science 31, 235-258.

Kouriba, A., 1982. Principales voies d'amélioration des espèces bovines dans les conditions sahéliennes. Cas des Zébus Maure et Peul à la station du Sahel, Niono, Mali. Thèse 3º cycle : Sciences et Techniques en Productions Animales INPT-France nº d'ordre 146.

Lafont, P., J. Lafont, S. Mousset & C. Frayssinet, 1980. Etude de la contamination du lait de vache lors de l'ingestion de faibles quantités d'afflatoxine. Am. Nutr. Anim. 34, 699-708.

Lindsey, T.O., G.E. Hawkins & L.D. Guthrie, 1980. Physiological responses of lactating cows to gossypol from cottonseed meal rations. J. Dairy Sci. 63, 562.

Loosli, J. K. & L.R. McDowell, 1985. In : L.R. McDowell (ed.) Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Academic Press, Inc. San Diego, p. 1-19.

Mahler, F.C., 1991. Natürlich Weiden und Neben produkte des Ackerbaus als Ernährungsgrundlage für die Rinderhaltung am semiariden standort Westafrikas. PhD thesis Hohenheim.

Maïga, A.M., 1990. Etude du milieu d'élevage des veaux. Impact du mode d'allaitement sur la croissance des veaux et la production laitière des vaches Zébu à la SERZ/S. Memoire de fin d'études, IPR Katibougou.

Markman, A.L. & V.P. Rzhekhin, 1969. Gossypol its derivatives (traduit du Russe). Israel Program for scientific Translation Jerusalem.

Mongodin, B. & X. van den Berg (sd.). Produits tropicaux utilisables comme aliments du bétail en Afrique occidentale francophone. Vol. I . Inventaires qualitatifs et quantitatifs . Perspectives. Bureau pour le Developpement de la production Agricole, IEMVT, Saint-Germain, Paris.

Mongodin, B. & X. van den Berg (sd.). Produits tropicaux utilisables comme aliments du bétail en Afrique occidentale francophone. Vol. II . Exploitation . Tables des valeurs bromatologiques. Bureau pour le Developpement de la production Agricole, IEMVT, Saint-Germain, Paris.

Mukasa Mugerwa, 1989. A review of reproductive performance of female Bos indicus (zebu) cattle. ILCA/CIPEA Monograph nº 6.

Oomen Marinette, 1982. La riziculture paysanne à l'Office du Niger, Mali 1979-1991, Evaluation de l'appui neerlandais. Coopération au Développement des Pays-Bas.

Penning de Vries, F.W.T & M.A. Djiteye, 1982. La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Pudoc, Centre Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

Pons, R. 1988. L'élevage dans les pays sahéliens. Burkina Faso, Niger, Mali. Club du Sahel, Paris.

Preston, T.R, 1988. Développement des systèmes de production laitière sous les tropiques. CTA, Wageningen.

PSS, 1992. Programmes de recherche. Projet Production Soudano-Sahélienne, IER, Comité de programme des productions animales, Bamako.

Reid, J.T., 1960. Effect of energy intake upon reproduction in farm animal. Suppl. 4th bienn. symp. Anim. rep. 1959, p. 103-122.

Reiser, R., 1962. The mecanism of gossypol detoxification by ruminant animals. J. of Nutrition 76, 215-218.

Rivière, R., 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Série des manuels. IEMVT, Maisons Alfort.

Rivière, R., 1977. Les sous produits de culture. IEMVT, Maisons Alfort.

Rivière, R., 1968. De quelques sous-produits de cultures dans l'alimentation du bétail tropical. Bulletin de la Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire de l'association française des Techniques de l'alimentation animale et de l'association française de Zootechnie 56, No's 4, 5, 6).

Schlecht, E., F. Mahler, M. Sangaré, A. Susenbeth & Becker, 1993. Quantitative and qualitative estimation of nutrient intake and fecal excretion of zebu cattle grazing natural pasture in semi-arid Mali. Dans : Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-saharan Africa 22-26 November 1993, CIPEA, Addis Ababa.

Smith, N.E., L.S. Collar, D.L. Bath, W.L. Dunkley & A.A. Franke, 1988. Digestibility and effects of whole cottonseed fed to lactating cows. J. Dairy Sci. 64, 2209.

Smith, G.H. & S. Varren, 1986. Supplementation to improve the production of yearling steers grazing poor quality forage.1- The effects of forage type and a cottonseed meal supplement. Austr. J. Exp. Agric. and Anim. Husb. 26, 1-6.

Stobbs, T.H. P.A.C. Thompson, 1975. Milk production from tropical pastures. World An. Review 13, 1975.

Tacher, G., R. Rivière & C. Landry, 1971. Valeur alimentaire pour les poussins et les poulets de chair du tourteau de coton sans gossypol. IEMVT, Maisons Alfort / Laboratoire de Farcha, Tchad.

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 Prod. 59, 43-47.

Wagenaar, K.T, 1983. Une synthèse de la littérature sur la production animale dans les systèmes pastoraux du Mali. CIPEA, Programme des Zones aride et semi-aride. Document de programme N AZ 87.

Wal, J.M. (sd.). L'utilisation des sous-produits industriels en alimentation animale à Madagascar. IEMVT, Madagascar.

Watt J.M. & M.G. Breyer-Brandwijk, 1962. The medecinal and poisonous plants of southern and eastern Africa being an account of their medicinal and other uses, Chemical Composition, Pharmacological Effets and Toxicology in Man and Animal Second Edition E & S. Livington Ltd., Edinburgh & London.

Wilson, R.T., 1988. La production animale au Mali central : études à long terme sur les bovins et les petits ruminants dans le système agropastoral. CIPEA, rapport de recherche nº 14.

Zemmelink, G., 1980. Effect of selective consumption on volontary intake and digestibility of tropical forages. Doctoral thesis, Wageningen.

Zemmelink, G., B.J. Tolkamp & N.W.M. Ogink, 1991. Energy requirements for maintenance and gain of West African Dwarf goats. Small Ruminant Research 5, 205-215.

Annexes

Rapports PSS N° 16 (Annexes)

Liste des annexes

- Annexe 4.1.2. Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du premier essai
- Annexe 4.1.3. Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du deuxième essai
- Annexe 4.1.4. Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du troisième essai
- Annexe 4.1.5. Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du quatrième essai
- Annexe 4.1.6. Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du cinquième essai
- Annexe 4.1.7. Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du sixième essai
- Annexe 4.2.1. Ingestion de tourteau de coton (matière organique en kg) par saison : Animaux du lot 1
- Annexe 4.2.2. Ingestion de tourteau de coton (matière organique en kg) par saison : Animaux du lot 2
- Annexe 4.2.3. Ingestion de tourteau de coton (matière organique en kg) par saison : Animaux du lot 3
- Annexe 4.3.1. Mesures de lait (kg) les jours de contrôle laitier : vaches du lot 1
- Annexe 4.3.2. Mesures de lait (kg) les jours de contrôle laitier : vaches du lot 2
- Annexe 4.3.3. Mesures de lait (kg) les jours de contrôle laitier : vaches du lot 3
- Annexe 4.4.1. Mesures de poids vif des vaches du lot 1
- Annexe 4.4.2. Mesures de poids vif des vaches du lot 2
- Annexe 4.4.3. Mesures de poids vif des vaches du lot 3
- Annexe 4.4.4. Evolution du poids vif des vaches du lot 1
- Annexe 4.4.5. Evolution du poids vif des vaches du lot 2
- Annexe 4.4.6. Evolution du poids vif des vaches du lot 3
- Annexe 4.5.2. Evolution du poids vif des veaux
- Annexe 5.1. Rapport MOID - production animale (Etat physiologique de non gestation et de non lactation)
- Annexe 5.2. Rapport MOID - production animale (Etat physiologique de gestation)
- Annexe 5.3. Rapport MOID - production animale (Etat physiologique de lactation)

- LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES

***Annexe 4.1.2**. Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du premier essai.*

Lot	poids vif	MOI paille (g)	MOI tc (g)	refus tc (%)	MOI tot. (g)	DMO (%)	% TC	MOID (g)	GMQ (g)
1	319	46.8	0.0		46.8	50.1	0.0	23.5	-6.1
1	332	36.3	0.0		36.3	43.2	0.0	15.7	-11.9
1	238	45.7	0.0		45.7	43.1	0.0	19.7	2.5
1	368	36.5	0.0		36.5	53.8	0.0	19.7	-11.0
1	354	31.0	0.0		31.0	56.2	0.0	17.4	-13.2
2	373	61.2	12.4	0.0	73.7	59.8	16.9	44.0	-2.3
2	383	51.0	12.4	0.0	63.4	56.3	19.9	35.7	-1.8
2	364	44.3	12.5	0.0	56.7	57.1	22.2	32.4	-1.4
2	335	55.4	12.3	0.0	67.7	53.1	18.3	35.9	2.9
2	335	50.7	12.4	0.0	63.1	55.2	19.8	34.8	0.0
3	330	39.7	40.3	9.2	79.9	58.6	49.6	46.8	5.0
3	376	30.5	32.8	25.9	63.3	63.0	50.4	39.9	7.7
3	395	36.1	29.5	33.9	65.6	55.7	42.2	36.6	5.6
3	336	40.1	39.7	10.0	79.8	60.7	49.3	48.4	7.4
3	370	30.5	41.8	7.4	72.4	63.6	57.3	46.1	0.0

N.B. : MOI paille = Matière Organique Ingérée de la paille de riz (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITC = Matière Organique Ingérée du Tourteau de coton (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITot = Matière Organique Ingérée Totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOID = Matière Organique Ingérée Digestible de la ration totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
DMO = Digestibilité de la Matière Organique de la ration totale (en %)
% TC = % de tourteau de coton dans MOI totale
GMQ = Gain moyen quotidien (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})

***Annexe 4.1.3.** Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du deuxième essai*

Lot	poids vif	MOI paille	MOI tc	refus tc(%)	MOI tot.	% TC	DMO (%)	MOID	GMQ
1	299	89.4	42.0	0.0	131.4	32.0	64.2	84.3	6.6
1	305	76.1	42.2	0.0	118.3	35.8	62.2	73.6	3.9
1	292	82.4	42.4	0.0	124.8	34.1	64.9	80.9	2.0
1	220	85.1	41.4	0.0	126.5	32.8	64.2	81.3	12.5
1	378	70.7	41.8	0.0	112.6	37.3	65.9	74.2	8.9
1	373	45.7	38.8	9.4	84.5	45.9	64.5	58.5	-3.4
2	354	77.1	42.2	0.0	119.3	35.4	64.6	77.0	3.5
2	348	66.3	42.7	0.0	108.9	39.4	67.8	70.5	-2.4
2	383	55.9	42.2	1.7	98.1	43.6	66.2	66.6	-6.1
2	342	53.2	42.6	0.0	95.8	45.3	63.7	63.5	-1.8
2	332	63.4	42.4	0.0	105.8	40.4	65.5	67.5	1.2
2	306	50.6	29.9	29.1	80.5	37.3	66.7	52.8	4.6
3	335	55.3	41.8	1.7	97.1	43.2	69.2	63.8	0.0
3	318	56.1	38.2	9.3	94.3	40.6	66.6	63.2	5.1
3	336	64.3	42.9	0.0	107.2	40.1	65.1	71.2	-4.9

N.B. : MOI paille = Matière Organique Ingérée de la paille de riz (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITC = Matière Organique Ingérée du Tourteau de coton (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITot = Matière Organique Ingérée Totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOID = Matière Organique Ingérée Digestible de la ration totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
DMO = Digestibilité de la Matière Organique de la ration totale (en %)
% TC = % de tourteau de coton dans MOI totale
GMQ = Gain moyen quotidien (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})

Annexe 4.1.4. *Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du troisième essai*

Lot	poids vif	MOI paille	MOI tc	refus tc(%)	MOI tot.	%TC	DMO (%)	MOID /pm	GMQ
1	280	58.3	0.0		58.3	0.0	59.9	34.9	- 3.1
1	277	64.2	0.0		64.2	0.0	61.1	39.3	- 6.2
1	223	74.7	0.0		74.7	0.0	55.5	41.5	4.6
1	365	56.2	0.0		56.2	0.0	62.5	35.1	- 6.3
2	359	70.6	12.0	0.0	82.6	14.6	61.9	51.2	7.0

2	319	59.8	11.6	3.7	71.4	16.2	65.6	46.8	4.2
2	379	45.5	12.2	0.5	57.7	22.4	63.9	37.0	- 5.5
2	313	49.5	12.1	0.0	61.6	20.2	64.3	39.7	1.4
2	309	61.3	12.4	0.0	73.7	17.0	66.7	49.2	-12.9
3	380	34.3	26.4	4.1	60.7	43.6	68.5	41.7	5.5
3	401	25.8	26.4	5.5	52.2	50.5	70.7	36.9	- 3.5
3	343	41.9	26.7	4.6	68.6	39.1	65.5	45.0	- 5.3
3	342	38.7	27.6	0.0	66.3	41.8	66.1	43.8	2.6
3	364	41.7	27.8	0.0	69.5	40.1	65.3	45.4	- 1.3

N.B. : MOI paille = Matière Organique Ingérée de la paille de riz (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITC = Matière Organique Ingérée du Tourteau de coton (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITot = Matière Organique Ingérée Totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOID = Matière Organique Ingérée Digestible de la ration totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
DMO = Digestibilité de la Matière Organique de la ration totale (en %)
% TC = % de tourteau de coton dans MOI totale
GMQ = Gain moyen quotidien (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})

Annexe 4.1.5. *Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du quatrième essai*

Lot	poids vif	MOI paille	MOI tc	refus tc(%)	MOI tot.	% TC	DMO (%)	MOID	GMQ
1	275	52.2	0.0		52.2	0.0	50.8	26.7	0.0
1	280	54.6	0.0		54.6	0.0	50.3	27.5	-10.4
1	214	59.9	0.0		59.9	0.0	53.6	32.1	8.9
1	271	48.9	0.0		48.9	0.0	53.6	26.3	- 0.6
1	343	39.6	0.0		39.6	0.0	60.1	24.0	- 8.9
2	381	49.4	12.8	0.0	62.2	20.7	63.7	39.6	- 4.8
2	351	47.7	12.6	0.0	60.3	21.2	57.4	34.7	2.6
2	323	50.8	12.8	0.0	63.6	20.2	61.7	39.2	- 1.6
2	313	67.5	12.8	0.0	80.4	16.0	62.8	50.5	- 5.6
2	362	53.4	12.8	0.0	66.2	19.4	60.9	40.4	- 3.0
3	357	34.9	29.1	0.4	64.1	45.8	65.9	42.3	- 5.6
3	412	38.3	29.0	0.0	67.2	43.4	67.2	45.3	1.8

3	399	38.2	28.3	2.7	66.5	42.9	65.1	43.4	- 1.4
3	375	36.6	29.0	0.0	65.6	44.4	69.1	45.4	1.5
3	377	41.1	28.9	0.0	69.9	41.5	60.2	42.2	3.4

N.B. : MOI paille = Matière Organique Ingérée de la paille de riz (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITC = Matière Organique Ingérée du Tourteau de coton (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITot = Matière Organique Ingérée Totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOID = Matière Organique Ingérée Digestible de la ration totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
DMO = Digestibilité de la Matière Organique de la ration totale (en %)
% TC = % de tourteau de coton dans MOI totale
GMQ = Gain moyen quotidien (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})

Annexe 4.1.6. *Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du cinquième essai*

Lot	poids vif	MOI paille	MOI tc	refus tc(%)	MOI tot	% TC	DMO (%)	MOID	GMQ
1	269	54.7	0.0		54.7	0.0	51.6	28.3	- 4.8
1	222	54.1	0.0		54.1	0.0	51.3	27.8	4.7
1	280	45.2	0.0		45.2	0.0	53.0	24.1	- 5.3
1	338	47.3	0.0		47.3	0.0	52.3	24.9	- 9.2
2	403	68.3	12.2	0.0	80.4	15.4	62.4	50.4	2.5
2	349	60.1	12.1	0.0	72.3	17.0	57.9	42.1	3.4
2	391	51.2	12.2	0.0	63.4	19.4	61.5	39.1	0.5
2	332	47.9	12.2	0.0	60.0	20.5	61.3	36.8	2.3
2	314	51.9	12.1	0.0	64.0	18.9	63.7	40.8	5.5
3	436	32.5	27.6	1.1	60.1	46.3	66.4	40.0	1.0
3	413	18.7	28.0	0.2	46.7	60.6	69.1	32.3	- 1.0
3	327	45.8	27.6	0.0	73.5	37.8	66.0	48.6	5.9
3	392	30.6	21.6	22.4	52.2	41.2	66.1	34.5	2.6
3	388	29.1	28.0	0.0	57.1	49.5	66.2	37.9	- 0.5

N.B. : MOI paille = Matière Organique Ingérée de la paille de riz (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITC = Matière Organique Ingérée du Tourteau de coton (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITot = Matière Organique Ingérée Totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOID = Matière Organique Ingérée Digestible de la ration totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
DMO = Digestibilité de la Matière Organique de la ration totale (en %)

% TC = % de tourteau de coton dans MOI totale
GMQ = Gain moyen quotidien (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})

Annexe 4.1.7. *Mesures d'ingestion et de digestibilité de la matière organique au terme du sixième essai*

Lot	poids vif	MOIpaille	MOI tc	refus tc(%)	MOI tot	% TC	DMO (%)	MOID	GMQ (g)
1	331	54.9	26.8	0.0	81.7	33.5	41.7	34.6	- 0.5
1	285	48.9	26.7	0.0	75.6	35.8	56.1	42.3	0.0
1	288	39.0	25.9	5.6	64.9	40.5	67.7	43.9	-11.3
1	246	55.9	26.4	0.0	82.3	32.4	69.7	57.5	4.7
1	394	36.4	26.6	0.0	63.0	42.9	62.3	39.4	2.8
2	366	30.3	26.9	1.4	57.3	48.4	67.9	39.0	-11.0
2	353	42.5	20.2	24.2	62.7	32.7	63.5	40.0	2.6
2	326	24.1	11.3	57.8	35.4	31.1	66.3	23.8	- 3.3
2	321	33.0	27.1	0.0	60.1	45.6	68.0	40.9	- 6.6
3	349	44.9	17.5	33.9	62.5	25.3	61.8	40.1	1.5
3	313	24.8	14.2	48.2	39.1	35.9	61.7	24.2	-11.2
3	387	23.7	23.7	10.7	47.4	49.9	74.2	35.2	2.4
3	371	25.5	17.7	34.1	43.2	41.1	59.8	26.1	- 4.4

N.B. : MOI paille = Matière Organique Ingérée de la paille de riz (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITC = Matière Organique Ingérée du Tourteau de coton (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOITot = Matière Organique Ingérée Totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
MOID = Matière Organique Ingérée Digestible de la ration totale (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
DMO = Digestibilité de la Matière Organique de la ration totale (en %)
% TC = % de tourteau de coton dans MOI totale
GMQ = Gain moyen quotidien (en g $kg^{-0,75}$ j^{-1})

Annexe 4.2.1. *Ingestion de tourteau de coton (matière organique en kg) par saison : Animaux du lot 1*

NºANIMAL	1	2	3	4	5	6	7	8	total
SAIS : 1 mean	0.16	0.10	0.07	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.06
total	13.86	9.24	5.88	0.00	11.76	0.00	0.00	0.00	40.74
std.dev.	0.204	0.182	0.154	0.000	0.196	0.000	0.000	0.000	0.144
std.err.	0.022	0.019	0.016	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.005

maximum	0.42	0.42	0.42	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.42
	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(712)
2 mean	2.78	3.01	2.83	2.90	2.37	2.95	3.50	3.21	2.94
total	300.38	324.97	305.23	313.13	255.56	318.29	377.76	346.89	2542.21
std.dev.	0.123	0.121	0.397	0.138	0.201	0.437	0.432	0.688	0.481
std.err.	0.012	0.012	0.038	0.013	0.019	0.042	0.042	0.066	0.016
maximum	2.95	3.19	3.27	3.10	2.56	3.24	3.86	3.71	3.86
	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(864)
3 mean	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
total	18.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.73
std.dev.	0.161	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062
std.err.	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
maximum	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43
	(257)	(257)	(257)	(257)	(257)	(257)	(257)	(257)	(2056)
4 mean	1.57	1.94	1.91	1.79	1.55	1.75	2.22	2.01	1.84
total	149.62	184.39	181.55	169.99	146.87	166.01	210.96	191.21	1400.59
std.dev.	0.147	0.152	0.141	0.227	0.162	0.090	0.181	0.403	0.296
std.err.	0.015	0.016	0.014	0.023	0.017	0.009	0.019	0.041	0.011
maximum	1.69	2.10	2.03	1.91	1.67	1.86	2.40	2.31	2.40
	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(760)
total : mean	0.88	0.94	0.90	0.88	0.75	0.88	1.07	0.98	0.91
total	482.59	518.60	492.66	483.12	414.19	484.30	588.72	538.10	4002.28
std.dev.	1.101	1.248	1.200	1.204	0.984	1.225	1.468	1.376	1.236
std.err.	0.047	0.053	0.051	0.051	0.042	0.052	0.063	0.059	0.019
maximum	2.95	3.19	3.27	3.10	2.56	3.24	3.86	3.71	3.86
	(549)	(549)	(549)	(549)	(549)	(549)	(549)	(549)	(4392)

Annexe 4.2.2. *Ingestion de tourteau de coton (matière organique en kg) par saison : Animaux du lot 2*

Nº ANIMAL :	9	10	11	12	13	14	15	16	total
SAIS : 1 mean	1.02	1.04	1.04	1.01	0.93	1.04	0.95	0.98	1.00
total	90.65	92.84	92.47	89.83	82.88	92.86	84.34	86.95	712.82

std.dev.	0.026	0.028	0.013	0.017	0.049	0.017	0.021	0.025	0.049
std.err.	0.003	0.003	0.001	0.002	0.005	0.002	0.002	0.003	0.002
maximum	1.04	1.07	1.05	1.02	0.98	1.06	0.97	1.00	1.07
	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(712)
2 mean	3.44	3.25	3.50	3.28	3.24	2.20	2.48	2.98	3.05
total	371.95	351.27	378.03	353.77	349.79	237.61	268.00	321.66	2632.07
std.dev.	0.126	0.535	0.386	0.560	0.470	1.028	0.901	0.395	0.752
std.err.	0.012	0.052	0.037	0.054	0.045	0.099	0.087	0.038	0.026
maximum	3.58	3.88	3.73	3.74	3.59	3.49	3.59	3.28	3.88
	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(864)
3 mean	1.03	0.96	1.04	0.92	0.94	0.95	0.99	0.90	0.97
total	265.24	246.69	267.56	235.62	241.90	244.44	255.51	230.64	1987.61
std.dev.	0.114	0.101	0.118	0.096	0.103	0.116	0.113	0.096	0.118
std.err.	0.007	0.006	0.007	0.006	0.006	0.007	0.007	0.006	0.003
maximum	1.09	1.03	1.10	0.97	1.00	1.04	1.06	0.96	1.10
	(257)	(257)	(257)	(257)	(257)	(257)	(257)	(257)	(2056)
4 mean	2.20	1.92	1.36	1.06	1.87	1.92	1.74	2.00	1.76
total	208.67	182.44	111.13	100.70	177.22	182.56	165.14	189.87	1317.73
std.dev.	0.371	0.442	0.765	0.618	0.466	0.251	0.636	0.058	0.600
std.err.	0.038	0.045	0.085	0.063	0.048	0.026	0.065	0.006	0.022
maximum	2.40	2.21	2.34	2.08	2.22	2.08	2.29	2.05	2.40
	(95)	(95)	(82)	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(747)
total : mean	1.71	1.59	1.58	1.42	1.55	1.38	1.41	1.51	1.52
total	936.51	873.24	849.19	779.91	851.79	757.47	772.99	829.13	6650.22
std.dev.	0.980	0.945	1.032	0.989	0.949	0.715	0.771	0.851	0.915
std.err.	0.042	0.040	0.045	0.042	0.041	0.031	0.033	0.036	0.014
maximum	3.58	3.88	3.73	3.74	3.59	3.49	3.59	3.28	3.88
	(549)	(549)	(536)	(549)	(549)	(549)	(549)	(549)	(4379)

Annexe 4.2.3.*Ingestion de tourteau de coton (matière organique en kg) par saison : Animaux du lot 3*

Nº ANIMAL :	17	18	19	20	21	22	23	24	total

SAIS : 1 mean	3.85	3.17	2.91	2.94	2.75	2.67	2.87	3.01	3.02
total	342.60	282.07	258.81	262.01	244.38	237.29	255.81	268.00	2150.98
std.dev.	0.280	0.639	1.141	1.065	0.783	1.251	0.756	0.987	0.970
std.err.	0.030	0.068	0.121	0.113	0.083	0.133	0.080	0.105	0.036
maximum	3.97	3.51	4.03	3.95	3.88	4.01	3.56	3.77	4.03
	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(89)	(712)
2 mean	2.79	3.26	3.53	3.35	2.57	1.69	3.08	2.49	2.85
total	300.82	352.29	381.06	361.83	277.71	182.55	333.06	269.22	2458.54
std.dev.	1.007	0.197	0.418	0.564	0.656	0.761	0.599	0.811	0.868
std.err.	0.097	0.019	0.040	0.054	0.063	0.073	0.058	0.078	0.030
maximum	3.91	3.47	3.81	3.76	3.79	3.52	3.85	3.84	3.91
	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(108)	(864)
3 mean	2.44	2.19	2.22	2.32	1.89	1.18	2.20	2.30	2.18
total	627.89	563.42	569.62	595.02	485.20	99.07	566.34	590.57	4097.12
std.dev.	0.329	0.387	0.613	0.486	0.439	0.763	0.441	0.363	0.534
std.err.	0.020	0.024	0.038	0.030	0.027	0.083	0.028	0.023	0.012
maximum	2.69	2.41	2.61	2.68	2.18	2.33	2.50	2.52	2.69
	(257)	(257)	(257)	(257)	(257)	(84)	(257)	(257)	(1883)
4 mean	1.41	1.51	1.67	1.44	1.42	-	0.76	1.31	1.39
total	133.49	143.74	158.66	137.20	135.30	-	46.32	124.72	879.43
std.dev.	0.750	0.565	0.765	0.737	0.625	-	0.728	0.620	0.721
std.err.	0.077	0.058	0.078	0.076	0.064	-	0.093	0.064	0.029
maximum	2.54	2.16	2.34	2.43	2.10	-	2.33	2.32	2.54
	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(0)	(61)	(95)	(631)
total : mean	2.56	2.44	2.49	2.47	2.08	1.85	2.33	2.28	2.34
total	1404.80	1341.52	1368.15	1356.07	1142.59	518.91	1201.53	1252.50	9586.07
std.dev.	0.935	0.771	0.955	0.911	0.742	1.115	0.896	0.819	0.905
std.err.	0.040	0.033	0.041	0.039	0.032	0.066	0.039	0.035	0.014
maximum	3.97	3.51	4.03	3.95	3.88	4.01	3.85	3.84	4.03
	(549)	(549)	(549)	(549)	(549)	(281)	(515)	(549)	(4090)

Annexe 4.3.1. Mesures de lait (kg) les jours du contrôle laitier : vaches du lot 1

Ordreanimal	laitprélevé lesoir(kg)	laitprélevé lematin(kg)	laittotal (kg)	Datede controle
1	0.4	0.5	0.90	7/5/93
1	0.9	1.4	2.30	22/5/93
1	1.7	1.9	3.60	7/6/93
1	1.8	2.3	4.10	22/6/93
1	1.8	2.1	3.90	7/7/93
1	2.5	1.8	4.30	22/7/93
1	2.6	2.2	4.80	7/8/93
1	1.6	2.0	3.60	22/8/93
1	1.2	1.1	2.30	7/9/93
1	1.0	1.5	2.50	15/9/93
1	1.2	1.5	2.70	22/9/93
1	1.4	1.2	2.60	30/9/93
1	0.4	0.5	0.90	6/10/93
1	0.2	0.5	0.80	13/10/93
1	0.5	0.3	0.80	20/10/93
1	0.5	0.2	0.70	27/10/93
1	0.5	0.7	1.20	3/11/93
2	1.7	1.8	3.50	7/6/93
2	1.5	2.2	3.70	22/6/93
2	2.1	2.2	4.30	7/7/93
2	1.5	1.9	3.40	22/7/93
2	1.6	1.7	3.30	7/8/93
2	0.9	1.7	2.60	22/8/93
2	1.1	1.2	2.30	7/9/93
2	1.2	1.5	2.70	15/9/93
2	1.1	1.5	2.60	22/9/93
2	1.1	1.1	2.20	30/9/93
2	0.4	0.6	1.00	6/10/93
2	0.2	0.6	0.80	13/10/93

2	0.3	0.6	0.90	20/10/93
2	0.6	0.7	1.30	27/10/93
2	0.6	0.7	1.30	3/11/93
2	0.5	0.7	1.20	10/11/93
2	0.3	0.3	0.60	17/11/93
2	0.4	0.7	1.10	24/11/93
2	0.7	0.7	1.40	1/12/93
2	0.4	0.6	1.00	8/12/93
2	0.5	0.6	1.10	15/12/93
2	0.4	0.6	1.00	22/12/93
2	0.4	0.6	1.00	29/12/93
2	0.5	0.5	1.00	5/1/94
2	0.5	0.4	0.90	12/1/94
2	0.5	0.5	1.00	19/1/94
2	0.5	0.6	1.10	26/1/94
2	0.4	0.5	0.90	2/2/94
2	0.5	0.5	1.00	9/2/94
2	0.3	0.4	0.70	16/2/94
2	0.6	0.5	1.10	23/2/94
Ordreanimal	laitprélevé lesoir(kg)	laitprélevé lematin(kg)	laittotal (kg)	Datede controle
3	0.7	1.6	2.30	15/9/93
3	1.4	2.0	3.40	22/9/93
3	2.1	2.1	4.20	30/9/93
3	0.8	1.1	1.90	6/10/93
4	0.6	0.6	1.20	22/5/93
4	1.1	1.3	2.40	7/6/93
4	1.3	1.3	2.60	22/6/93
4	1.3	1.7	3.00	7/7/93
4	1.1	1.2	2.30	22/7/93
4	0.9	1.3	2.20	7/8/93
4	0.7	0.8	1.50	22/8/93

4	0.9	0.8	1.70	7/9/93
4	0.9	0.6	1.50	15/9/93
4	0.8	0.6	1.40	22/9/93
4	0.6	1.0	1.60	30/9/93
4	0.4	0.5	0.90	6/10/93
4	0.4	0.5	0.90	13/10/93
4	0.3	0.5	0.80	20/10/93
4	0.4	0.3	0.70	27/10/93
4	0.4	0.4	0.80	3/11/93
4	0.3	0.4	0.70	10/11/93
5	1.6	1.9	3.50	7/7/93
5	1.4	1.9	3.30	22/7/93
5	2.1	1.6	3.70	7/8/93
5	1.1	1.6	2.70	22/8/93
5	1.4	1.1	2.50	7/9/93
5	1.2	1.4	2.60	15/9/93
5	1.6	1.6	3.20	22/9/93
5	1.0	1.7	2.70	30/9/93
5	0.4	0.5	0.90	6/10/93
5	0.4	0.5	0.90	13/10/93
5	0.1	0.2	0.30	20/10/93
5	0.3	0.4	0.70	27/10/93
5	0.2	0.4	0.60	3/11/93
6	1.7	2.1	3.80	7/7/93
6	1.3	1.5	2.80	22/7/93
6	1.8	1.7	3.50	7/8/93
6	2.1	2.6	4.70	22/8/93
6	2.3	2.3	4.60	7/9/93
6	2.6	2.3	4.90	15/9/93
6	0.4	0.7	1.10	22/9/93
6	0.6	0.5	1.10	30/9/93
6	0.2	0.3	0.50	6/10/93

6	0.1	0.3	0.40	13/10/93
6	0.3	0.7	1.00	20/10/93
6	0.7	0.5	1.20	27/10/93
6	0.5	0.6	1.10	3/11/93
6	0.3	0.7	1.00	10/11/93
6	0.4	0.4	0.80	17/11/93

Ordreanimal	laitprélevé lesoir(kg)	laitprélevé lematin(kg)	laittotal (kg)	Datede controle
7	2.7	2.3	5.00	7/8/93
7	1.1	1.2	2.30	22/8/93
7	1.1	1.4	2.50	7/9/93
7	0.8	0.6	1.40	15/9/93
7	1.2	1.3	2.50	22/9/93
7	1.3	1.0	2.30	30/9/93
7	0.6	0.5	1.10	6/10/93
7	0.5	0.5	1.00	13/10/93
7	0.6	0.5	1.10	20/10/93
7	0.7	0.6	1.30	27/10/93
7	0.5	0.6	1.10	3/11/93
7	0.4	0.6	1.00	10/11/93
7	0.4	0.6	1.00	17/11/93
7	0.4	0.4	0.80	24/11/93
7	0.4	0.6	1.00	1/12/93
7	0.5	0.7	1.20	8/12/93
7	0.4	0.5	0.90	15/12/93
7	0.4	0.4	0.80	22/12/93
7	0.4	0.4	0.80	29/12/93
7	0.5	0.5	1.00	5/1/94
7	0.5	0.5	1.00	12/1/94
7	0.4	0.4	0.80	19/1/94
7	0.3	0.5	0.80	26/1/94
7	0.5	0.4	0.90	2/2/94

7	0.3	0.3	0.60	9/2/94
7	0.2	0.1	0.30	16/2/94
7	0.3	0.4	0.70	23/2/94
7	0.3	0.4	0.70	2/3/94
7	0.4	0.5	0.90	9/3/94
7	0.5	0.4	0.90	16/3/94
7	0.4	0.5	0.90	23/3/94
7	0.6	0.4	1.00	30/3/94
7	0.6	0.3	0.90	6/4/94
7	0.6	0.4	1.00	13/4/94
7	0.3	0.3	0.60	20/4/94
8	2.3	2.7	5.00	22/8/93
8	1.8	2.0	3.80	7/9/93
8	1.7	1.6	3.30	15/9/93

Annexe 4.3.2. *Mesures de lait (kg) les jours du contrôle laitier : vaches du lot 2*

ordre animal	lait prélevé le soir (kg)	lait prélevé le matin (kg)	lait (kg)total	Date de controle
9	2.3	3	5.3	22/5/93
9	2.2	2.5	4.7	7/6/93
9	2.6	3.1	5.7	22/6/93
9	2.4	2.9	5.3	7/7/93
9	2	3	5	22/7/93
9	1.8	2.6	4.4	7/8/93
9	2	2.7	4.7	22/8/93
9	2	2	4	7/9/93
9	1.7	1.7	3.4	15/9/93
9	2	2	4	22/9/93
9	1.7	2.2	3.9	30/9/93
9	1.2	1.5	2.7	6/10/93
9	1.1	1	2.1	13/10/93
9	1.3	1.7	3	20/10/93

9	1.2	1.4	2.6	27/10/93
9	1.2	1.6	2.8	3/11/93
9	1.1	1.1	2.2	10/11/93
9	0.7	1.5	2.2	17/11/93
9	0.8	1.1	1.9	24/11/93
9	1	1.4	2.4	1/12/93
9	1.3	1.2	2.5	8/12/93
9	1	0.8	1.8	15/12/93
9	1.3	1.3	2.6	22/12/93
9	1.5	1.3	2.8	29/12/93
9	1.2	1.3	2.5	5/1/94
9	1.4	1.2	2.6	12/1/94
9	1.1	1.2	2.4	19/1/94
9	1.3	1.1	2.4	26/1/94
9	1.3	1.4	2.7	2/2/94
9	1.1	1	2.1	9/2/94
9	1.2	0.9	2.1	16/2/94
9	1.2	0.9	2.1	23/2/94
10	2.7	3.5	6.2	22/7/93
10	3	3	6	7/8/93
10	1.5	2.8	4.3	22/8/93
10	1.4	1.8	3.2	7/9/93
10	0.8	1.6	2.4	15/9/93
10	1.7	2.4	4.1	22/9/93
10	1.6	1.2	2.8	30/9/93
10	0.8	1	1.8	6/10/93
10	1	1	2	13/10/93
10	0.9	1.1	2	20/10/93
10	0.8	0.5	1.3	27/10/93
10	0.7	0.8	1.5	3/11/93
10	0.5	0.7	1.2	10/11/93
10	0.7	1.1	1.8	17/11/93

10	1	0.7	1.7	24/11/93
10	0.6	0.7	1.3	1/12/93
10	1	0.8	1.8	8/12/93
10	0.9	0.9	1.8	15/12/93
10	0.8	0.7	1.5	22/12/93
ordre animal	lait prélevé le soir (kg)	lait prélevé le matin (kg)	lait (kg)total	Date de controle
10	1.1	1	2.1	29/12/93
10	0.9	0.8	1.7	5/1/94
10	1.1	1	2.1	12/1/94
10	0.6	0.8	1.4	19/1/94
10	0.8	1	1.8	26/1/94
10	0.7	0.9	1.6	2/2/94
10	0.6	0.5	1.1	9/2/94
10	1.1	0.5	1.6	16/2/94
10	1.2	0.4	1.6	23/2/94
10	1	0.5	1.5	2/3/94
10	1.2	0.7	1.9	9/3/94
10	0.6	0.8	1.4	16/3/94
10	1	0.8	1.8	23/3/94
10	1.2	0.7	1.9	30/3/94
10	1.2	0.4	1.6	6/4/94
10	1.1	0.4	1.5	13/4/94
10	0.9	0.4	1.3	20/4/94
11	1.8	2.1	3.9	7/6/93
11	1.6	2.1	3.7	22/6/93
11	1.5	2.1	3.6	7/7/93
11	1.1	1.7	2.8	22/7/93
11	1.9	1.4	3.3	7/8/93
11	1.3	1.6	2.9	22/8/93
12	3.6	4.6	8.2	22/7/93
12	2.9	4.4	7.3	7/8/93
12	2.8	4	6.8	22/8/93

12	2.1	2.9	5	7/9/93
12	1.9	2.8	4.7	15/9/93
12	2.1	2.6	4.7	22/9/93
12	1.8	2.6	4.4	30/9/93
12	1.6	2.4	4	6/10/93
12	1.6	2	3.6	13/10/93
12	1.8	2.3	4.1	20/10/93
12	0.7	0.9	1.6	27/10/93
12	1.2	0.9	2.1	3/11/93
12	0.7	0.9	1.6	10/11/93
12	0.5	0.5	1	17/11/93
13	0.9	1.2	2.1	22/7/93
13	1.7	2.2	3.9	7/8/93
13	1.5	2.1	3.6	22/8/93
13	1.3	1.3	2.6	7/9/93
13	1.4	1.4	2.8	15/9/93
13	1.6	1.5	3.1	22/9/93
13	1.4	1.6	3	30/9/93
13	1.3	1.3	2.6	6/10/93
13	0.8	0.9	1.7	13/10/93
13	0.8	1	1.8	20/10/93
13	0.8	1	1.8	27/10/93
13	0.6	0.7	1.3	3/11/93
13	0.5	0.9	1.4	10/11/93
13	0.6	0.7	1.3	17/11/93
13	0.8	0.8	1.6	24/11/93
ordre animal	lait prélevé le soir (kg)	lait prélevé le matin (kg)	lait (kg)total	Date de controle
13	0.6	0.8	1.4	1/12/93
13	0.5	0.7	1.2	8/12/93
13	0.3	0.8	1.1	15/12/93
13	0.6	0.7	1.3	22/12/93
13	0.5	0.5	1	29/12/93

13	0.9	0.5	1.4	5/1/94
13	0.4	0.5	0.9	12/1/94
13	0.4	0.5	0.9	19/1/94
13	0.5	0.6	1.1	26/1/94
13	0.4	0.6	1	2/2/94
13	0.5	0.3	0.8	9/2/94
13	0.4	0.5	0.9	16/2/94
13	0.5	0.5	1	23/2/94
13	0.3	0.4	0.7	2/3/94
13	0.5	0.3	0.8	9/3/94
13	0.4	0.5	0.9	16/3/94
13	0.5	0.4	0.9	23/3/94
13	0.6	0.4	1	30/3/94
13	0.4	0.4	0.8	6/4/94
13	0.5	0.3	0.8	13/4/94
13	0.3	0.4	0.7	20/4/94
14	1.1	1.4	2.5	22/5/93
14	1.2	1.4	2.6	7/6/93
15	0.9	1.1	2	15/9/93
15	1.2	1.1	2.3	22/9/93
15	1.1	1.3	2.4	30/9/93
15	0.6	0.4	1	6/10/93
15	0.6	0.8	1.4	13/10/93
15	0.7	0.7	1.4	20/10/93
15	0.6	0.8	1.4	27/10/93
15	0.7	0.9	1.6	3/11/93
15	0.6	0.6	1.2	10/11/93
15	0.5	0.9	1.4	17/11/93
15	0.7	0.2	0.9	24/11/93
15	0.5	0.4	0.9	1/12/93
15	0	0.8	0.8	8/12/93
15	0.4	0.5	0.9	15/12/93

15	0.4	0.3	0.7	22/12/93
15	0.4	0.4	0.8	29/12/93
16	3	3.5	6.5	22/5/93
16	3.3	3.6	6.9	7/6/93
16	3.5	4.3	7.8	22/6/93
16	3.6	3.6	7.2	7/7/93
16	3.5	4.3	7.8	22/7/93
16	2.7	3.7	6.4	7/8/93
16	2.5	2.7	5.2	22/8/93
16	1.8	2.8	4.6	7/9/93
16	2.5	2.2	4.7	15/9/93
16	1.9	2.9	4.8	22/9/93
16	2.3	2.5	4.8	30/9/93
16	1.6	1.4	3	6/10/93
16	1.4	1.7	3.1	13/10/93
ordre animal	lait prélevé le soir (kg)	lait prélevé le matin (kg)	lait (kg)total	Date de controle
16	1.6	1.6	3.2	20/10/93
16	1.7	1.8	3.5	27/10/93
16	1.4	1.3	2.7	3/11/93
16	1.6	1.7	3.3	10/11/93
16	0.9	1.5	2.4	17/11/93
16	1.1	1.4	2.5	24/11/93
16	0.8	0.8	1.6	1/12/93
16	1.3	1.4	2.7	8/12/93
16	1.5	1.5	3	15/12/93
16	1.3	1.5	2.8	22/12/93
16	1.1	1.6	2.7	29/12/93
16	1	1.2	2.2	5/1/94
16	1.2	1.1	2.3	12/1/94
16	1	1.2	2.2	19/1/94
16	0.9	1.2	2.1	26/1/94
16	1	1.1	2.1	2/2/94

16	0.9	1.2	2.1	9/2/94
16	1.2	1.1	2.3	16/2/94
16	1.9	1.1	3	23/2/94

Annexe 4.3.3. *Mesures de lait (kg) les jours du contrôle laitier : vaches du lot 3*

ordre animal	lait prélevé le soir (kg)	lait prélevé le matin (kg)	lait (kg)total	Date de controle
17	1.6	2.4	4.00	7/5/93
17	1.8	2.2	4.00	22/5/93
17	1.3	1.1	2.40	7/6/93
17	0.8	1.1	1.90	22/6/93
17	1.2	1.6	2.80	7/7/93
17	0.9	1.4	2.30	22/7/93
17	0.9	0.5	1.40	7/8/93
17	0.4	0.4	0.80	22/8/93
17	0.7	0.7	1.40	7/9/93
18	1.4	1.9	3.30	7/6/93
18	1.6	2.3	3.90	22/6/93
18	1.7	1.7	3.40	7/7/93
18	1.1	1.5	2.60	22/7/93
18	0.9	1.0	1.90	7/8/93
18	0.7	0.8	1.50	22/8/93
18	0.6	0.4	1.00	7/9/93
18	0.4	0.5	0.90	15/9/93
18	0.5	0.5	1.00	22/9/93
18	0.4	0.5	0.90	30/9/93
18	0.4	0.5	0.90	6/10/93
18	0.3	0.5	0.80	13/10/93
18	0.4	0.5	0.90	20/10/93
18	0.4	0.4	0.80	27/10/93
18	0.3	0.4	0.70	3/11/93
19	1.7	3.5	5.20	7/5/93

19	2.4	2.9	5.30	22/5/93
19	2.2	2.5	4.70	7/6/93
19	1.6	2.3	3.90	22/6/93
19	2.1	2.7	4.80	7/7/93
19	1.8	1.8	3.60	22/7/93
19	2.3	2.2	4.50	7/8/93
19	0.7	1.7	2.40	22/8/93
19	1.9	1.5	3.40	7/9/93
19	1.5	1.1	2.60	15/9/93
19	1.5	1.5	3.00	22/9/93
19	1.0	1.4	2.40	30/9/93
19	0.8	1.3	2.10	6/10/93
19	0.8	0.9	1.70	13/10/93
19	0.8	1.1	1.90	20/10/93
19	1.0	1.1	2.10	27/10/93
19	0.9	1.3	2.20	3/11/93
19	0.7	0.1	0.80	10/11/93
19	1.0	0.9	1.90	17/11/93
19	1.0	0.9	1.90	24/11/93
19	1.1	1.0	2.10	1/12/93
19	0.9	0.9	1.80	8/12/93
20	2.9	3.1	6.00	22/5/93
ordre animal	lait prélevé le soir (kg)	lait prélevé le matin (kg)	lait (kg)total	Date de controle
21	4.8	1.0	5.80	22/6/93
21	3.8	4.0	7.80	7/7/93
21	2.4	3.1	5.50	22/7/93
21	1.8	2.0	3.80	7/8/93
21	2.1	3.0	5.10	22/8/93
21	1.7	2.7	4.40	7/9/93
21	1.8	2.6	4.40	15/9/93
21	1.4	1.8	3.20	22/9/93
21	1.8	2.6	4.40	30/9/93

21	1.3	2.2	3.50	6/10/93
21	1.4	1.9	3.30	13/10/93
21	0.9	1.3	2.20	20/10/93
21	0.7	0.9	1.60	27/10/93
21	1.0	1.6	2.60	3/11/93
21	1.3	1.9	3.20	10/11/93
21	1.3	1.3	2.60	17/11/93
21	0.8	1.7	2.50	24/11/93
21	0.9	1.1	2.00	1/12/93
21	1.0	1.4	2.40	8/12/93
21	1.2	1.3	2.50	15/12/93
21	1.1	1.2	2.30	22/12/93
21	1.0	1.4	2.40	29/12/93
21	0.6	1.3	1.90	5/1/94
21	1.9	0.9	2.80	12/1/94
21	0.8	1.1	1.90	19/1/94
21	1.7	1.1	2.80	26/1/94
21	1.7	1.1	2.80	2/2/94
21	1.5	1.0	2.50	9/2/94
21	1.4	0.9	2.30	16/2/94
21	1.4	0.9	2.30	23/2/94
21	1.3	0.9	2.20	2/3/94
21	1.2	0.8	2.00	9/3/94
21	1.3	0.8	2.10	16/3/94
21	1.1	0.7	1.80	23/3/94
21	1.1	0.7	1.80	30/3/94
21	1.0	0.5	1.50	6/4/94
21	0.9	0.5	1.40	13/4/94
21	1.1	0.5	1.60	20/4/94
23	2.0	2.5	4.50	22/7/93
23	1.5	1.4	2.90	7/8/93
24	1.5	0.9	2.40	22/6/93

24	0.7	0.9	1.60	7/7/93

Annexe 4.4.1. *Mesures de poids vif des vaches du lot 1*

Date de pesée	animal1	animal2	animal3	animal4	animal5	animal6	animal7	animal8
9/02/93	282	337	295	291	234	350	388	401
26/02/93	300	346		311	243	366	392	405
15/03/93	290	326		300	233	348	383	380
30/03/93	283	325	298	297	236	344	380	368
25/04/93	228	313	281	285	240	320	356	340
15/05/93	226	308	283	265	222	310	353	339
31/05/93	234	274	281	249	212	296	344	327
16/06/93	250	295	273	263	228	288	329	330
30/06/93	258	294	264	271	200		350	361
15/07/93	265	287	287	273	213	294	375	374
30/07/93	273	290	290	280	217	300	352	380
15/08/93	272	294	300	290	212	302	370	376
5/09/93	270	304	324	293	227	308	386	370
15/09/93	275	305	282	293	227	311	393	373
30/09/93	273	308	285	302	225	316	391	370
15/10/93	278	324	294	305	241	320	402	375
30/10/93	270	305	288	291	220	311	386	368
15/11/93	248	296	282	281	220	293	392	370
4/12/93	238	295	278	273	225	285	388	360
15/12/93	235	290	283	273	222	279	386	364
31/12/93	239	279	287	268	220	272	378	358
15/01/94	249	287	280	276	219	281	373	363
31/01/94	249	277	280	273	221	277	351	362
15/02/94	251	280	286	280	217	280	375	358
22/02/94	242	275	271	275	208	288	349	351
18/03/94	239	274	270	275	220	271	361	334
30/03/94	232	285	263	266	198	277	359	344

15/04/94	227	283	278	270	204	264	357	350
30/04/94	226	284	275	265	215	258	351	348
15/05/94	222	281	282	265	213	256	331	349
25/05/94	226	289	284	272	219	256	346	347
16/06/94	225	283	276	265	225	243	330	348
30/06/94	235	295	283	280	220	258	367	352
15/07/94	228	307	300	289	230	266	376	356
30/07/94	241	316	319	285	241	273	386	367
15/08/94	244	331	323	297	242	285	391	370
8/09/94	253	330	326	278	249	285	397	387
19/09/94	247	330	275	273	241	281	400	379

Annexe 4.4.2. *Mesures du poids vif des vaches du lot 2*

Date de pesée	animal 9	animal 10	animal 11	animal 12	animal 13	animal 14	animal 15	animal 16
09/02/93	352	361	368	351	302	365	318	331
26/02/93	362	375	381	363	321	378	326	354
15/03/93	365	369	382	362	320	375	326	356
30/03/93	375	385	383	365	332	383	335	362
25/04/93	370	381	373	362	338	380	335	351
15/05/93	347	385	397	371	348	348	345	324
31/05/93	345	389	371	376	350	345	351	311
16/06/93	349	400	387	386	358	344	355	312
30/06/93	348	397	370	389	358	341	359	304
15/07/93	351	355	370	340	330	324	360	305
30/07/93	354	349	377	335	333	305	364	297
15/08/93	351	350	388	343	331	302	361	302
05/09/93	357	346	377	340	333	321	338	309
15/09/93	356	352	375	330	331	307	339	316
30/09/93	365	356	380	324	322	308	335	314
15/10/93	378	360	392	328	332	315	343	325

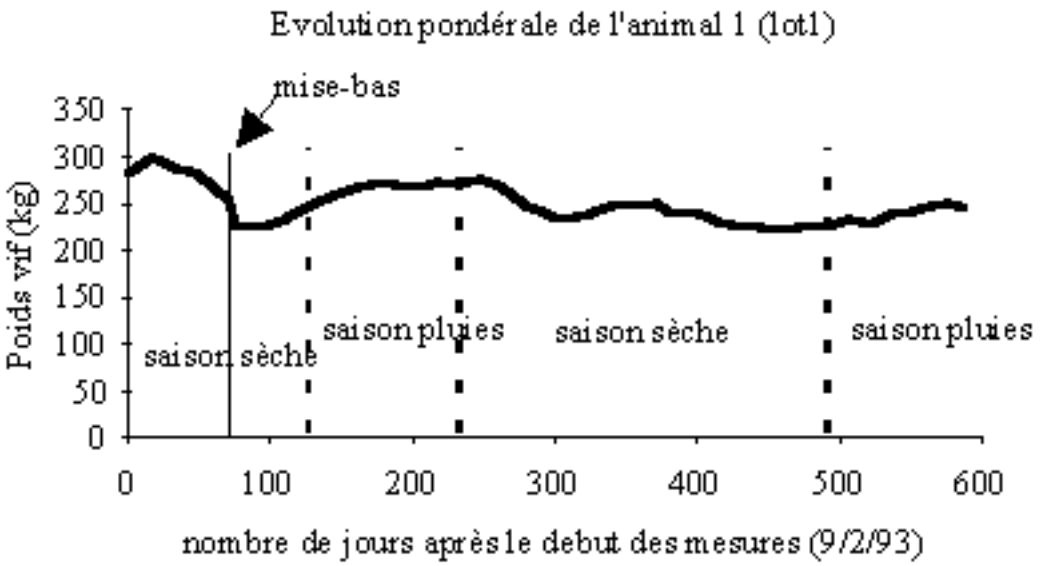
30/10/93	369	343	380	324	326	305	351	321
15/11/93	353	337	383	312	330	316	351	318
04/12/93	364	337	374	314	320	322	354	300
15/12/93	364	335	366	312	330	327	352	305
31/12/93	364	339	379	308	330	335	356	317
15/01/94	369	339	377	311	332	341	358	312
31/01/94	372	343	384	321	335	349	359	315
15/02/94	376	337	383	315	335	344	359	317
22/02/94	374	344	386	324	336	348	365	318
18/03/94	371	342	376	321	335	353	359	308
30/03/94	385	345	383	320	333	349	353	305
15/04/94	377	339	386	318	331	349	365	303
30/04/94	392	333	389	326	335	353	370	306
15/05/94	391	343	396	326	330	358	374	307
25/05/94	400	346	390	330	335	362	375	309
16/06/94	405	352	391	334	344	334	376	318
30/06/94	402	347	391	331	336	331	377	313
15/07/94	407	354	382	331	342	332	386	325
30/07/94	413	357	382	328	349	329	351	320
15/08/94	377	350	378	329	364	330	351	327
08/09/94	355	355	323	305	316	345	315	315
19/09/94	332	356	321	300	317	345	315	315

Annexe 4.4.3. *Mesures du poids vif des vaches du lot 3*

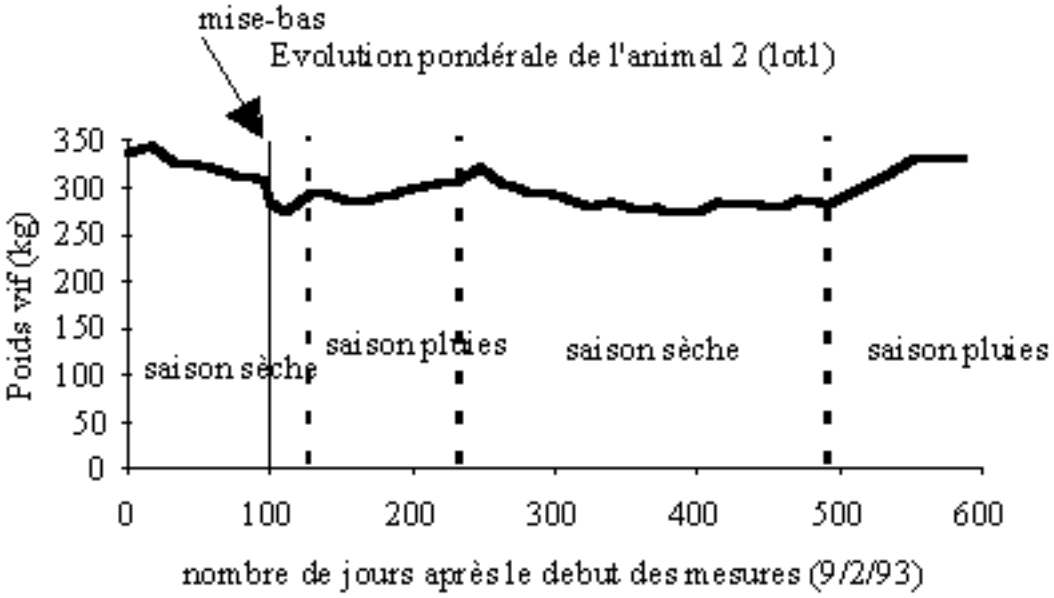
Date de pesée	animal17	animal18	animal19	animal20	animal21	animal22	animal23	animal24
09/02/93	400	310	409	369	345	371	288	350
26/02/93	405	307	425	379	358	385	300	357
15/03/93	410	309	400	381	350	380	310	356
30/03/93	424	325	392	396	367	388	328	370
25/04/93	383	335	382	400	384	401	343	370
15/05/93	396	344	377	369	387	415	365	385

31/05/93	402	323	370	366	385	412	377	393
16/06/93	406	337	387	376	348	420	395	357
30/06/93	402	325	376	379	325	370	394	357
15/07/93	387	332	370	383	323	365	350	356
30/07/93	380	322	373	386	328	363	340	354
15/08/93	376	335	379	390	314	363	340	357
05/09/93	364	335	381	390	322	359	332	361
15/09/93	381	341	386	400	320	364	334	362
30/09/93	371	345	385	400	316	357	333	366
15/10/93	379	354	400	406	320	364	342	372
30/10/93	386	356	393	400	300	356	340	360
15/11/93	375	347	383	404	295	361	340	365
04/12/93	384	339	389	398	305	338	344	363
15/12/93	381	351	391	404	300	319	358	367
31/12/93	386	353	390	410	311		366	373
15/01/94	387	353	395	400	300		360	368
31/01/94	397	360	398	405	309		373	378
15/02/94	400	353	391	402	320		377	380
22/02/94	410	362	400	401	315		373	373
18/03/94	414	351	397	412	314		376	380
30/03/94	413	365	407	410	315		381	382
15/04/94	423	361	407	409	316		378	379
30/04/94	428	365	418	409	318		385	384
15/05/94	429	361	420	417	325		389	390
25/05/94	435	377	395	414	322		389	388
16/06/94	437	352	391	412	332		394	387
30/06/94	439	343	381	411	337		400	391
15/07/94	438	337	379	397	346		404	384
30/07/94	432	340	381	393	350		382	378
15/08/94	415	323	347	384	344			375
08/09/94	369	303	350	389	303			366
19/09/94	369	302	349	386	288			364

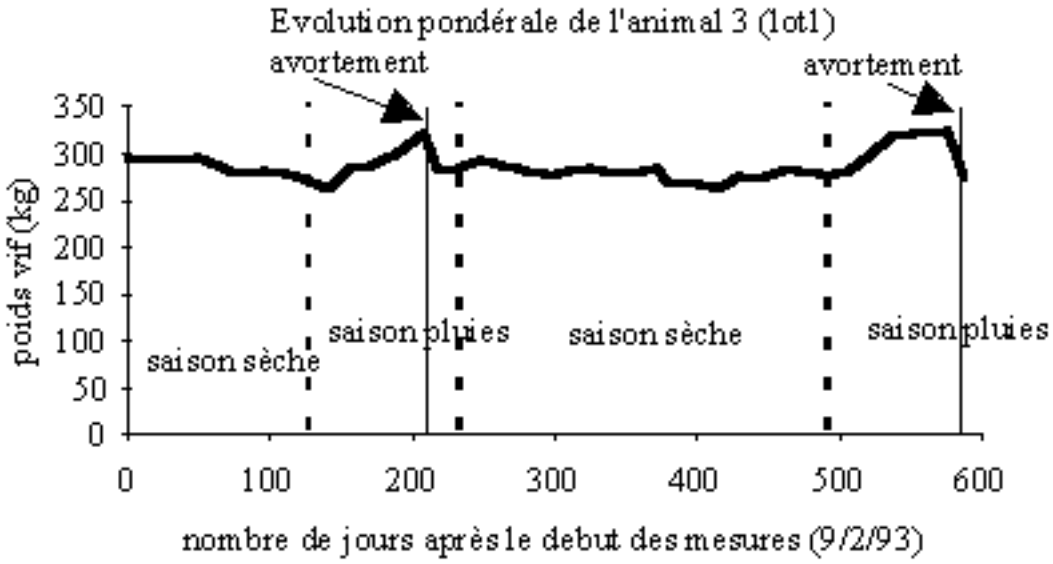
Annexe 4.4.4. *Evolution du poids vif des vaches du lot 1.*



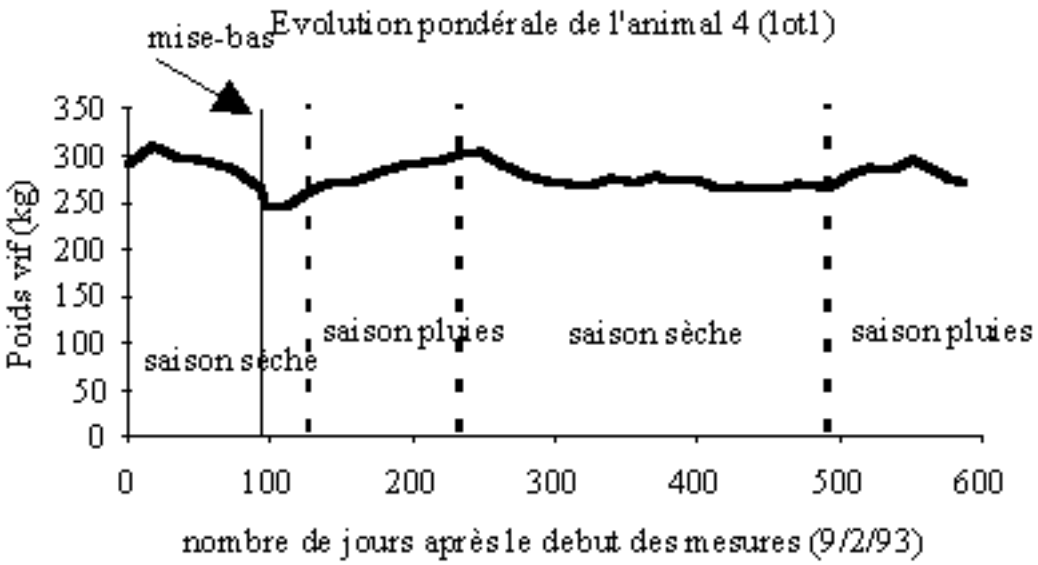
Vache nº1



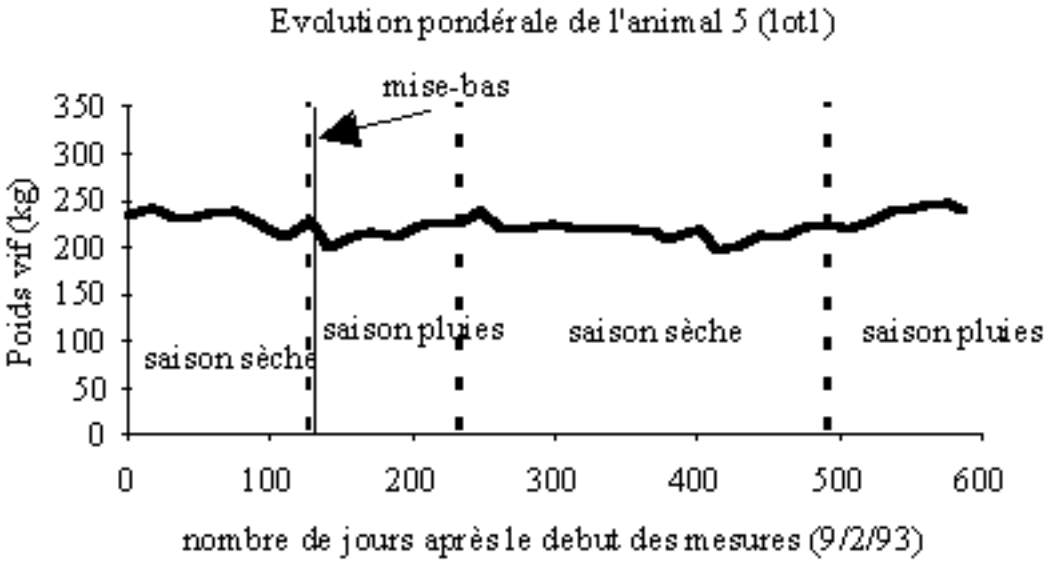
Vache nº2



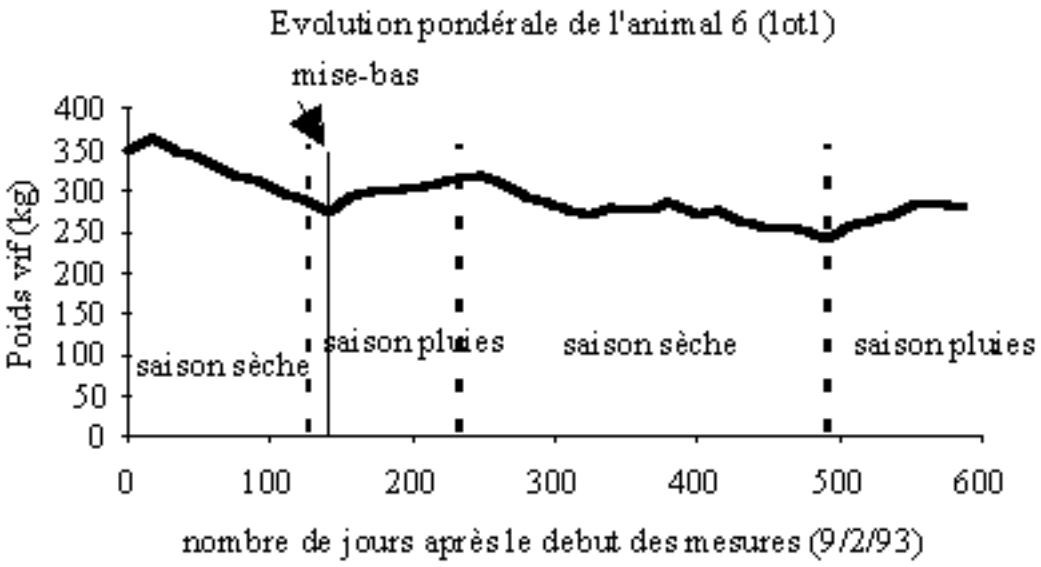
Vache nº3



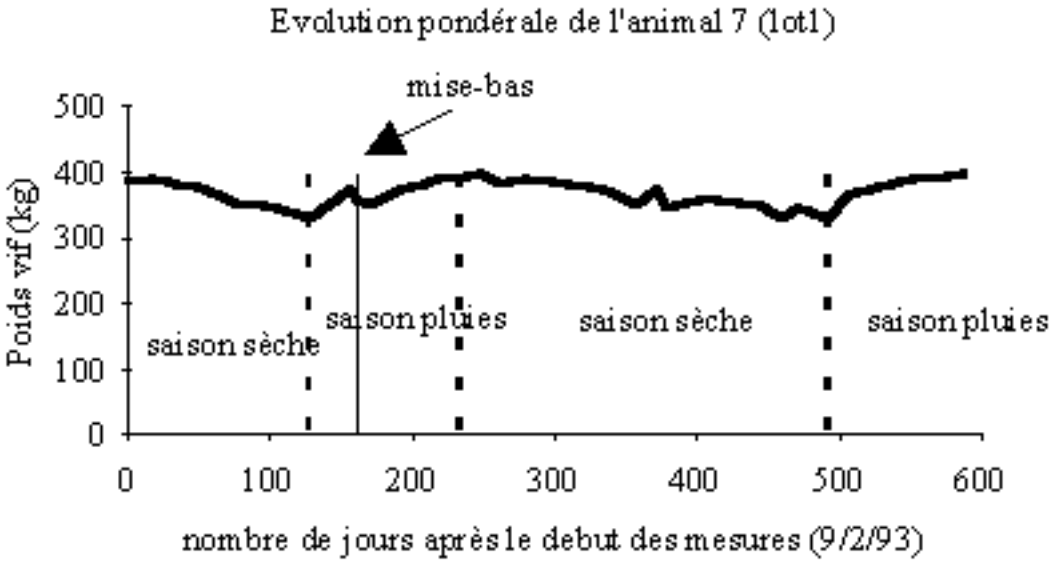
Vache nº4



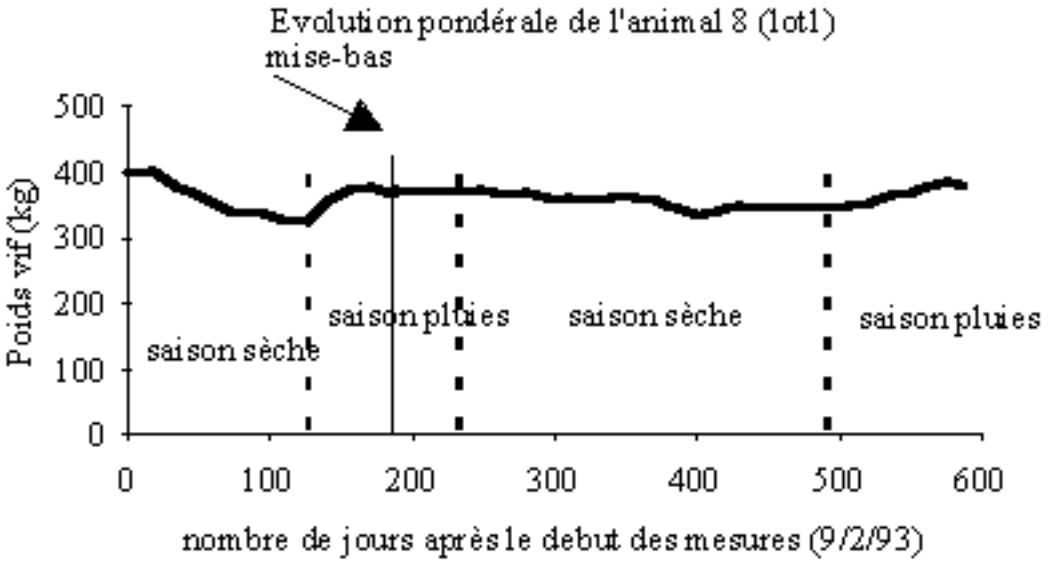
Vache nº5



Vache nº6

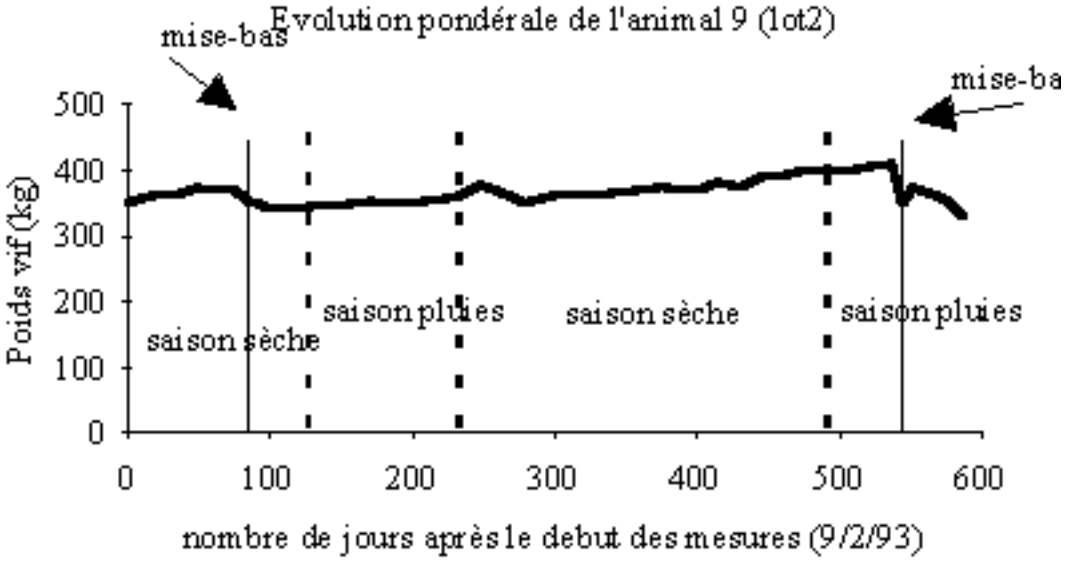


Vache nº7

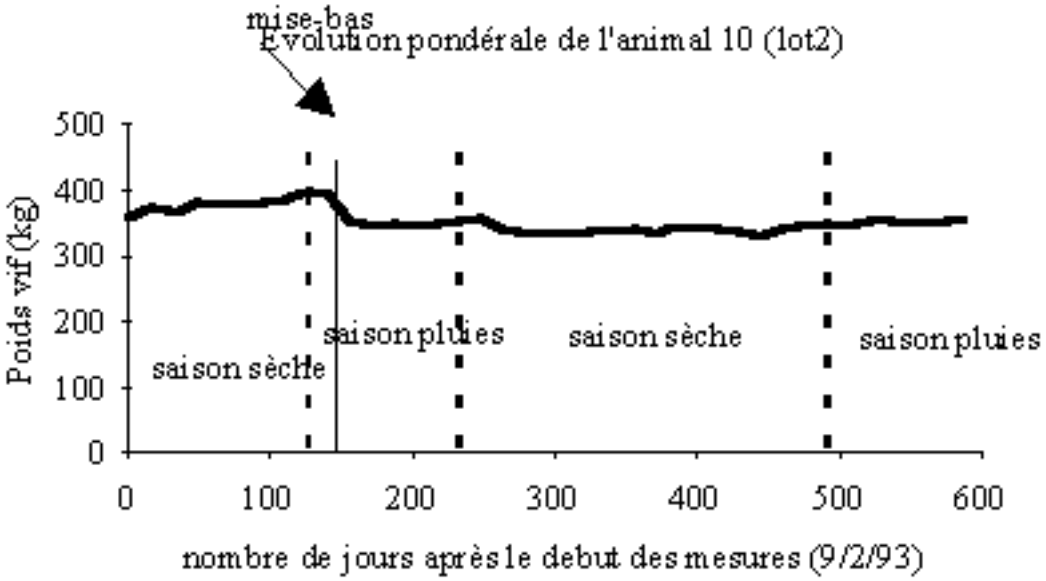


Vache nº8

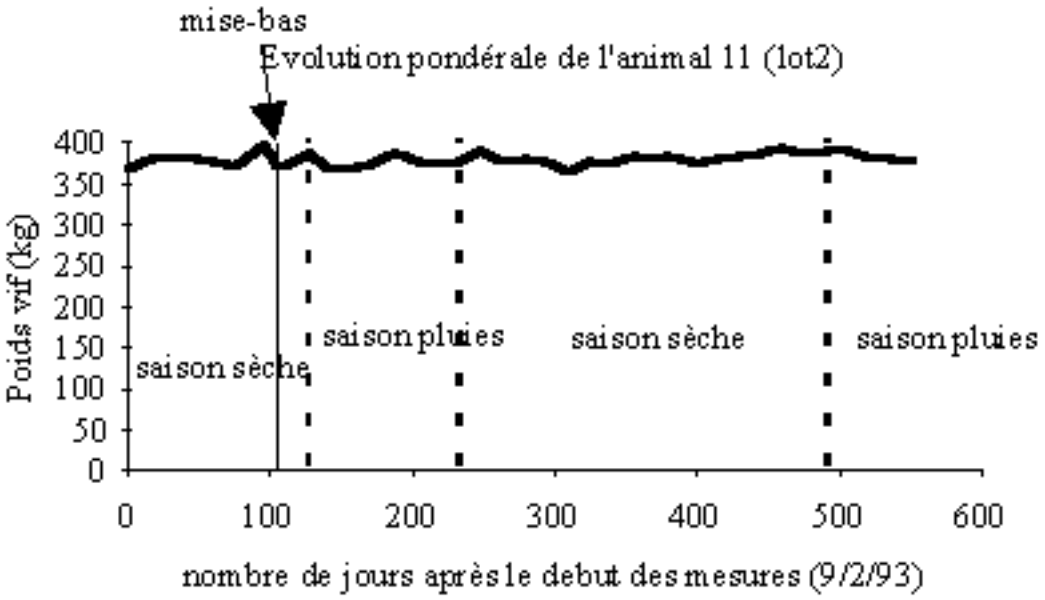
Annexe 4.4.5 : *Evolution du poids vif des vaches du lot 2.*



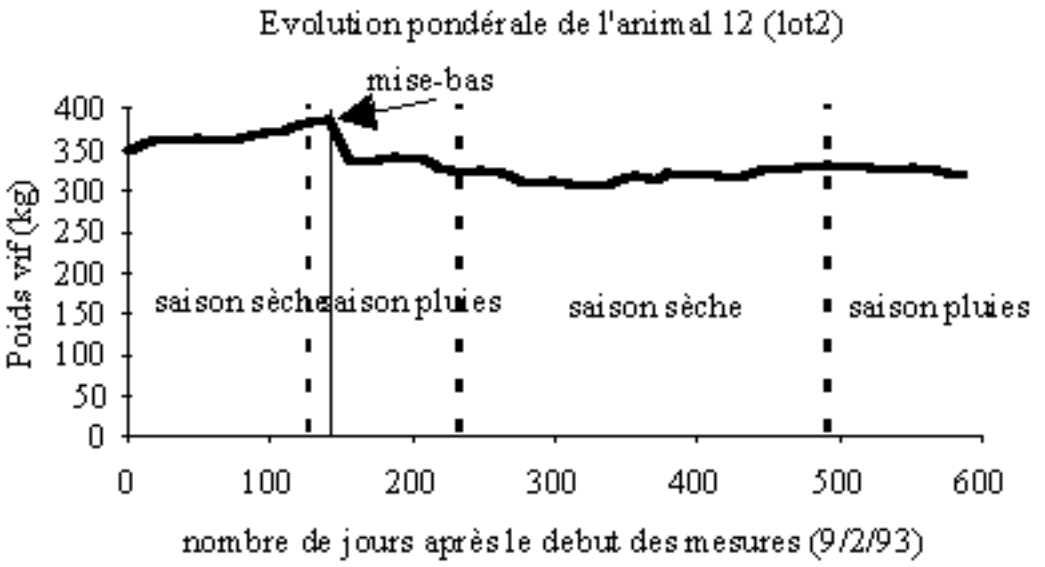
Vache nº9



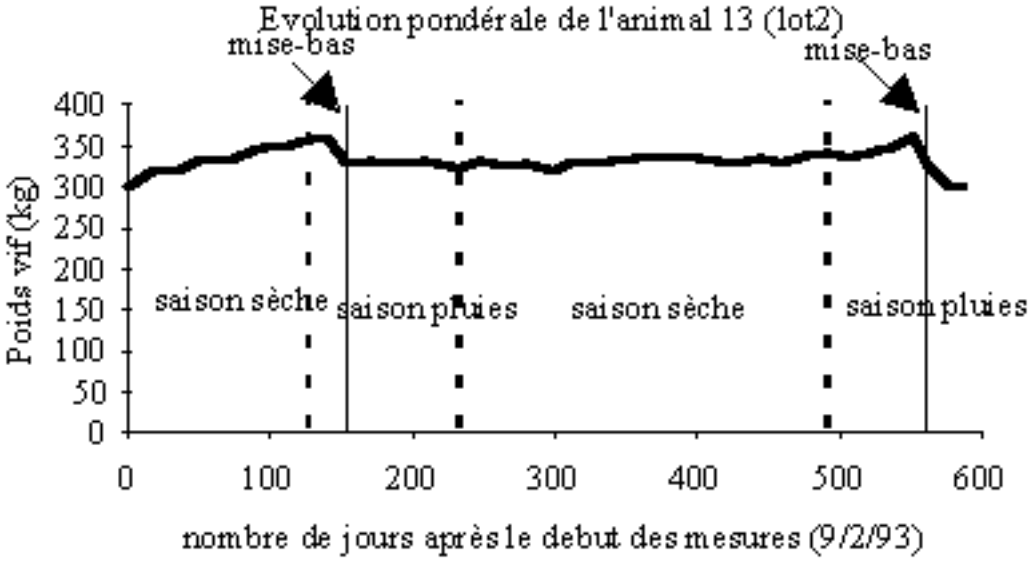
Vache nº10



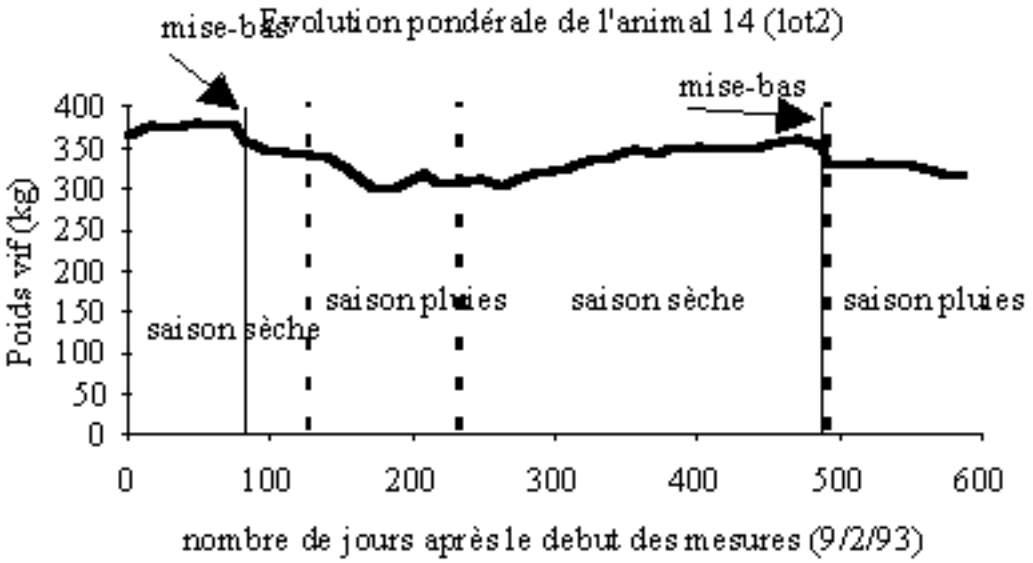
Vache nº11



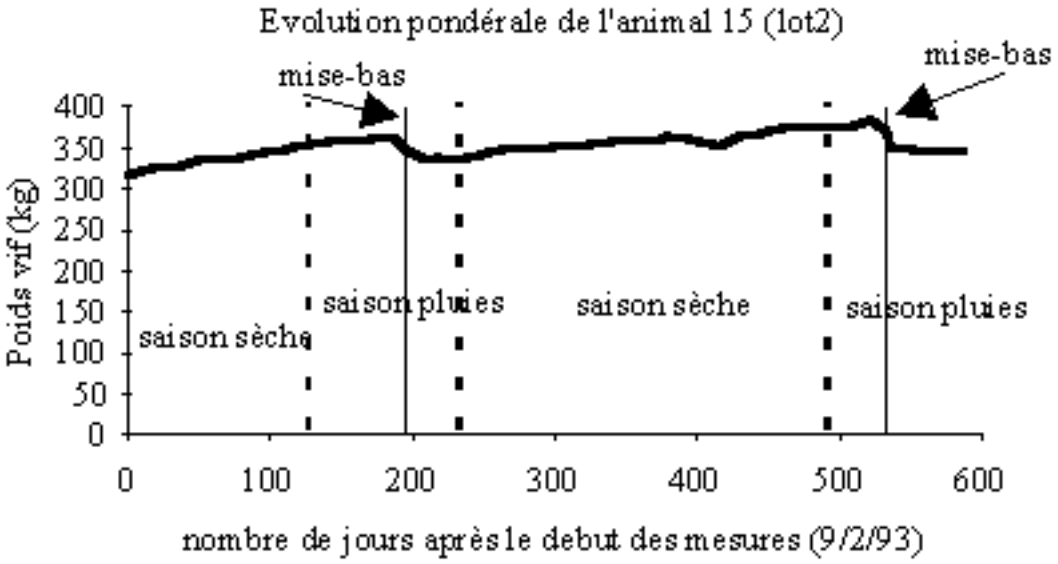
Vache nº12



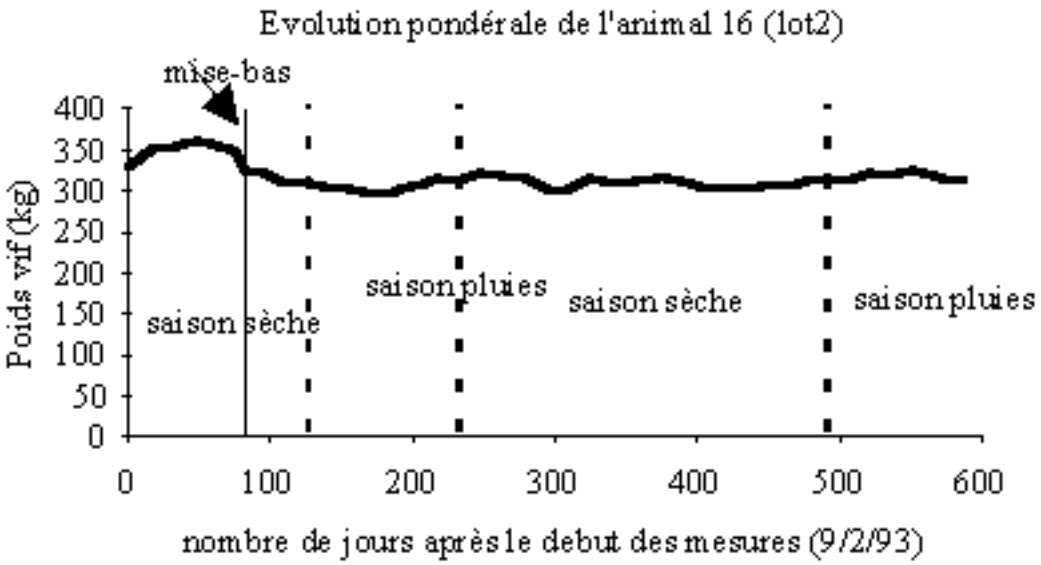
Vache nº13



Vache nº14

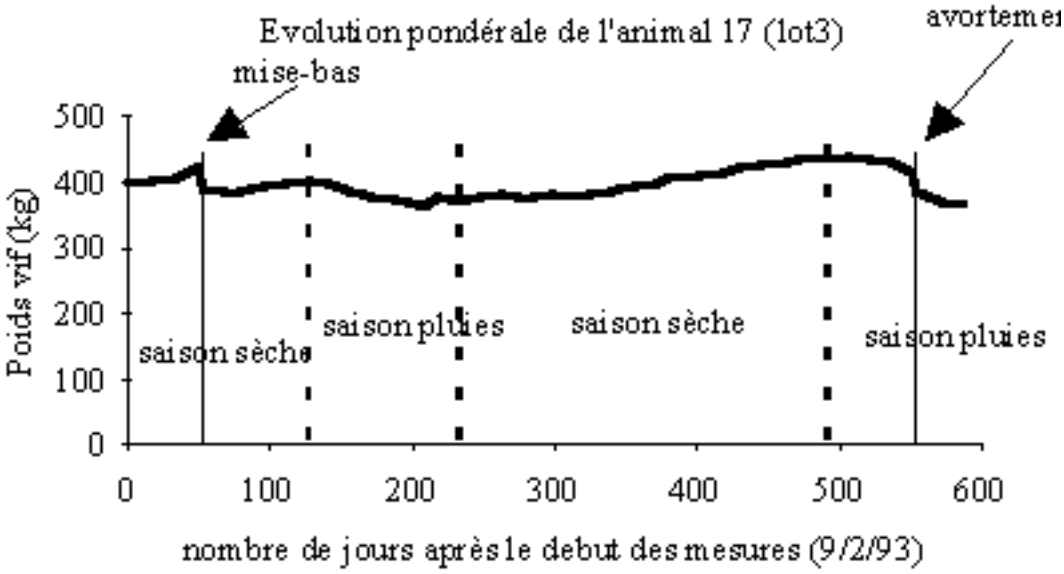


Vache nº15

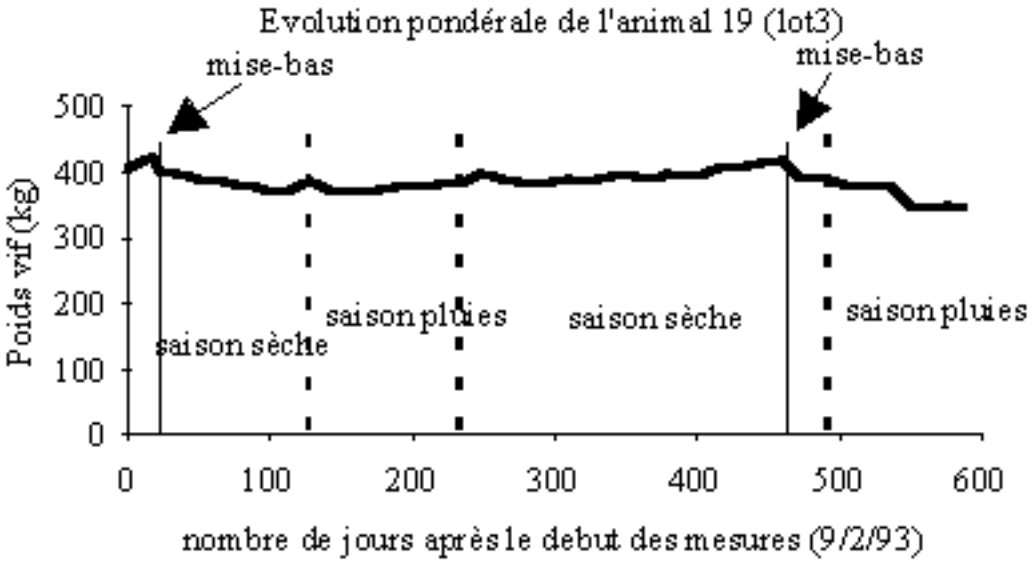


Vache nº16

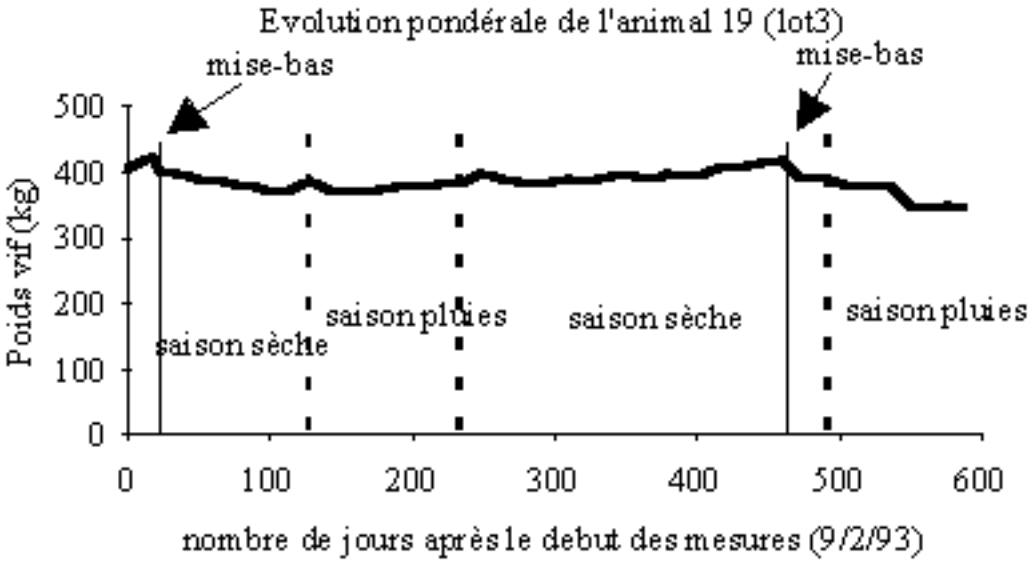
Annexe 4.4.6. *Evolution du poids vif des vaches du lot 3.*



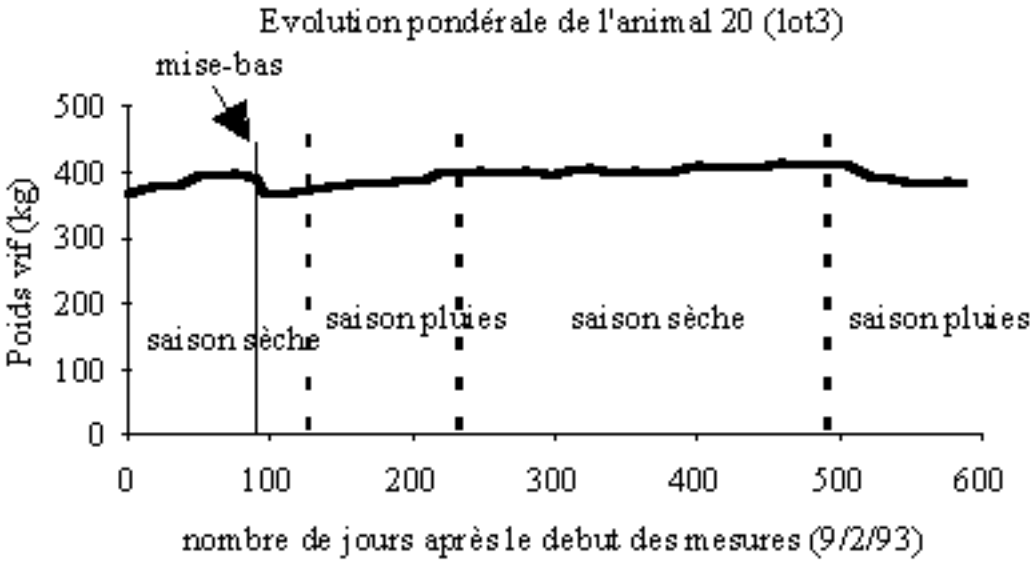
Vache nº17



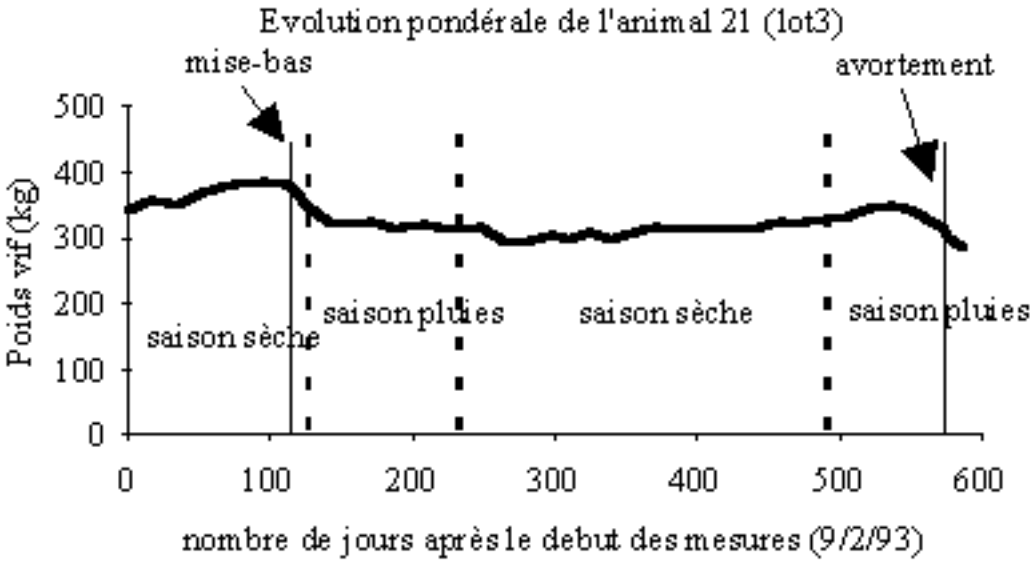
Vache nº18



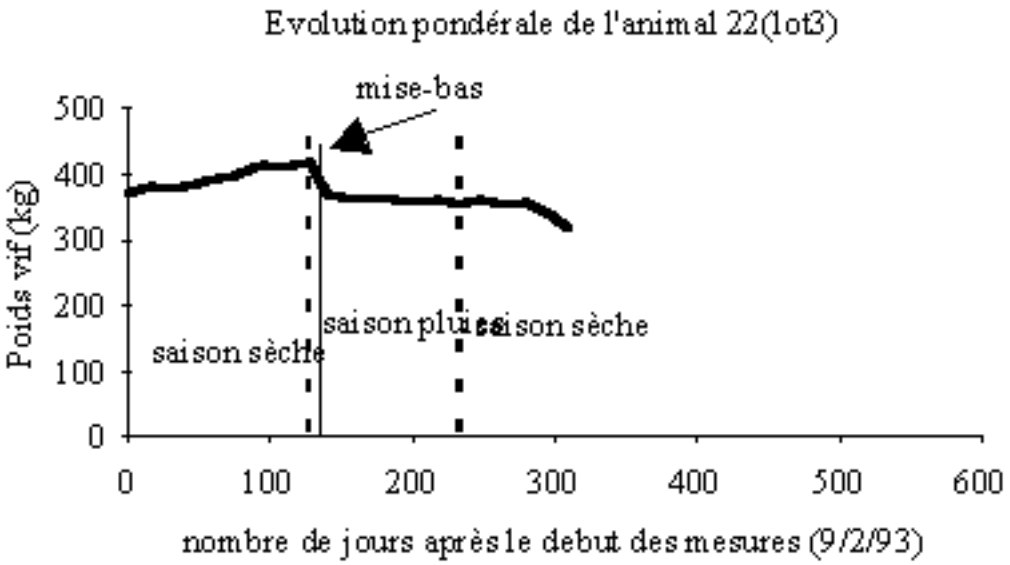
Vache nº19



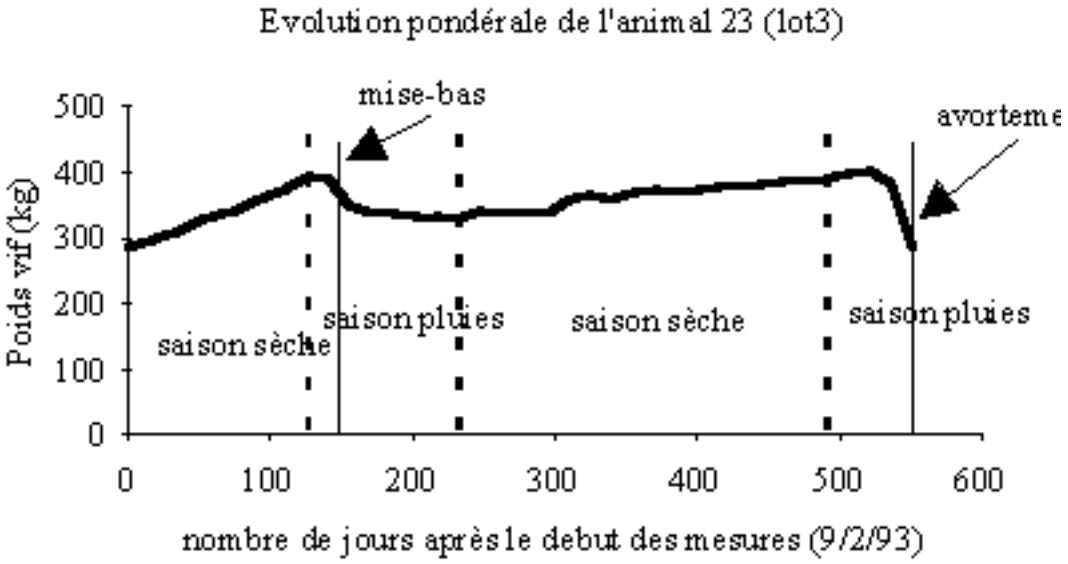
Vache nº20



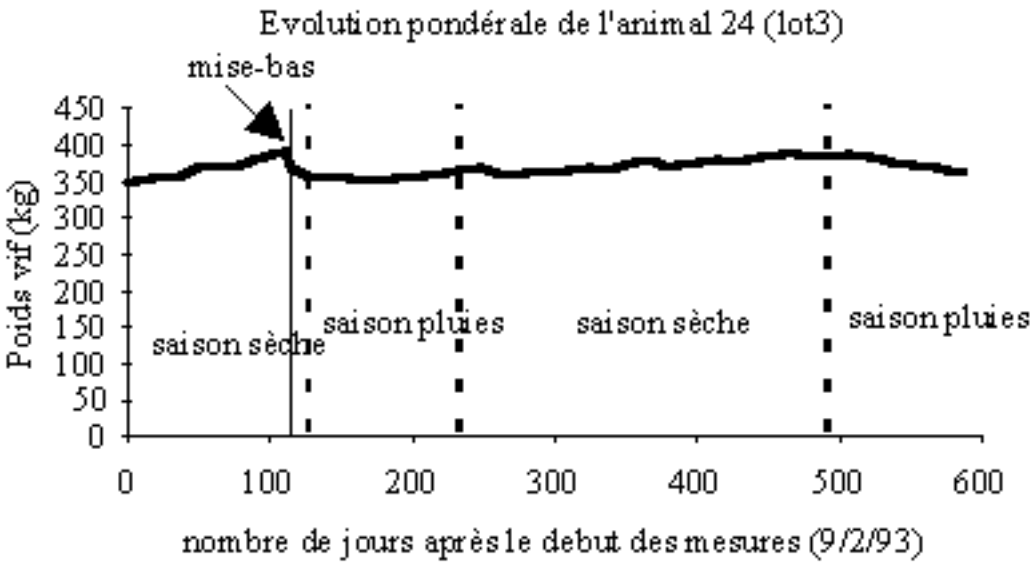
Vache nº21



Vache nº22

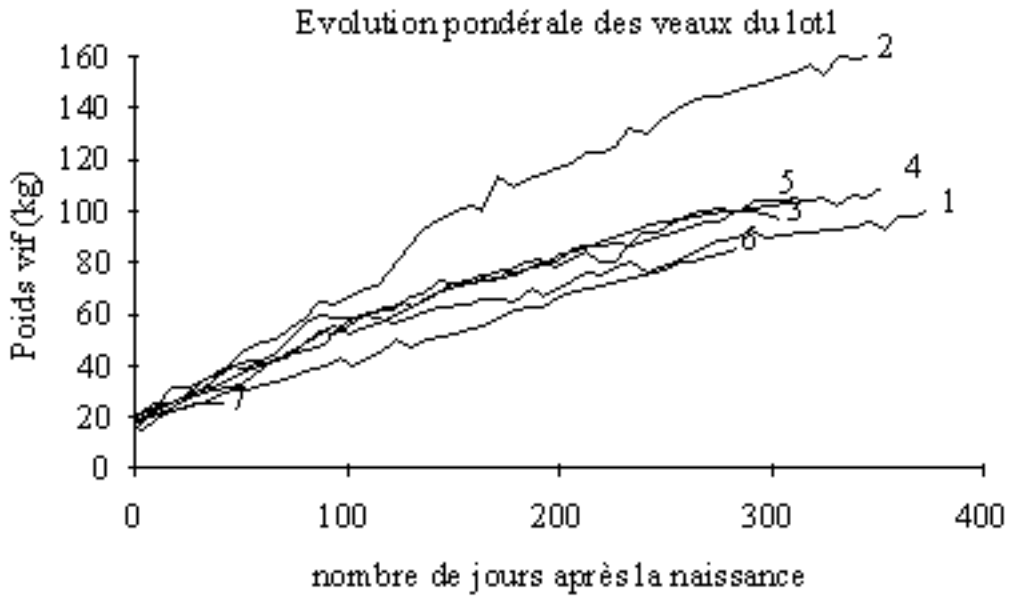


Vache nº23

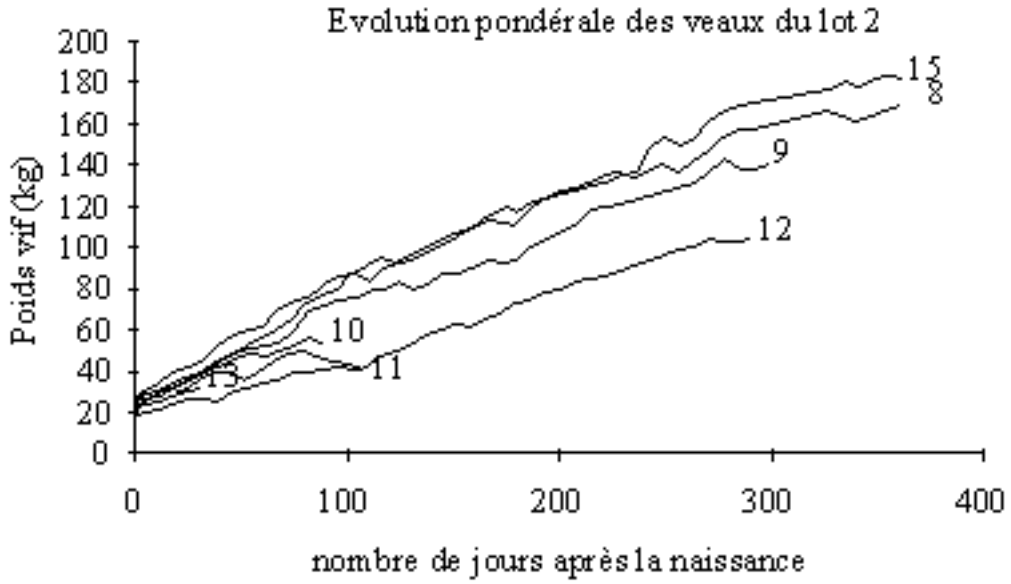


Vache nº24

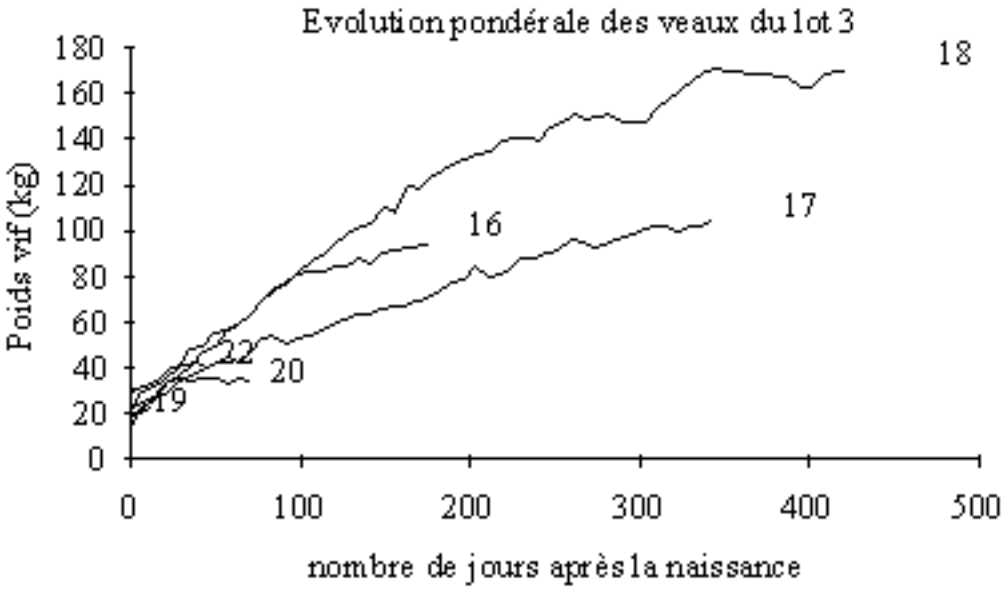
Annexe 4.5.2 *Evolution du poids vif des veaux.*



Veaux du lot 1



Veaux du lot 2



Veaux du lot 3

***Annexe 5.1**. Rapport MOID - Production animale (Etat physiologique de non gestation et de non lactation)*

lot	animal	période	durée	MOID	gain	lait
1	1	16	33	29	7	0
1	1	17+18	29	27	1	0
1	1	19+20	31	27	-6	0
1	1	21+22	43	27	-5	0
1	1	23+24+25	46	27	0	0
1	1	26+27	30	42	2	0
1	1	28+29	31	41	9	0
1	1	30	35	42	1	0
1	2	21+22	43	27	3	0
1	2	23+24+25	46	27	0	0
1	2	26+27	30	41	11	0
1	2	28+29	31	41	10	0
1	2	30	35	42	0	0
1	3	12+13	31	35	-6	0
1	3	14+15	30	38	0	0
1	4	14+15	30	38	-4	0

1	4	16	33	27	1	0
1	4	17+18	29	27	2	0
1	4	19+20	31	27	-2	0
1	5	14+15	30	38	1	0
1	5	16	33	27	-2	0
1	5	17+18	29	27	-1	0
1	5	19+20	31	27	2	0
1	5	21+22	43	27	-2	0
1	5	23+24+25	46	27	4	0
1	5	26+27	30	40	3	0
1	5	28+29	31	41	6	0
1	5	30	35	42	0	0
1	6	16	33	27	1	0
1	6	17+18	29	27	-1	0
1	6	19+20	31	27	-4	0
1	6	21+22	43	27	-5	0
1	6	23+24+25	46	27	-5	0
1	6	26+27	30	42	12	0
1	6	28+29	31	41	9	0
1	7	23+24+25	46	27	-6	0
1	7	26+27	30	41	19	0
1	7	28+29	31	41	6	0
1	7	30	35	42	3	0
2	11	10+11	30	54	7	0
2	11	12+13	31	46	-3	0
lot	animal	période	durée	MOID	gain	lait
2	11	14+15	30	40	-7	0
2	11	16	33	30	4	0
2	11	17+18	29	30	2	0
2	11	19+20	31	30	-3	0
2	14	6+7	31	53	-10	0
2	14	8+9	31	54	2	0

2	15	30	35	37	-2	0
3	17	10+11	30	57	-1	0
3	17	12+13	31	59	-2	0
3	17	14+15	30	43	2	0
3	20	4+5	30	71	3	0
3	20	6+7	31	70	3	0
3	20	8+9	31	66	4	0
3	20	10+11	30	56	2	0
3	20	12+13	31	59	-1	0
3	20	14+15	30	43	0	0
3	20	16	33	32	-1	0
3	20	17+18	29	32	1	0
3	22	6+7	31	54	-1	0
3	22	8+9	31	53	0	0
3	22	10+11	30	51	0	0
3	22	12+13	31	54	-1	0
3	22	14+15	30	40	-18	0
3	24	6+7	31	59	0	0
3	24	8+9	31	56	2	0
3	24	10+11	30	56	4	0
3	24	12+13	31	57	-3	0
3	24	14+15	30	43	1	0
3	24	16	33	33	0	0
3	24	17+18	29	33	5	0

NB : - MOID = matière organique digestible ingérée mesurée (g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
- gain = gain de poids vif moyen quotidien (g $kg^{-0,75}$)
- lait = quantité de lait produit (g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
- période = groupement des périodes de mesure successives de 1 à 30
- durée = durée totale du groupement de période

Annexe 5.2. *Rapport MOID - Production animale (Etat physiologique de gestation)*

lot	animal	période	durée	MOID	gain	lait
1	1	1	40	20	-3	0
1	2	1	40	20	-5	0
1	2	2	28	20	-6	0
1	3	1	40	20	1	0
1	3	2	28	20	-9	0
1	3	3	49	36	-2	0
1	3	4+5	30	70	7	0
1	3	6+7	31	70	6	0
1	3	16	33	27	-1	0
1	3	17+18	29	27	3	0
1	3	19+20	31	27	-8	0
1	3	21+22	43	27	2	0
1	3	23+24+25	46	27	0	0
1	3	26+27	30	41	11	0
1	3	28+29	31	41	10	0
1	4	1	40	20	-2	0
1	4	2	28	20	-6	0
1	4	23+24+25	46	27	0	0
1	4	26+27	30	40	12	0
1	4	28+29	31	42	4	0
1	4	30	35	42	-10	0
1	5	1	40	20	-1	0
1	5	2	28	20	2	0
1	5	3	49	38	-4	0
1	6	1	40	20	-4	0
1	6	2	28	20	-11	0
1	6	3	49	35	-9	0
1	6	30	35	42	-2	0
1	7	1	40	20	-3	0
1	7	2	28	20	-10	0

1	7	3	49	35	-7	0
1	7	4+5	30	70	19	0
1	8	1	40	20	-10	0
1	8	2	28	20	-12	0
1	8	3	49	35	-3	0
1	8	4+5	30	66	18	0
1	8	14+15	30	38	-2	0
1	8	16	33	27	0	0
1	8	17+18	29	27	-2	0
1	8	19+20	31	27	-10	0
1	8	21+22	43	27	4	0
1	8	23+24+25	46	27	0	0
lot	animal	période	durée	MOID	gain	lait
1	8	26+27	30	36	3	0
1	8	28+29	31	41	5	0
1	8	30	35	41	3	0
2	9	1	40	36	5	0
2	9	2	28	40	-2	0
2	9	21+22	43	41	6	0
2	9	23+24+25	46	40	3	0
2	9	26+27	30	42	1	0
2	10	1	40	36	5	0
2	10	2	28	40	-2	0
2	10	3	49	45	4	0
2	10	23+24+25	46	40	5	0
2	10	26+27	30	42	1	0
2	11	1	40	36	2	0
2	11	2	28	40	-4	0
2	11	23+24+25	46	40	0	0
2	11	26+27	30	38	-3	0
2	11	28+29	31	29	-1	0
2	12	1	40	36	2	0

2	12	2	28	40	-1	0
2	12	3	49	45	6	0
2	12	23+24+25	46	40	2	0
2	12	26+27	30	36	-1	0
2	13	1	40	36	7	0
2	13	2	28	40	3	0
2	13	3	49	45	5	0
2	13	23+24+25	46	40	2	0
2	13	26+27	30	42	-1	0
2	13	28+29	31	34	9	0
2	14	1	40	36	3	0
2	14	2	28	40	-1	0
2	14	10+11	30	57	4	0
2	14	12+13	31	46	0	0
2	14	14+15	30	40	5	0
2	14	16	33	30	5	0
2	14	17+18	29	30	1	0
2	14	19+20	31	30	4	0
2	14	21+22	43	41	0	0
2	15	1	40	36	4	0
2	15	2	28	40	0	0
2	15	3	49	45	5	0
2	15	4+5	30	70	2	0
2	15	6+7	31	59	0	0
2	15	17+18	29	30	0	0
lot	animal	période	durée	MOID	gain	lait
2	15	19+20	31	30	0	0
2	15	21+22	43	41	3	0
2	15	23+24+25	46	40	2	0
2	15	26+27	30	41	4	0
2	16	1	40	36	6	0
2	16	2	28	40	-5	0

2	16	21+22	43	41	-1	0
2	16	23+24+25	46	40	4	0
2	16	26+27	30	42	3	0
2	16	28+29	31	42	1	0
2	16	30	35	42	-5	0
3	17	1	40	45	6	0
3	17	16	33	33	2	0
3	17	17+18	29	33	5	0
3	17	19+20	31	33	5	0
3	17	21+22	43	36	4	0
3	17	23+24+25	46	37	2	0
3	17	26+27	30	37	0	0
3	17	28+29	31	22	-8	0
3	17	30	35	28	-15	0
3	18	1	40	44	6	0
3	18	2	28	45	5	0
3	18	14+15	30	43	2	0
3	18	16	33	33	1	0
3	18	17+18	29	33	0	0
3	18	19+20	31	33	-1	0
3	18	21+22	43	37	4	0
3	19	16	33	32	1	0
3	19	17+18	29	31	-2	0
3	19	19+20	31	33	2	0
3	19	21+22	43	39	5	0
3	20	1	40	43	-6	0
3	20	2	28	45	2	0
3	20	19+20	31	32	4	0
3	20	21+22	43	37	-1	0
3	20	23+24+25	46	37	1	0
3	20	26+27	30	25	-6	0
3	20	28+29	31	30	-5	0

3	20	30	35	36	1	0
3	21	1	40	44	5	0
3	21	2	28	45	7	0
3	21	23+24+25	46	37	4	0
3	21	26+27	30	40	6	0
3	21	28+29	31	29	-1	0
lot	animal	période	durée	MOID	gain	lait
3	22	1	40	44	3	0
3	22	2	28	45	5	0
3	22	3	49	58	4	0
3	24	1	40	44	5	0
3	24	2	28	45	0	0
3	24	21+22	43	36	1	0
3	24	23+24+25	46	37	1	0
3	24	26+27	30	32	-1	0
3	24	28+29	31	27	-3	0
3	24	30	35	29	-4	0

NB : - MOID = matière organique digestible ingérée mesurée (g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
- gain = gain de poids vif moyen quotidien (g $kg^{-0,75}$)
- lait = quantité de lait produit (g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
- période = groupement des périodes de mesure successives de 1 à 30
- durée = durée totale du groupement de période

Annexe 5.3. Rapport MOID - Production animale (Etat physiologique de lactation)

lot	animal	période	durée(jour)	MOID	gain	lait
1	1	3	49	39	7	38
1	1	4+5	30	71	8	62
1	1	6+7	31	70	3	66
1	1	8+9	31	72	1	46
1	1	10+11	30	55	1	28
1	1	12+13	31	35	-15	15

1	1	14+15	30	39	-7	20
1	2	4+5	30	72	-4	55
1	2	6+7	31	70	3	48
1	2	8+9	31	71	5	36
1	2	10+11	30	55	8	22
1	2	12+13	31	35	-12	15
1	2	14+15	30	38	-3	15
1	2	16	33	27	-1	14
1	2	17+18	29	27	-3	14
1	2	19+20	31	27	-3	7
1	3	10+11	30	55	6	39
1	4	4+5	30	71	5	41
1	4	6+7	31	70	8	32
1	4	8+9	31	71	1	23
1	4	10+11	30	55	6	17
1	4	12+13	31	35	-11	11
1	5	6+7	31	70	-1	61
1	5	8+9	31	71	8	47
1	5	10+11	30	55	8	35
1	6	6+7	31	70	4	48
1	6	8+9	31	70	4	62
1	6	10+11	30	55	4	16
1	6	12+13	31	35	-12	14
1	7	8+9	31	71	9	29
1	7	10+11	30	55	3	24
1	7	12+13	31	35	-4	13
1	7	14+15	30	38	-2	11
1	7	16	33	27	-5	10
1	7	17+18	29	27	1	9
1	7	19+20	31	27	-5	9
1	7	21+22	43	27	-3	9
1	8	8+9	31	70	-1	51

2	9	4+5	30	72	1	66
2	9	6+7	31	70	0	58
2	9	8+9	31	71	2	52
2	9	10+11	30	57	9	39
2	9	12+13	31	46	-10	31
2	9	14+15	30	40	4	27
2	9	16	33	30	2	30
lot	animal	période	durée(jour)	MOID	gain	lait
2	9	17+18	29	30	3	28
2	9	19+20	31	30	-2	11
2	9	30	35	41	-16	43
2	10	6+7	31	69	-2	72
2	10	8+9	31	71	1	47
2	10	10+11	30	58	3	33
2	10	12+13	31	46	-9	19
2	10	14+15	30	40	-1	21
2	10	16	33	30	2	23
2	10	17+18	29	30	-1	19
2	10	19+20	31	30	2	20
2	10	21+22	43	41	-3	18
2	11	4+5	30	72	-7	42
2	11	6+7	31	70	7	36
2	11	8+9	31	70	-5	24
2	12	6+7	31	70	1	97
2	12	8+9	31	72	-5	74
2	12	10+11	30	54	-1	56
2	12	12+13	31	46	-7	30
2	12	14+15	30	40	0	10
2	12	16	33	30	0	24
2	12	17+18	29	30	2	20
2	12	19+20	31	30	3	21
2	12	21+22	43	41	2	18

2	12	30	35	23	-3	46
2	13	6+7	31	69	0	39
2	13	8+9	31	71	0	40
2	13	10+11	30	58	0	35
2	13	12+13	31	46	-1	20
2	13	14+15	30	40	0	18
2	13	16	33	30	1	15
2	13	17+18	29	30	1	12
2	13	19+20	31	30	0	11
2	13	21+22	43	41	0	9
2	14	26+27	30	42	-1	28
2	14	28+29	31	38	-1	23
2	14	30	35	41	-5	9
2	15	10+11	30	52	2	23
2	15	12+13	31	45	3	17
2	15	14+15	30	40	0	12
2	15	16	33	30	2	4
2	16	4+5	30	73	-3	102
2	16	6+7	31	70	-1	95
2	16	8+9	31	66	6	101
2	16	10+11	30	58	4	54
2	16	12+13	31	46	-3	41
2	16	14+15	30	40	-6	33
lot	animal	période	durée(jour)	MOID	gain	lait
2	16	16	33	30	3	34
2	16	17+18	29	30	2	29
2	16	19+20	31	30	-4	17
3	17	3	49	71	5	39
3	17	4+5	30	70	-7	26
3	17	6+7	31	58	-4	21
3	17	8+9	31	58	2	12
3	18	4+5	30	72	-2	45

3	18	6+7	31	69	1	29
3	18	8+9	31	71	2	16
3	18	10+11	30	61	5	11
3	18	12+13	31	59	-3	7
3	18	26+27	30	37	-6	55
3	18	28+29	31	35	-6	34
3	18	30	35	30	-8	15
3	19	2	28	45	-4	60
3	19	3	49	68	1	58
3	19	4+5	30	69	-7	50
3	19	6+7	31	70	3	46
3	19	8+9	31	71	3	35
3	19	10+11	30	61	5	27
3	19	12+13	31	59	-6	20
3	19	14+15	30	43	3	20
3	19	26+27	30	41	-5	54
3	19	28+29	31	31	-12	38
3	19	30	35	31	1	21
3	21	4+5	30	68	-11	85
3	21	6+7	31	61	-4	65
3	21	8+9	31	64	3	61
3	21	10+11	30	56	0	48
3	21	12+13	31	52	-11	34
3	21	14+15	30	42	2	33
3	21	16	33	33	0	32
3	21	17+18	29	33	9	34
3	21	19+20	31	33	-3	29
3	21	21+22	43	36	1	19
3	24	4+5	30	68	0	19

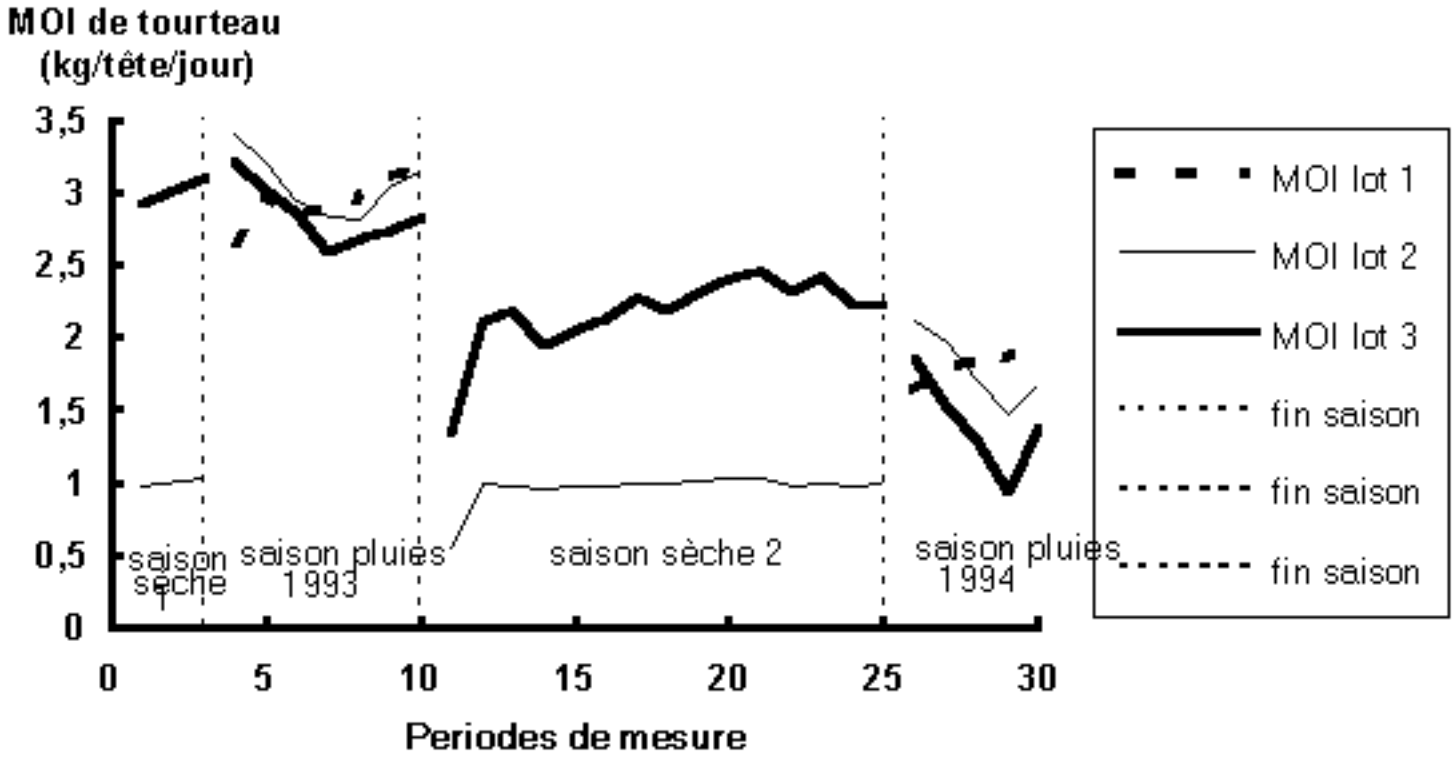
NB : - MOID = matière organique digestible ingérée mesurée (g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
- gain = gain de poids vif moyen quotidien (g $kg^{-0,75}$)

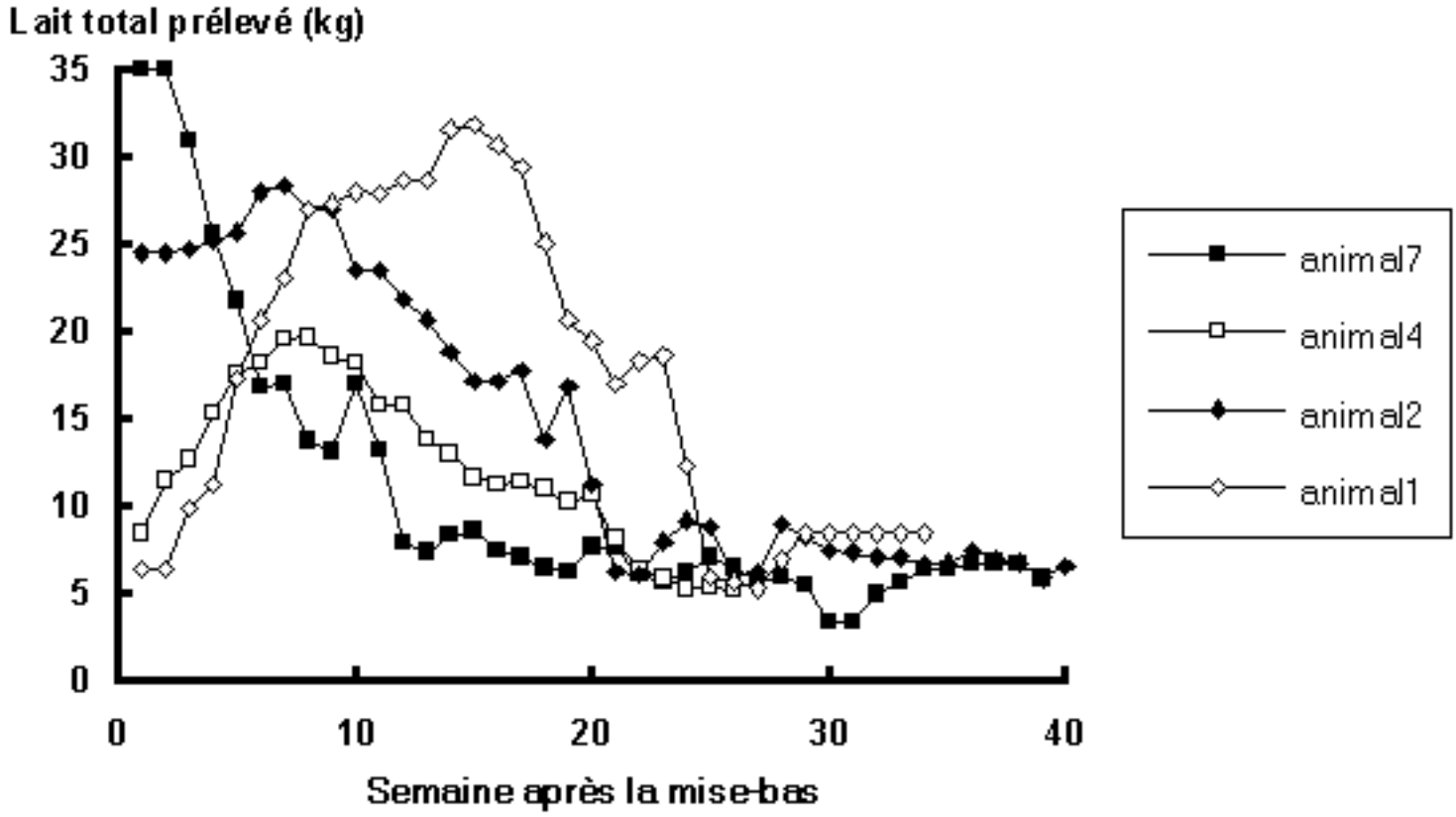
- lait = quantité de lait produit (g $kg^{-0,75}$ j^{-1})
- période = groupement des périodes de mesure successives de 1 à 30
- durée = durée totale du groupement de période

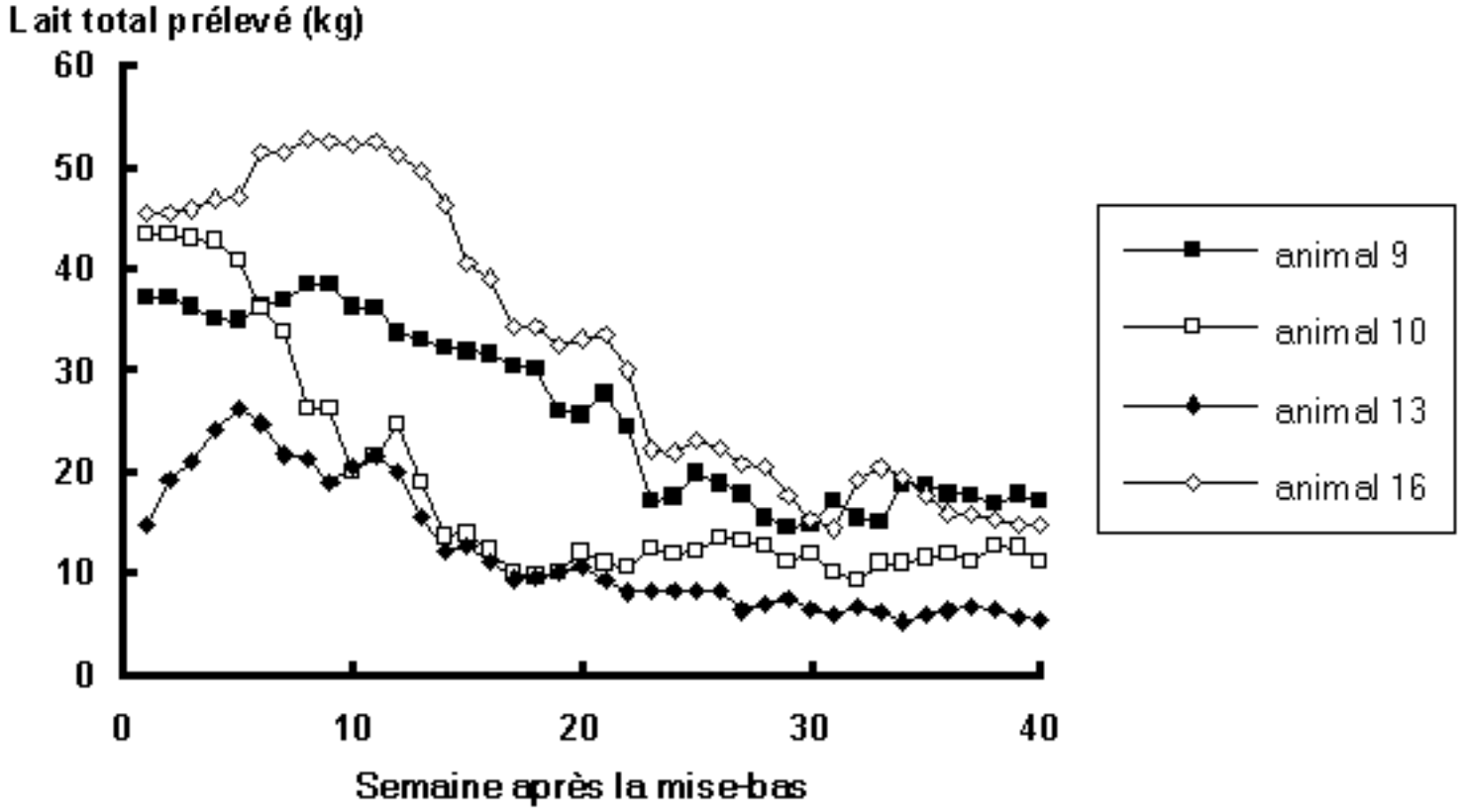
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES

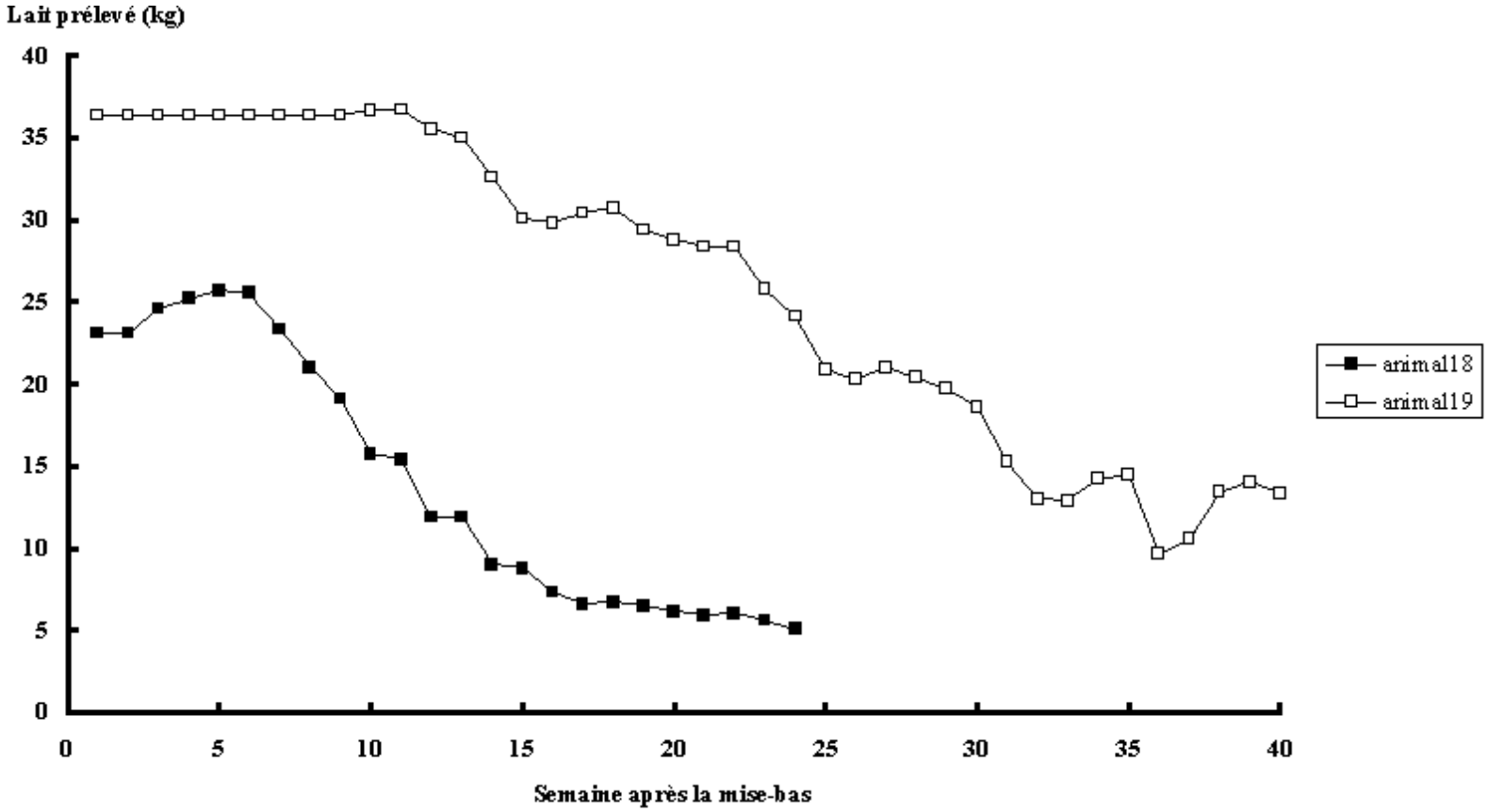
DMO = digestibilité de la matière organique
MAD = matière azotée digestible
MBI = matière brute ingérée
MO = matière organique
MOD = matière organique digestible
MOI = matière organique ingérée
MOID = matière organique ingérée digestible
MS = matière sèche
MSD = matière sèche digestible
MSI = matière sèche ingérée
MSID = matière sèche ingérée digestible
N = azote total
QD = quantité distribuée
GMQ = gain moyen quotidien
QL = quantité de lait produit
UBT = Unité Bétail Tropical
ABH = Aliment Bétail Huicoma
tc = tourteau de coton
conc = concentré
supl. = supplémentation
rb = ration de base
$P^{0,75}$ = poids métabolique
rég. = régime
es = erreur standard
Fig. = figure

ARC = Agricultural Research Council
NRC = National Research Council
CIPEA = Centre International pour l'Elevage en Afrique
DNE = Direction Nationale de l'Elevage
EEF = Equipe Exploitation Fourragère du projet PSS
FAO = Food and Agriculture Organization
HUICOMA = Huilerie Cotonnière du Mali
IER = Institut d'Economie Rurale
PSS = projet Production Soudano-Sahélienne


MOI de tourteau
(kg/tête/jour)
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
5
10
15
20
25
30
Periodes de mesure
saison sèche 1
saison pluies 1993
saison sèche 2
saison pluies 1994
MOI lot 1
MOI lot 2
MOI lot 3
fin saison
fin saison
fin saison


Lait total prélevé (kg)
35
30
25
20
15
10
5
0
0
10
20
30
40
Semaine après la mise-bas
animal7
animal4
animal2
animal1


Lait total prélevé (kg)
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
Semaine après la mise-bas
animal 9
animal 10
animal 13
animal 16


Lait prélevé (kg)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Semaine après la mise-bas
animal18
animal19