

DK548845

BA-THJ651



Unité de Service Enseignement
Et formation en Elevage
Campus de Baillarguet, TA A-71 / B
34 398 MONTPELLIER Cedex 5



Université Montpellier II
UFR – Fac de Sciences
Place Eugène Bataillon
34 095 MONTPELLIER Cedex 5

MASTER

BIOLOGIE GEOSCIENCES AGRORESSOURCES ENVIRONNEMENT

SPECIALITE ECOLOGIE FONCTIONNELLE ET DEVELOPPEMENT DURABLE

PARCOURS ELEVAGE DES PAYS DU SUD :

ENVIRONNEMENT, DEVELOPPEMENT

RAPPORT DE STAGE DE SECONDE ANNEE

**Etude comparative du comportement alimentaire
et spatial de bovins en libre pâture sur différents
parcours en zones sèches (Sénégal)
Contribution à l'élaboration d'un modèle individu-centré
de simulation des interactions entre bovins et ressources
agropastorales**

Présenté par

Hocine DIAF

Réalisé sous la direction de : Mr. Alexandre ICKOWICZ

Organisme et pays : CIRAD Montpellier, France

Période du stage : 01/04/2008 au 30/09/2008

Date de soutenance : 19/09/2008

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet

Année universitaire 2007-2008



Remerciements

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Mr. Alexandre ICKOWICZ et Mr. Guillaume CHIRAT, auprès desquels j'ai beaucoup appris.

J'adresse mes remerciements aux chercheurs, techniciens et personnels du Pôle Pastoral Zones Sèches (PPZS) de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricole (ISRA) (Dakar, Sénégal) ainsi qu'à ceux des Centres de Recherche Zootechnique (CRZ) de Kolda et de Dahra.

Mes remerciements vont aussi aux éleveurs pour leur collaboration et aux accompagnateurs sur le terrain.

Sommaire

Résumé et mots-clés

Abstract and keys words

Liste des tableaux et figures

Introduction	1
I. Contexte	2
I.1. Production animale et système d'élevage au Sénégal	2
I.2. Justification scientifique	3
I.3. Objectifs	4
II. Matériels et méthodes	5
II.1. Cadre général	5
II.2. Démarche expérimentale	
II.3. Méthode expérimentale	7
II.3.1. Suivis des troupeaux	8
II.3.2. Paramètres à étudier	8
II.3.2.1. Comportement spatial	9
II.3.2.2. Comportement alimentaire	9
II.3.2.2.1. Quantité ingérée	9
II.3.2.2.2. Vitesse d'ingestion	10
II.4. Analyse des données	10
III. Résultats	12
III.1. Description générale des parcours	12
III.1.1. Kolda	12
III.1.2. Dahra	15
III.2. Analyses des paramètres spatiaux	19
III.2.1. Kolda	21
III.2.2. Dahra	23
III.2.3. Comparaison du comportement spatial (Kolda et Dahra)	24
III.3. Analyses des paramètres alimentaires	26
III.3.1. Les quantités ingérées	26
III.3.2. Les vitesses d'ingestion	28
III.3.2.1. Kolda	28
III.3.2.2. Dahra	30
IV. Discussion	32
IV.1. Comportement spatial des bovins en libre pâture	32
IV.2. Comportement alimentaire des bovins en libre pâture	34
IV.2.1. Quantités ingérées	34
IV.2.2. Vitesses d'ingestion	35
IV.3. Généricité des résultats et possibilité d'application (modélisation)	37
Conclusion et perspectives	38
Bibliographie	

Résumé – Etude comparative du comportement alimentaire et spatial de bovins en libre pâture sur différents parcours en zones sèches (Sénégal).

Contribution à l'élaboration d'un modèle individu-centré de simulation des interactions entre bovins et ressources agropastorales.

En zones sèches, l'augmentation des surfaces emblavées aux dépens des aires de parcours pose un problème en terme de gestion des circuits de pâture et de préservation des ressources naturelles. Cette étude, qui s'inscrit dans un projet de modélisation des comportements spatiaux et alimentaires des bovins en libre pâture dans un système de production extensif en zone sèche, recherche la pertinence de paramètres liés à l'animal et au milieu. Le travail consistait en deux séries de suivis de troupeaux de bovins (N'dama et zébus) dans deux milieux agroclimatiques distincts en fin de saison sèche au Sénégal, Kolda (Casamance, zone soudano-guinéenne) et Dahra (Ferlo, zone sahéenne). L'objectif de ces suivis était la comparaison de données relatives aux comportements spatiaux (circuits et distances parcourues) et alimentaires (quantité ingérée et vitesse d'ingestion). Les résultats ont mis en évidence l'influence de l'environnement (milieu physique et climat) et des ressources fourragères disponibles sur le comportement spatial des bovins. Nous avons démontré que le comportement alimentaire pourrait être sous l'influence de la taille du troupeau et de la catégorie de vaches (petit / grand format, gestante / vide). D'autre part, cette étude a permis de préciser quelques paramètres relatifs aux comportements spatiaux et alimentaires des bovins en libre pâture. L'identification de ces éléments qui entrent dans les processus de prise de décision des animaux (distance parcourue, choix des sites alimentaires et des espèces végétales) et l'existence de points d'attractions (parcs de nuit, puits et pâturages) seront des éléments clés pour la poursuite de ce projet de modélisation du comportement de bovins en libre pâture en zones sèches et de test d'impact d'aménagements des parcours.

Mots clés : Bovin, troupeau, libre pâture, comportement spatial et alimentaire, modélisation, zone sèche, Sahel.

Abstract – A comparative study of spatial and feeding behaviour of cattle in free grazing on different rangeland types (Senegal).

Contribution to the development of an individual-centric model for simulating interactions between cattle and agro-pastoral resources.

In the dry zones, increase in cropland areas against rangeland areas is an important issue in terms of herd mobility and natural resources sustainability. The present study - which is part of a modelling project on space and feeding behaviour for free grazing cattle in extensive production system - is looking to the relevance of parameters related to animals and the environment. The work consisted of two sets of cattle herds monitoring (N'dama and Zebu) in two distinct agro-climatic environments at the end of dry season in Senegal, Kolda (Casamance, Sudano-Guinean zone) and Dahra (Ferlo, Sahelian zone). The objective of this study was the comparison of data relating to space behaviour (herd routes, distances) and feeding behaviour (total intake, intake speed). The results have highlighted the influence of the environment (physical environment and climate) and forage resources available on cattle behaviour. We have demonstrated that the food behaviour could be under the influence of the herd size and the category of cows (small or large format, pregnant or empty). On the other hand, this study allowed to estimate some parameters on space and feeding behaviour for free grazing cattle. The identification of these elements that come in the animal decision-making process (distance, choice of feed sites and plant species) and the existence of attraction points (night corrals, wells and pasture) will be key elements for the continuation of this modelling project on behaviour of free grazing cattle in dry zones and to test organisation options on rangelands.

Keys words : Bovine, flock, free grazing, spatial and food behaviour, modelling, dry zone, Sahel.

Liste des figures

- Figure 1.** Carte du paysage agraire au Sénégal (IRD, 1988).
- Figure 2.** Profil type de disposition des ressources des terroirs selon la toposéquence dans la région de Kolda, en Haute Casamance (Ickowicz & Mbaye, 2001).
- Figure 3.** Présentation chronologique des différentes étapes des observations de bovins au pâturage pour la campagne de février à décembre.
- Figure 4.** Synthèse du comportement spatial et alimentaire des troupeaux sur le finage villageois de Saré Yéro Bana, du 6 mai au 19 mai 2008.
- Figure 5.** Représentation schématique des grandes unités de végétation visitées au cours d'un parcours journalier coutumier par les troupeaux 1 et 2, village Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.
- Figure 6.** Vue simplifiée des circuits de pâturage dans le finage villageois de Saré Yéro Bana (Kolda, Casamance, Sénégal).
- Figure 7.** Représentation schématique simplifiée des circuits de déplacement selon la position des éleveurs 1 et 2 (parc de nuit), avant et après transhumance vers les pâturages, village Deck Wote, Dahra, Sénégal.
- Figure 8.** Synthèse du comportement spatial et alimentaire des troupeaux suivi sur le finage villageois de Deck Wote, Kolda, du 30 mai au 14 juin 2008.
- Figure 9.** Représentation schématique des grandes unités de végétation visitées au cours d'un parcours journalier coutumier avant et après la transhumance (respectivement A et B), village Deck Wote, Dahra, Sénégal.
- Figure 10.** Vue générale d'un circuit type, avant et après transhumance, dans la zone d'étude. Village de Deck Wote, Dahra, Ferlo, Sénégal.
- Figure 11.** Comparaison des grandes tendances de fréquentation des unités végétales des troupeaux 1 et 2 en zone soudano-guinéenne (Kolda).
- Figure 12.** Comparaison des grandes tendances de fréquentation des unités végétales des troupeaux 1 et 2 en zone sahélienne (Dahra).
- Figure 13.** Comparaison des grandes tendances d'activités en zone soudano-guinéenne (Kolda) et soudano-guinéenne (Dahra) au cours d'un parcours quotidien.
- Figure 14.** Photos des suivis de troupeau en libre pâture en fin de saison sèche en région sahélienne. Village de Deck Wote, Dahra, Sénégal.
- Figure 15.** Photos des suivis de troupeau en libre pâture en fin de saison sèche en région soudano-guinéenne. Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.
- Figure 16.** Quantités ingérées moyennes, totale et par catégorie de vache de la période du 6 au 19 mai 2008, Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal

Figure 17. Quantités ingérées moyennes totales, par troupeau et par catégorie de vache de la période du 6 au 19 mai 2008, Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal

Figure 18. Représentation graphique des différentes corrélations des VI avec les biomasses et le nombre de bouchées ; et corrélation du nombre de bouchées avec les biomasses.

Figure 19. Représentation graphique des différentes corrélations des VI avec les biomasses et le nombre de bouchées ; et corrélation du nombre de bouchées avec les biomasses.

Liste des tableaux

- Tableau 1.** Comparaison des différentes activités diurnes et caractéristiques du circuit des Troupeaux 1 et 2 pour les cinq suivis réalisés à Kolda.
- Tableau 2.** Comparaison des différentes activités diurnes et caractéristiques du circuit des Troupeaux 1 et 2 pour les quatre suivis réalisés à Dahra.
- Tableau 3.** Comparaison des durées en heure dans les différentes unités de végétation visitées par les troupeaux 1 et 2 pour les cinq suivis réalisés à Kolda. L'unité "paille-litière" regroupe les champs cultivés, les jachères et les herbes annuelles. L'unité "fruits" regroupe les durées d'ingestion de mangue et de pomme de cajou.
- Tableau 4.** Durées en heure dans les différentes unités de végétation visitées par les troupeaux 1 et 2 pour les quatre suivis réalisés à Dahra.
- Tableau 5.** Récapitulatif des quantités ingérées moyennes, totale et par catégories des vaches, de la période du 6 au 19 mai 2008. Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.
- Tableau 6.** Récapitulatif des quantités ingérées moyennes totales, par troupeau et par catégorie de vache, de la période du 6 au 19 mai 2008. Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.
- Tableau 7.** Vitesses d'ingestion, totale et par catégories de vache, des troupeaux 1 et 2 sur différentes unités végétales, suivis à Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.
- Tableau 8.** Vitesses d'ingestion, des troupeaux 1 et 2, sur différentes unités végétales suivis à Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.
- Tableau 9.** Vitesses d'ingestion des troupeaux 1 et 2 suivis à Deck Wote, Dahra, Sénégal.

Introduction

L'élevage joue un rôle important dans l'alimentation des populations par la fourniture de lait et de viande et dans la production agricole par l'apport de fumier et de force de traction. Il joue également un rôle d'épargne pour le financement de la production agricole (achat de semences et d'autres intrants agricoles) et a une fonction sociale en maintenant et en renforçant les liens de parenté et de clans (prêts et dons d'animaux).

Les prévisions d'évolution démographique et de croissance de la consommation individuelle de produits animaux montrent que, d'ici 2020, il va falloir produire plus de 220 milliards de litres de lait et 100 millions de tonnes de viande dans les pays en voie de développement (Faye B. & Alary V., 2001). Ce nécessaire accroissement de la production au Sud ne peut pas se faire par une simple transposition des procédés d'élevage des pays du Nord, mais doit assimiler les enjeux sociaux et environnementaux propres à cette partie du monde et s'inscrire dans un objectif de développement durable. L'élevage extensif sur parcours, par les surfaces qu'il occupe et les populations qu'il implique, doit jouer un rôle important dans la réponse à toutes ces attentes.

L'élevage extensif sur parcours est un excellent moyen d'exploiter les ressources agropastorales de terres agronomiquement pauvres. Dans les systèmes pastoraux et agropastoraux extensifs du Sénégal, les troupeaux de bovins sont laissés en libre pâture pendant 8 à 9 mois de l'année en saison sèche (Kennedy, 1995 ; Ickowicz & Mbaye, 2001). Les animaux sont de fait autonomes dans leurs déplacements. La complémentation alimentaire n'est pas courante. En pratique, les éleveurs n'influencent guère les parcours des bovins pour une exploitation dirigée des pâturages naturels, à l'échelle de territoires. Les performances sont faibles en saison sèche en raison de la faible qualité des fourrages, de la faible disponibilité en eau et des distances parcourues. Nous cherchons à tester par modélisation comment des aménagements pourraient améliorer ces performances, ceci nécessite une connaissance des comportements des animaux dans ces milieux.

Le comportement alimentaire d'un animal au pâturage dépend de nombreux facteurs tels que ses préférences alimentaires, la ressource fourragère disponible et les contraintes physiques du milieu (Roguet *et al.*, 1998 ; Christen, 2004). Nous cherchons à évaluer les impacts des interactions entre troupeaux et ressources agropastorales sur les performances alimentaires et l'exploitation durable de la ressource.

Décrire et comprendre le comportement spatial et alimentaire des troupeaux bovins en libre pâture nous permettraient d'optimiser ces interactions. Pour cela, nous nous appuyons sur des observations qui ont été réalisées pendant plus de trois ans au Sénégal dans le cadre du programme ABT (Alimentation du Bétail Tropical) du Cirad. Ces données sont des variables descriptives des circuits et des variables d'alimentation. Sur la base de ces observations, un modèle informatique préliminaire de simulation multi-agents a été élaboré afin de simuler les interactions entre des agents bovins et des cellules de végétation. Certains processus informatiques ont été repris dans la construction d'un nouveau modèle à objectifs zootechniques.

Des travaux en cours ont souligné le besoin d'acquérir de nouvelles données comme les vitesses d'ingestion sur parcours (Chirat *et al.*, 2007). Une première mission a été réalisée en février 2008 à Saré Yéro Bana dans la région de Kolda, Casamance, Sénégal. Mon travail s'inscrit dans cette acquisition d'observations complémentaires. Au cours d'une mission aux mois de mai et juin, nous avons suivi des troupeaux à Saré Yéro Bana d'une part et, d'autre part, dans la région de Dahra, Ferlo. La première zone sèche (région de Kolda) doit permettre de compléter les observations nécessaires au calibrage du modèle. La seconde zone (Ferlo) permettra de tester la portabilité du modèle (validation).

I. Contexte

En Afrique, les marges pastorales s'amenuisent par augmentation des surfaces emblavées (Steinfeld *et al.*, 2006). Les résidus de cultures sont consommés par les troupeaux, ce qui permet à la fois un maintien de l'état des animaux et un apport organique (déjections) aux champs. Cette intégration agriculture-élevage, parfois conflictuelle, est en perpétuelle évolution et est souvent dictée par des enjeux socioéconomiques et des besoins alimentaires primordiaux. Cela pousse les éleveurs à revoir leurs pratiques d'élevage et à diversifier leurs ressources.

I.1. Production animale et système d'élevage au Sénégal

L'élevage occupe une place importante dans l'économie nationale sénégalaise, puisqu'il représente environ 35 % de la valeur ajoutée du secteur agricole et qu'il participe pour 7,5 % à la formation du PIB national (ISRA, 2003). Cette position de l'élevage semble se consolider d'année en année alors que l'accroissement des activités agricoles reste en deçà des 2,7 % de la croissance démographique, l'élevage affiche un taux de croît de l'ordre de 6 % par an au cours de ces dernières années. Cette activité concernerait 350 000 familles (soit environ 3 millions d'individus) d'après l'Enquête Sénégalaise Auprès des Ménages (ESAM) de 1995, un ménage sénégalais sur deux posséderait du bétail et neuf sur dix en milieu rural (Broutin *et al.*, 2000). En outre, les productions animales touchent une part importante de la population rurale (30 %) pour laquelle elles assurent sécurité alimentaire, épargne, force de travail et fertilisation des champs (ISRA, 2003).

La production nationale de viande (carcasse et abats) est estimée à environ 100 000 tonnes qui sont essentiellement destinées au marché intérieur. Si les importations de viande sont quasi nulles (720 tonnes), il convient de signaler que la consommation *per capita* a fortement chuté au cours des trois dernières décennies puisqu'elle est passée de 20 kg/hab. en 1960 à 11,7 kg actuellement. La consommation de lait a également régressé après la dévaluation en 1994, passant de 40 litres/hab. et par an à 25 litres en 1998. La production nationale de lait, estimée à 110 millions de litres par année, participe pour environ 50 % des besoins de la consommation intérieure. Les importations de produits laitiers représentent une facture d'environ 35 milliards de Francs CFA en 2000 (Direction de l'élevage, 2002).

L'effectif du cheptel est estimé, en 2005, à plus de 3 millions de têtes de bovins, à plus de 4 millions d'ovins et environ 4 millions de caprins (direction de l'élevage, ministère Sénégalais de l'Élevage, 2005). Les principales races bovines sont le zébu Gobra dans la partie sahélienne (Nord et centre du Sénégal), et le taurin N'dama (trypanotolérant) au Sud et à l'Est (zone soudano-guinéenne). Aux zones de transition entre l'aire des Gobras et celui de la race N'dama s'est développé un type génétique résultant du métissage entre ces deux races, le Djakoré.

D'après l'Institut Sénégalais de Recherche Agricoles (ISRA, 2003), l'exploitation du cheptel reste fortement dominée par des modes extensifs de conduite des troupeaux. Selon l'ISRA (2003), on peut distinguer trois systèmes d'élevage bovin selon la situation agro-écologique du pays :

- ♦ Le système extensif ou système à faible niveau d'intrants : basé sur l'exploitation directe des parcours naturels sans relation marquée avec l'exploitation agricole. C'est un système qui fait très peu recours à l'utilisation

d'intrants agricoles qui se limite souvent à la vaccination du bétail. La production est en partie destinée à la consommation familiale et en partie à la commercialisation. Ce système peut-être décomposé en deux sous systèmes :

- ◊ Le système pastoral qui concerne environ un tiers du cheptel de ruminants et qui se pratique dans les zones du Nord de l'isohyète 400 mm. Ce système fait recours à la transhumance en vue d'alimenter et d'abreuver le bétail ;
 - ◊ Le système agropastoral qui touche 50% du cheptel, est caractérisé par une certaine sédentarisation et des relations un peu plus marquées avec les activités agricoles.
- ◆ Le système intégré ou système à niveau d'intrants moyen : il y a des interrelations plus ou moins étroites entre les activités agricoles au sein de l'exploitation (valorisation des résidus de récolte, utilisation du fumier, etc.). Ce système, qui utilise une quantité plus importante d'intrants (médicaments, aliments concentrés...etc.), concerne principalement les bovins de trait et les ovins et parfois les vaches laitières. La production est principalement destinée à la commercialisation.
 - ◆ Le système intensif ou à niveau d'intrants élevé : caractérisé par un recours important aux intrants alimentaires et sanitaires. Ce système, pratiqué en milieu périurbain (zone des Niayes et autour de certaines villes), concerne une faible partie du cheptel de ruminants (1% des bovins et 3% des petits ruminants). C'est un système qui utilise principalement des races exotiques pour la production laitière bovine.

I.2. Justification scientifique

Ces données concernant l'élevage au Sénégal, sont assez représentatives de ce qui se passe dans l'ensemble de la région sahélienne, croissance démographique, accroissement des cheptels et exploitation des grandes aires géographiques en concurrence avec l'agriculture, la fluctuation des ressources naturelles et la réduction des espaces pastoraux.

Le pastoralisme s'intègre dans le fonctionnement des écosystèmes naturels. En effet, l'élevage joue un rôle essentiel dans l'équilibre et la préservation du paysage en entretenant l'espace. Une gestion efficace de l'environnement ne peut se faire si l'on n'exclut aucune composante de cet environnement, dont les pastoralistes (De Leeuw *et al.*, 1993). Afin de comprendre les interactions agissant au sein des systèmes, diverses études ont été menées sur les écosystèmes agropastoraux décomposables en sol, végétation, climat, troupeaux et éleveurs.

Le pastoralisme constitue une forme d'adaptation à un environnement imprévisible. Les pasteurs se sont adaptés à ces milieux difficiles à travers des systèmes de production mobiles. Le pastoralisme est confronté, aujourd'hui, à des contraintes que l'adaptation par la mobilité traditionnelle ne suffira peut être pas à préserver et à maintenir ce mode de production. Ces contraintes concernent essentiellement la restriction du foncier, les changements climatiques et l'accroissement de la production afin de répondre à une demande grandissante en produits alimentaires d'origine animale.

Cette prise de conscience a poussé la communauté scientifique à s'intéresser aux problèmes et aux difficultés de ce mode de vie et de production. L'élargissement des études à différents domaines qui touchent de près ou de loin à la production animale (études pluridisciplinaires) a nécessité l'assimilation de nouveaux objectifs de production et d'exploitation des ressources tels que l'optimisation de la production, la durabilité des ressources et conservation de l'environnement.

L'étude des effets de modifications du milieu (développement d'aménagements sur parcours) sur les systèmes d'élevage extensif en zones sèches par la modélisation est plus faisable qu'une intervention directe sur le terrain. Les simulations doivent permettre d'évaluer la durabilité de ces systèmes et de proposer une aide à la décision pour la mise en œuvre de potentielles optimisations des parcours.

I.3. Objectifs

L'intérêt de cette étude est une description, la plus détaillée et la plus précise possible, des comportements spatiaux et alimentaires des races bovines locales (N'Dama et zébus) en fin de saison sèche (période critique) en libre pâture. Il s'agira de comparer deux systèmes extensifs, à une saison donnée. Faire un état des lieux, en cette période, est nécessaire pour permettre une meilleure compréhension et analyse des différentes interactions Homme – Animal – Environnement.

L'objectif final de cette étude, qui pour rappel s'insère dans un projet de thèse, est la modélisation des comportements spatiaux et alimentaires des bovins en libre pâture en zone sèche afin de tester des scénarios d'aménagement. Il comprend :

- La comparaison saisonnière des résultats obtenus au mois de février sur Kolda à ceux obtenus au mois de mai dans la même région dans le but de calibrer le modèle
- La comparaison de l'ensemble des résultats obtenus dans la région de Kolda à ceux obtenus dans la région du Ferlo dans le but de tester la portabilité du modèle sur différents milieux.

II. Matériels & méthodes

Notre travail est réalisé dans le cadre d'une thèse, travaux de recherche, action visant à modéliser des troupeaux bovins en libre pâture. C'est un modèle des déplacements et des choix alimentaires spatialisés des bovins à travers de grandes unités de végétation composantes d'un territoire agropastoral tropical.

II.1. Cadre général

Le Sénégal est situé à l'extrémité Ouest du continent africain entre 12°00' et 16°30' de latitude Nord et 11°30' et 17°30' de longitude Ouest. Il s'étend sur une superficie de 196 720 kilomètres carrés. La latitude du Sénégal permet l'alternance de masses d'air d'origine et de caractères différents au cours de l'année, deux saisons principales marquent le régime climatique: une saison sèche (de novembre à mai) marquée par la prédominance des alizés maritimes (au Nord-Ouest) et continental (à l'intérieur) et une saison pluvieuse, de juin à octobre, dominée par le flux de mousson issu de l'anticyclone de Ste Hélène (Ministère de l'Environnement, et de la Protection de la Nature, 2005).

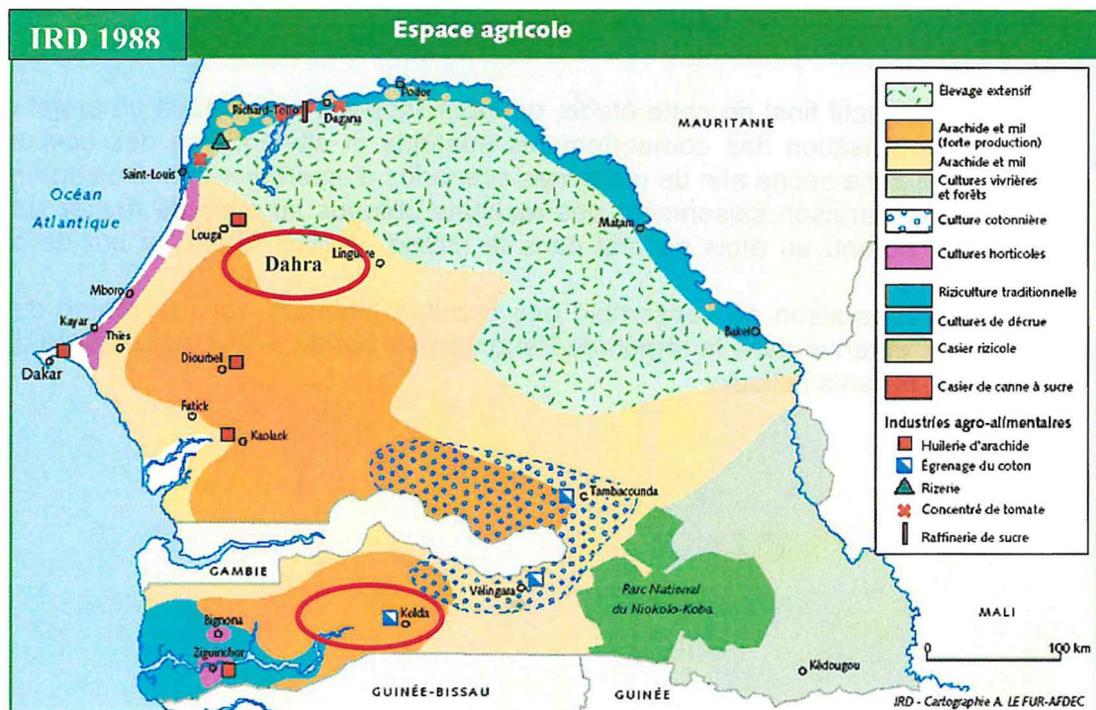


Figure 1. Carte du paysage agricole au Sénégal. (IRD, 1988)

La Casamance (région de la première série d'observations) est située dans la zone soudano-guinéenne du Sénégal (figure 1). La saison des pluies dure 4 à 5 mois, avec des précipitations allant de 650 mm/an (au Nord sous influence sahélienne) à 900 mm/an au sud. Cette région abrite une population constituée à plus de 80 % de Peuls agropasteurs. Ceux-ci pratiquent une agriculture vivrière (mil, maïs, sorgho) et de rente (arachide, coton), ainsi qu'un élevage essentiellement extensif, avec environ 450 000 UBT constituées de petits ruminants (10 %) et de bovins de race N'dama trypanotolérants (90 %) (Ickowicz *et al.*, 2001). Ces ruminants exploitent les parcours naturels forestiers et les résidus de culture.

Nos travaux se sont focalisés sur des troupeaux de bovins dans le finage villageois de Saré Yéro Bana (12°49'8"N - 14°53'29"O), cette première zone d'étude fut largement étudiée lors du programme Alimentation du Bétail Tropical (ABT) dans les années 1990 (CIRAD-ISRA). Le terroir est vallonné, constitué d'un plateau cuirassé, d'un glacis et de bas-fonds hydromorphes. Le plateau porte une mosaïque de forêts claires et de savanes boisées, le glacis porte les jachères et les cultures pluviales semi-continues ou continues (céréales et arachide principalement). Les sols du plateau sont profonds, sableux, sur démantèlement de cuirasse (Frontier *et al.*, 2004). Les sols du glacis sont aussi sableux, de moins en moins profonds jusqu'aux sols hydromorphes et argileux des bas fonds (Manlay *et al.*, 2004). Dans les bas-fonds se trouvent les rizières, riches en biomasse graminéenne (figure 2).

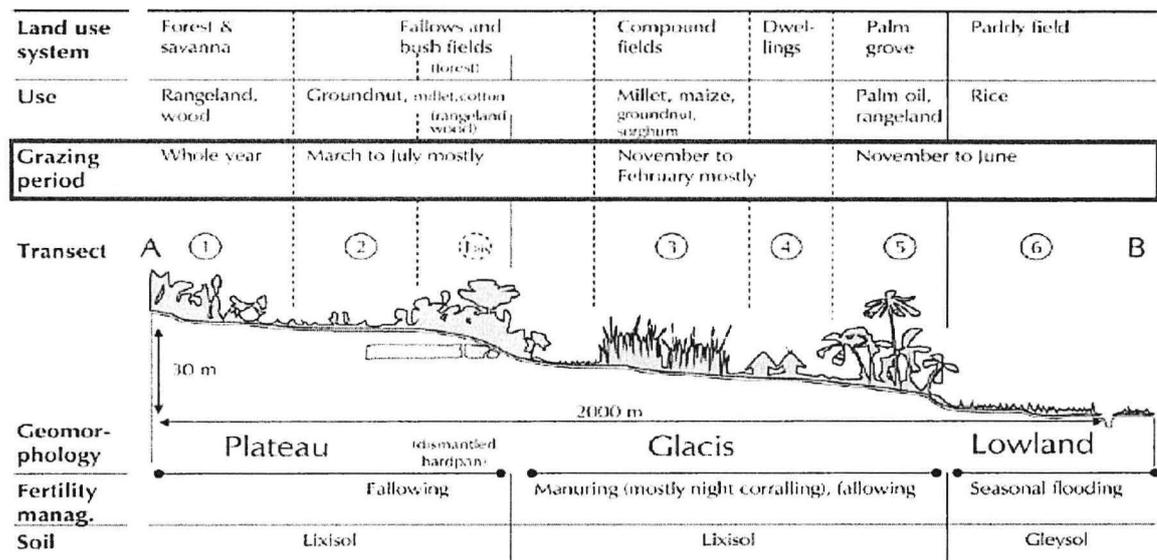


Figure 2. Profil type du terroir villageois de Saré Yéro Bana (Kolda) vu en coupe (Manlay *et al.*, 2004).

Le Ferlo (lieu de la seconde série d'observations), est une terre aride et pauvre, fait partie de la zone sahélienne. Dans ce climat de type sahélien, la saison des pluies dure 3 mois et la pluviométrie ne dépasse pas les 400 mm/an dans le Nord du Sénégal. Les paysages sont de type steppe et savane arbustive. Cependant la désertification ne cesse de progresser depuis quelques années. Traditionnellement peu peuplée, c'est une région d'élevage.

Notre zone d'étude, le village de Deck Wote, est située en zone sahélienne, plus précisément la zone sylvopastorale du Djoloff, à la limite sud du Ferlo sableux. Le climat est typiquement sahélien, chaud et sec. Les précipitations sont faibles, la moyenne sur 38 années est de 492 mm avec une grande variabilité inter-annuelle (coefficient de variation 29,7 %) (Cornet, 1984). Elles sont concentrées en une brève période humide de 3 mois. Août est le mois le plus arrosé avec 35,7% des pluies annuelles, septembre 27,2 % en juillet 21,2 %. L'évapotranspiration potentielle est voisine de 2000 mm par an (Cornet, 1984).

II.3. Méthode expérimentale

II.3.1. Suivis des troupeaux

Nous avons considéré, pour chaque zone d'étude, deux troupeaux de taille et de localisation (parc de nuit) différentes. Les troupeaux 1 et 2 seront respectivement de petit et grand effectif (30 et 70 têtes). Ce choix a été fait dans le but de mettre en évidence une éventuelle différence dans les paramètres à étudier (cités précédemment) en fonction de la taille du troupeau et des pratiques des éleveurs. Ensuite, dans chaque troupeau, nous avons suivi quatre catégories de vaches (4 catégories / troupeau). Nous avons considéré la hauteur au garrot des vaches. Nous en avons tiré deux catégories, grande (G) et petite (P). Chaque catégorie avait été subdivisée en deux groupes selon que les vaches étaient «Pleines» ou «Vides». Les vaches gestantes étaient en fin de gestation (>7 mois), l'étude de Ezzano *et al.* (2005) sur les performances de reproduction des bovins à Kolda montrant que la grande majorité des vêlages se produisait en saison des pluies et en saison sèche froide. Le même constat a été établi à Dahra où les vaches pleines étaient à des stades avancés de gestation.

Au final, nous avons eu ces quatre catégories : GP, GV, PP et PV. Le but étant, aussi, de mettre en évidence d'éventuelles différences dans les paramètres à étudiés en fonction des quatre catégories considérées. La détermination est faite le premier soir au parc de nuit. Plusieurs animaux d'une même catégorie sont marqués au crayon gras.

Les suivis consistent à être présent du départ au retour au parc de nuit, que ce soit pour passer la nuit (Kolda) ou simplement pour l'allaitement des veaux avant un éventuel pâturage nocturne complémentaire (Dahra). Il fallait ensuite rapatrier les échantillons de végétation et de fèces au laboratoire pour le séchage à l'étuve.

Chaque troupeau a été suivi 5 fois à Kolda (10 jours de suivis) et 4 fois à Dahra (8 jours de suivis). L'heure de départ est enregistrée. Chaque instant d'entrée et de sortie d'une unité de végétation par la majorité du groupe d'animaux considéré est enregistré. De même, chaque changement par la majorité du groupe d'animaux de « grande activité », pâturage et pâturage-déplacement (noté P), déplacement simple (noté D) et repos (dont rumination, allaitement et abreuvement, noté R) est précisément relevé.

La couverture végétale de notre zone d'étude à Kolda était caractérisée en classes (unité de végétation), résidus de culture, rizière, paille, forêt, jachère et steppe herbacée, elles même subdivisées en strate, basse, moyenne et haute, inspirée de la nomenclature développée au cours du programme ABT. Pour la végétation de notre zone d'étude de Deck Wote, nous avons utilisé la même nomenclature, même si la couverture végétale n'était pas aussi hétérogène et diversifiée qu'à Kolda.

A la fin de la journée, les données du GPS, porté par l'observateur, sont récupérées et c'est ainsi que les structures spatiales circuits sont reconstitués. Les animaux sélectionnés sont attachés sur les bâches plastiques (Kolda). Il faut alors acheminer jusqu'au laboratoire les échantillons des collectes du berger (sacs tissus), des relevés de biomasse (sacs tissus) et de fèces (sacs plastiques réutilisables).

Au laboratoire, les échantillons sont mis à l'étuve pour le séchage. Puis, ils sont scellés dans des sacs plastiques identifiés par étiquette. Regroupé à Dakar, ces échantillons seront rapatriés vers la France (Montpellier) pour d'autres analyses complémentaires afin de conforter nos résultats.

- Les échantillonnages, modalités d'identification:

Le système d'identification des échantillons sera fait par étiquettes portant la date du suivi, le numéro du troupeau, l'identifiant de la catégorie de l'animal et le numéro de la séquence. Cet identifiant complet renvoie à toutes les informations relevées : → Date – N° Troupeau – Catégorie Animal – N° Relevé – BM ou VI (biomasse ou vitesse d'ingestion).

Exemple : soit un échantillon « n° 10 » du 19 mai 2008, pour une PV du troupeau 1, issu d'un relevé sur la rizière. Il faut donc indiquer sur l'étiquette auto-collante « 19/05/08 – 1 – PV – 10 – BM ». Sur le coupon àagrafer : « 7/02/08 – 1 – PV – 10 – BM » et « 128 g » (par exemple) et « pailles de riz 90 %, graminées 10 % » (par exemple).

II.3.2. Paramètres à étudier

Nous avons adopté, pour chaque paramètre à étudier, une méthode de travail et de mesure adaptée à la réalité du terrain d'étude (faisabilité et moyens disponibles sur place).

II.3.2.1. Comportement spatial

Utilisation d'un GPS, porté par l'observateur qui récupère les données après chaque journée de suivi. A partir de ces données on pouvait reconstituer les circuits des troupeaux ainsi que les distances quotidiennes parcourues.

II.3.2.2. Comportement alimentaire

II.3.2.2.1. Quantité ingérée

Les quantités ingérées par les bovins d'un même troupeau lors d'un même circuit ont été évaluées par la collecte totale des fèces nocturnes sur bêche au parc de nuit (à l'attache) de 12 animaux, 3 vaches par catégorie : le matin, avant le lâcher des animaux, nous mesurons à l'aide d'un peson l'ensemble des masses fraîches totales récupérées, puis prendrons un échantillon de chaque masse de fèces, pesé également. Ces 12 échantillons seront placés dans 12 sacs plastiques étiquetés pour le transport vers le laboratoire pour une dernière pesée après un passage à l'étuve.

Variables à enregistrer : collecte totale des fèces nocturnes sur 12 animaux ; temps passé entre parcours et parcage nocturne en 24h par le troupeau et digestibilité du régime journalier.

⇒ Obtention d'une valeur d'ingestion par collecte totale des fèces nocturnes sur 12 animaux x (1/ % temps passé sur le parc nocturne sur 24h) x (1 / (1 - digestibilité du régime ingéré)).

Les quantités ingérées (QI) évaluées à Kolda ont été obtenues par la pesée des fèces totales de nuit. La quantité ingérée pour une journée (24 heures) à été calculée par l'application de la formule suivante :

$$\begin{aligned}\text{Quantité Ingérée (MS)} &= \text{MSF}_{\text{totale}} / (1-d) \\ &= [\text{MSTF}_{\text{nuit}} (\text{temps d'attache}/24)] / (1-d)\end{aligned}$$

$\text{MSTF}_{\text{nuit}}$: Matière Sèche Totale Fèces nuit = $\text{MS}_{\text{échantillon}} / (\text{MF}_{\text{échantillon}} / \text{MF}_{\text{totale}})$
MF : matière fraîche.

Cette formule s'appuie sur l'hypothèse, avancée par Manlay *et al.* (2004), après mesures de terrain, que l'excrétion de fèces se fait de manière continue dans la journée.

Cette méthode est irréalisable à Dahra car les animaux ne sont jamais attachés. Néanmoins, nous avons réalisé une collecte d'échantillon de fèces diurne sur des vaches au cours du parcours quotidien (circuit), répartie dans la journée : un échantillon par animal par jour issu de trois prélèvements dans la journée (exemple : matin, midi et soir ou bien matin et soir). A rapatrier vers la France pour analyse en laboratoire (analyse SPIR¹).

II.3.2.2.2. Vitesse d'ingestion

Les vitesses d'ingestion ont été estimées à partir de la technique de la collecte du berger (Guérin *et al.*, 1983-1984). Des séquences d'observations, en phase de pâturage stable, ont permis de reconstituer la quantité et la composition du bol alimentaire par comptage du nombre de coup de dents sur 1 minute et par l'identification de l'unité de végétation pâturée et de l'espèce végétale. Nous avons associé, pour chaque observation et collecte du berger, un prélèvement de biomasse sur l'unité de végétation pâturée afin de corrélérer ces vitesses d'ingestion aux quantités de biomasse disponible. Chaque sac contenant ces différents prélèvements (collecte du berger et biomasse) sera pesé. Cela nous donnera l'estimation des vitesses d'ingestion.

II.4. Analyse des données

Les résultats été exprimés sous la forme de moyenne (moy.) et d'écart type (ET) et seront présentés sous la forme de tableau et de graphe, ils été ensuite statistiquement analysés par différents tests :

- Le test Mann et Whitney U, non-paramétrique, permet d'effectuer la comparaison de deux échantillons indépendants, de faibles effectifs, ne vérifiant pas la condition de "normalité".
- Le test du Chi2 est un test d'hypothèse, il consiste à mesurer l'écart entre une situation observée et une situation théorique et d'en déduire l'existence et l'intensité d'une liaison mathématique. C'est-à-dire une démarche consistant à rejeter ou à accepter une hypothèse statistique, en fonction d'un jeu de données (échantillon).

¹ La spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) est une technique analytique basée sur le principe d'absorption des rayonnements (infrarouges) par la matière organique. Cette absorption est liée à la composition chimique des échantillons. Elle est entre-autres utilisée pour estimer la composition chimique d'échantillons d'aliments, de fourrages ou de fèces (études de digestibilité). Utilisée aussi récemment pour prédire les quantités ingérées.

-
- Le test de Student (test t) qui est un test de comparaison des moyennes de deux échantillons indépendants.
 - Le coefficient de corrélation de Pearson (r) qui permet d'étudier l'existence de relation entre deux variables.
 - Le logiciel R (R Development Core Team, 2005) qui est un outil d'analyse statistique et graphique.

Ces différents tests sont utilisés pour mettre en évidence d'éventuels effets et différences significatives de nos paramètres étudiés en fonction de la taille des troupeaux, de la catégorie des animaux, du faciès végétal et de la zone d'étude.

La signification statistique, pour l'ensemble des tests exécutés, était analysée pour un niveau de probabilité $P < 0,05$ et éventuellement pour $p < 0,1$.

III. Résultats

Les suivis réalisés sur les deux troupeaux à Saré Yéro Bana et à Deck Wote, nous ont permis de caractériser plusieurs comportements alimentaires et spatiaux des bovins en libre pâture en région soudano-guinéenne et sahélienne respectivement, dont voici les synthèses.

III.1. Description générale des parcours

Dans cette première partie, nous présenterons donc une synthèse des différents résultats descriptifs et qualitatifs concernant les habitudes alimentaires, les comportements spatiaux et la description des circuits.

III.1.1. Kolda

Les dix suivis effectués à Saré Yéro Bana nous montrent une grande hétérogénéité des unités de végétation visitées au cours de la journée, d'où une grande variété du régime alimentaire des bovins. Ces résultats mettent aussi en évidence des comportements et des parcours assez homogènes d'un jour à l'autre pour chaque troupeau tout au long de la durée des suivis.

Synthèse des activités journalières

Cette synthèse reprend les grandes tendances des comportements spatiaux et alimentaires des troupeaux 1 et 2. Nous avons choisi de présenter pour chaque troupeau une journée d'activité type et assez représentative des autres journées de suivi.

La figure 4 souligne les grandes tendances des activités diurnes pour le troupeau 1 et 2. Nous avons illustré ceci par deux exemples de suivis (journée type), un pour chaque troupeau, que nous estimons être les plus représentatifs des autres journées de suivi. Pour le troupeau 1, le départ est à 6h40, l'attache à 19h. Le groupe suivi s'est abreuvé 1 fois, au puits de l'éleveur (palmeraie). Les animaux sont surtout sur les repousses graminéennes sur la rizière et visitent des unités telles que les manguiers et les abords du village. Pour le troupeau 2, le départ est à 7h05, l'attache à 19h30. Le groupe suivi s'est abreuvé 2 fois, au puits de l'éleveur (palmeraie), lors de ses deux passages. Les animaux sont aussi sur les repousses graminéennes, sur la rizière, sur des vergers de manguiers et, différemment du troupeau 1, le troupeau 2 est orienté vers la forêt.

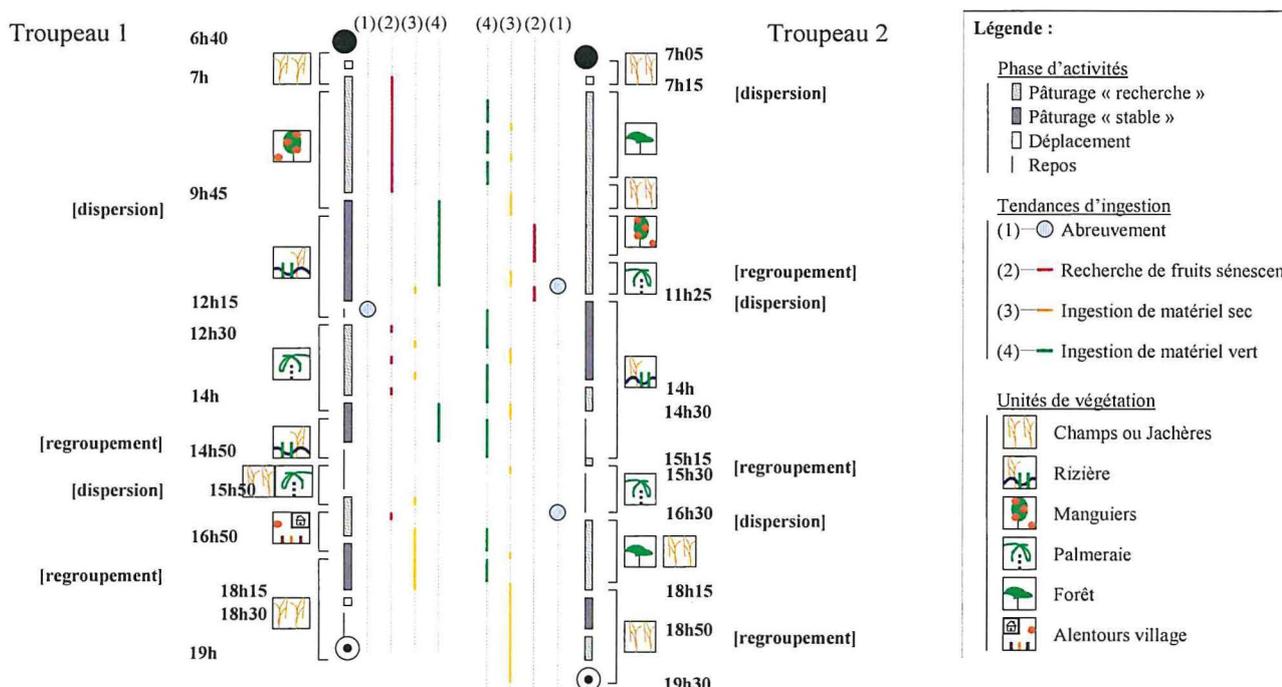


Figure 4. Synthèse du comportement spatial et alimentaire des troupeaux sur le finage villageois de Saré Yéro Bana, du 6 mai au 19 mai 2008.

Unités de végétation fréquentées

Cette synthèse des unités de végétation visitées par les troupeaux 1 et 2 est réalisée à partir des deux journées d'activité types afin de représenter le plus fidèlement les autres journées de suivi. On notera d'ailleurs une certaine répétitivité dans la fréquentation des différentes unités végétales au cours des suivis. Les unités de végétation, assez hétérogène, sont constituées essentiellement de rizières, champ et jachère, et d'une composante arbustive et ligneuse (figure 5).

Pour le troupeau 1, les animaux passent sous les manguiers en début de journée, à ingérer des mangues. S'ensuit un pâturage stable sur la rizière, les animaux ingèrent principalement les repousses vertes graminéennes. Généralement, les animaux visitent alors la palmeraie, ingérant mangues et « tout venant » (pailles, végétaux ligneux cordiformes, écorces de bois mort). L'abreuvement est accompli au puits de l'éleveur. Les animaux sont au repos, à l'ombre dans un champ, en bordure de palmeraie. Les groupes passent toujours aux abords des concessions avant de terminer l'après-midi sur le glacis cultivé, souvent sur les mêmes parcelles. Après 18h, les animaux rejoignent les alentours du parc de nuit où ils « attendent » l'attache.

Pour le troupeau 2, les animaux passent une majeure partie de la matinée en forêt vers laquelle il est orienté (parc de nuit en bordure de la forêt). Ils passent ensuite sur le finage villageois voisin où ils s'attardent sous les manguiers. Les animaux rejoignent ensuite la rizière, en passant par la palmeraie, au niveau du puits de l'éleveur. Ils y sont généralement abreuvés une première fois. Le pâturage continue sur la rizière, avant que les animaux se reposent, à l'ombre en bordure de palmeraie. Ils repassent au puits où ils sont abreuvés, une seconde fois. Par la suite, ils remontent

en bordure du cordon forestier et du glacié cultivé, avant de rejoindre les parcelles habituelles de fin de journée. Les animaux rejoignent les alentours du parc de nuit vers 18h30 où ils « attendent » l'attache, comme les animaux du troupeau 1.

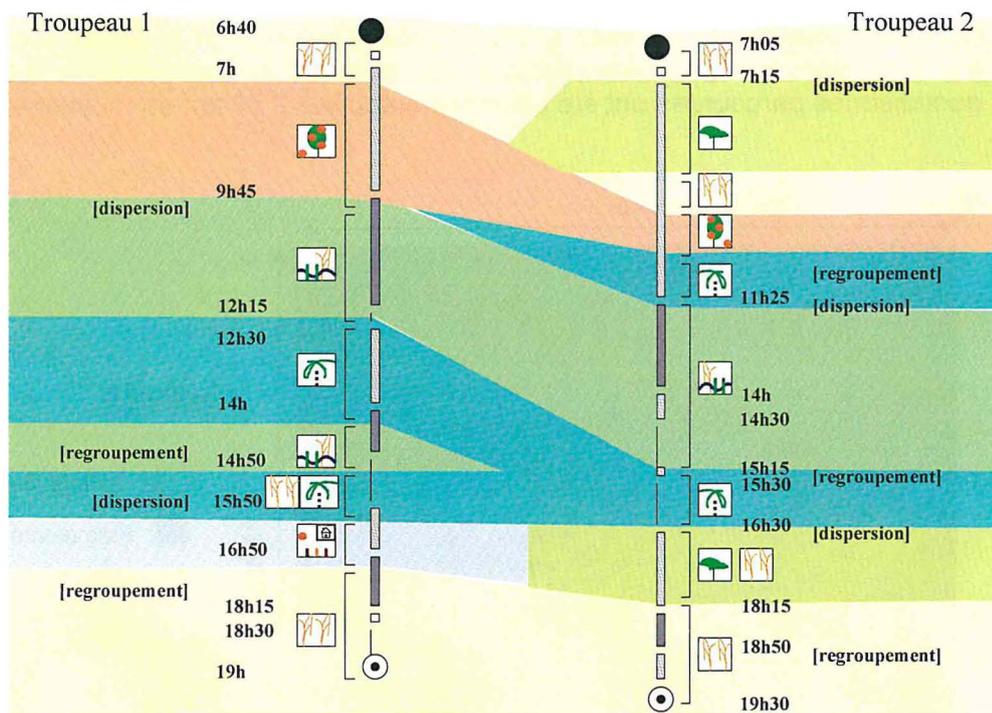


Figure 5. Représentation schématique des grandes unités de végétation visitées au cours d'un parcours journalier coutumier par les troupeaux 1 et 2, village Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.

- Unités de végétation
-  Champs ou Jachères
 -  Rizière
 -  Manguiers
 -  Palmeraie
 -  Forêt
 -  Alentours village

Allure type des circuits

Pareillement aux précédentes illustrations, la figure 6 nous présente deux circuits type, pour les troupeaux 1 et 2, sur un fond d'image satellite (image réelle) du finage villageois de Saré Yéro Bana

Le troupeau 1, à faible effectif (petit troupeau), rejoint immédiatement les manguiers au Nord, puis passe sur les repousses graminéennes de la rizière. Il visite éventuellement la palmeraie avant l'abreuvement, peu de temps avant de rejoindre l'aire de repos, en bordure des champs cultivés et de la palmeraie. Avant de rejoindre les parcelles de fin de journée, les animaux visitent toujours les abords des concessions. Les distances quotidiennes parcourues ont été estimées par mesures GPS, autour de 7,46 km en moyenne.

Le troupeau 2, à fort effectif (grand troupeau) est orienté vers le plateau. Il entre toujours dans la forêt par le même endroit. Les animaux rejoignent le village voisin, à l'ouest, et s'attardent sous les manguiers. Ils rejoignent ensuite la rizière, passant généralement une première fois au puits. Les groupes restent sur les repousses graminéennes de la rizière et sous les manguiers jusqu'à l'heure du repos, en bordures de la rizière et de la palmeraie, à proximité du puits de l'éleveur. En fin de journée, le troupeau remonte à l'interface entre le cordon forestier et le glacis cultivé, avant de s'arrêter sur les parcelles habituelles, comme le troupeau 1. Les distances quotidiennes parcourues ont été estimées autour de 9,59 km en moyenne.

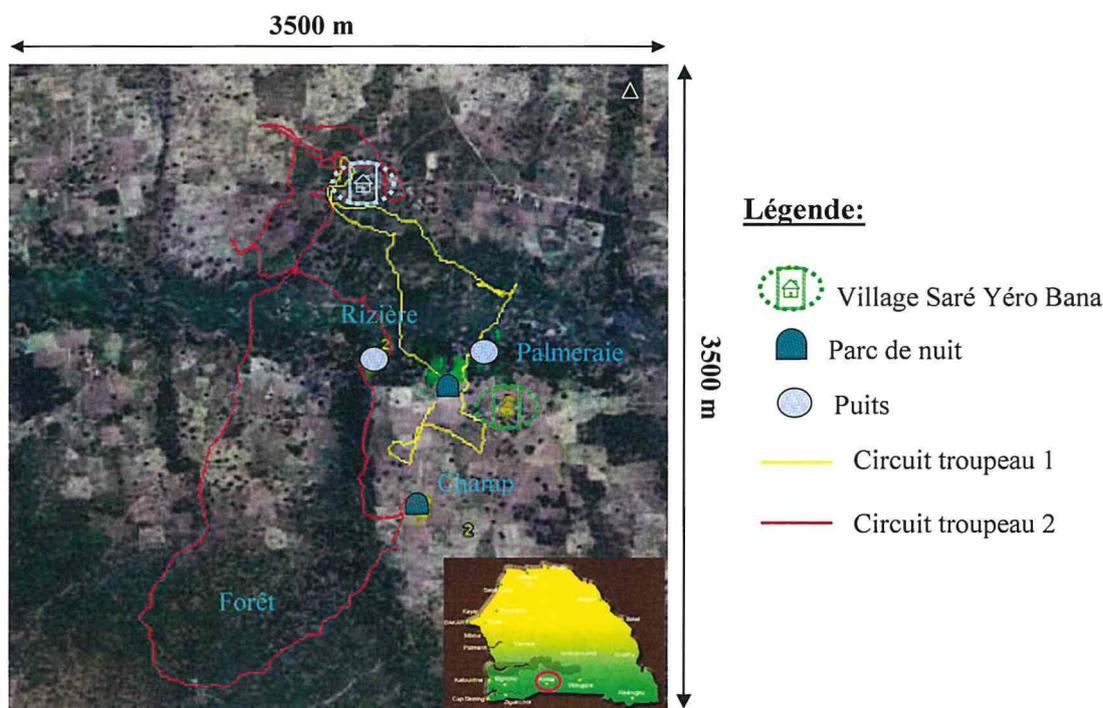


Figure 6. Vue simplifiée des circuits de pâture dans le finage villageois de Saré Yéro Bana (Kolda, Casamance, Sénégal).

III.1.2. Dahra

Les nombreux suivis quotidiens nous ont permis d'avoir quatre situations différentes, les deux premières concernent le Troupeau 1 et les deux dernières le Troupeau 2. Ces différentes situations concernent la position des campements, donc des parcs de nuit des troupeaux 1 et 2, par rapport aux points d'eau et au pâturage.

La première situation est que le campement était proche du point d'eau et loin des pâturages. La deuxième situation est que le campement était dans les pâturages et loin du point d'eau (transhumance) (figure 7).

Ces quatre situations (positionnement par rapport aux points d'eau et au pâturage) ont vraisemblablement bouleversé le comportement alimentaire et spatial des animaux considérés, du moins par le fait de l'instauration d'une activité nocturne

(déplacement et pâturage de nuit). Cela affirme l'existence de points d'attraction (point d'eau, pâturage et parc de nuit) qui déterminent et qui définissent les parcours des troupeaux (durées, distances, répartitions des grandes activités diurnes et instauration d'activité nocturne, etc.).

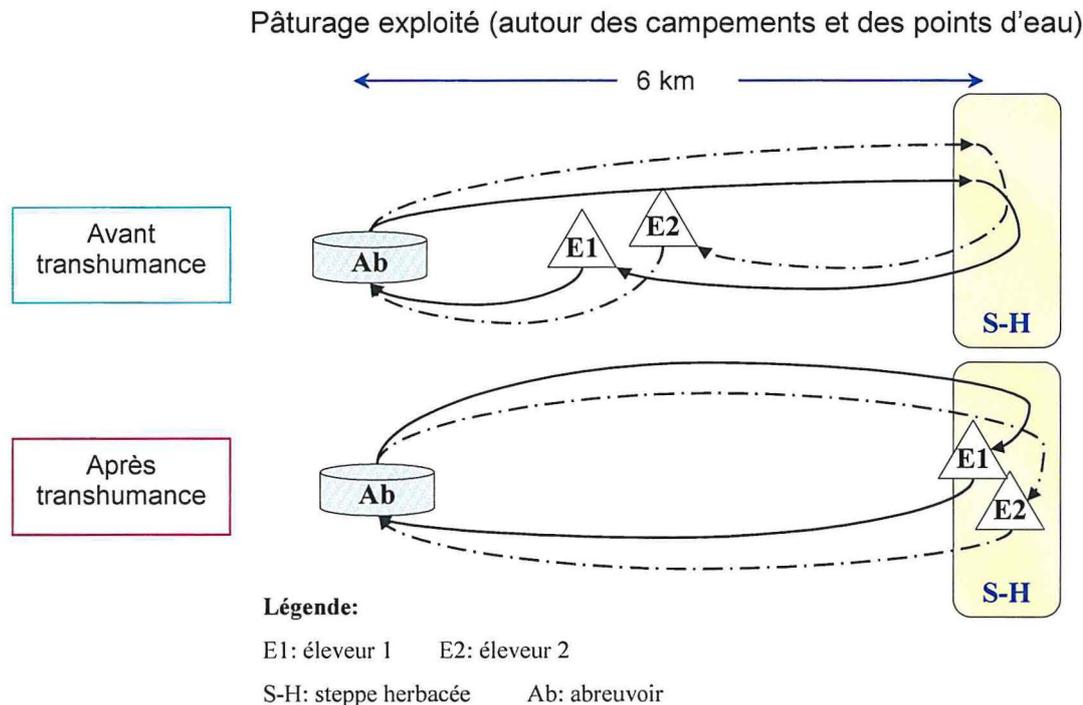


Figure 7. Représentation schématique simplifiée des circuits de déplacement selon la position des troupeaux 1 et 2 (parc de nuit), avant et après transhumance vers les pâturages, village Deck Wote, Dahra, Sénégal.

Synthèse des activités diurnes

Cette synthèse reprend les grandes tendances des comportements spatiaux et alimentaires du troupeau 1 et 2 avant et après la transhumance. Les grandes tendances des comportements spatiaux et alimentaires du troupeau 1 et 2 ne seront pas présentées distinctement car elles sont assez identiques.

Nous avons choisi de présenter pour chaque situation (avant et après la transhumance) une journée d'activité type et assez représentatives des autres journées de suivi. Nous n'avons pas fait de distinction entre troupeau 1 et troupeau 2 car les circuits empruntés par ces derniers, pour chaque situation (avant et après transhumance), sont assez identiques.

La figure 8 reprend les grandes tendances des activités diurnes pour le troupeau 1 et 2 avant et après la transhumance. Pour les deux cas, avant et après transhumance, la matinée est entièrement consacrée au déplacement, l'abreuvement et le repos, s'ensuit une phase de pâturage en milieu de journée, puis une phase de repos plus au moins longue selon qu'il y est eu ou pas des activités nocturnes (pâturage/déplacement de nuit) et aussi selon les températures ambiantes. La dernière

grande phase d'activités de la journée sera amputée, pour le cas « après transhumance », d'une séquence de déplacement (retour au campement) et sera aussi marquée par un raccourcissement du temps de parcours.

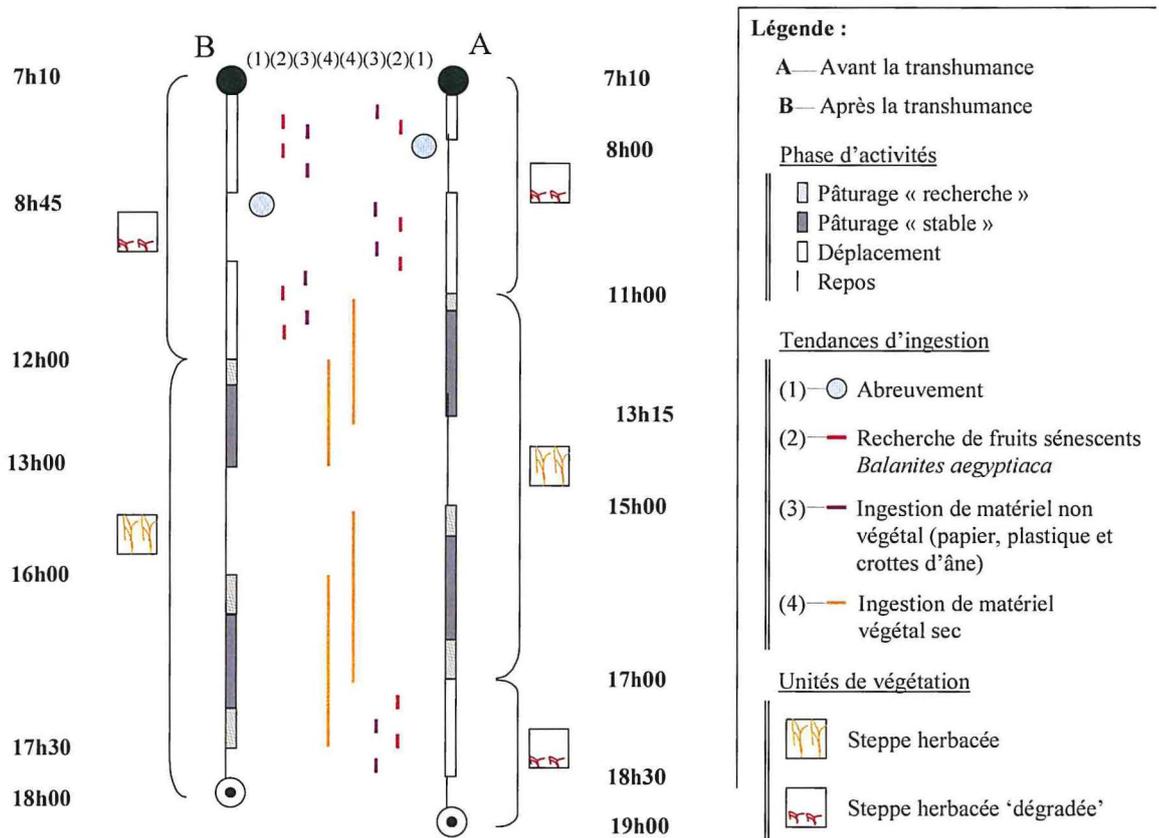


Figure 8. Synthèse du comportement spatial et alimentaire des troupeaux suivi sur le finage villageois de Deck Wote, Kolda, du 30 mai au 14 juin 2008.

Unités de végétation fréquentées

Cette synthèse des unités de végétation visitées par les troupeaux 1 et 2, avant et après la transhumance (figure 9), est réalisée à partir des deux journées d'activité type afin de représenter le plus fidèlement les autres journées de suivi. On notera une répétitivité dans la fréquentation des différentes unités végétales au cours des suivis pour chaque situation (avant et après transhumance). Nous n'avons pas fait de distinction entre troupeau 1 et troupeau 2 car les unités végétales visitées par ces derniers, pour chaque situation, sont assez semblables.

En l'absence de carte végétale de la zone d'étude et de l'incapacité d'identification précise des espèces présentes du fait de la saison (fin de saison sèche), nous évoquerons pour cette zone une seule unité végétale : une steppe herbacée à forte et à très faible biomasse. Constituées par des résidus, la steppe herbacée "dégradée" à très faible biomasse, située en périphérie des campements et points d'eau, est essentiellement lieu de déplacement, d'abreuvement et de repos (parc de nuit) pour la situation A. La steppe herbacée à forte biomasse lieu exclusif de pâturage et de repos (parc de nuit) pour la situation B.

Pour l'avant transhumance, les troupeaux 1 et 2, consacrent la majeure partie de la matinée au déplacement pour atteindre l'abreuvoir, puis la steppe herbacée. Cette première phase, de début de journée, et celle d'après la phase de pâturage "pâturée" se font sur la steppe herbacée "dégradée". Pour l'après transhumance, les troupeaux 1 et 2, passent toute la matinée pour faire l'aller-retour du campement (situé dans la steppe herbacée) vers l'abreuvoir (environ 13 km). Le reste de la journée et toute la nuit sont passées dans la steppe herbacée d'où l'instauration d'activités nocturnes, déplacement et pâturage.

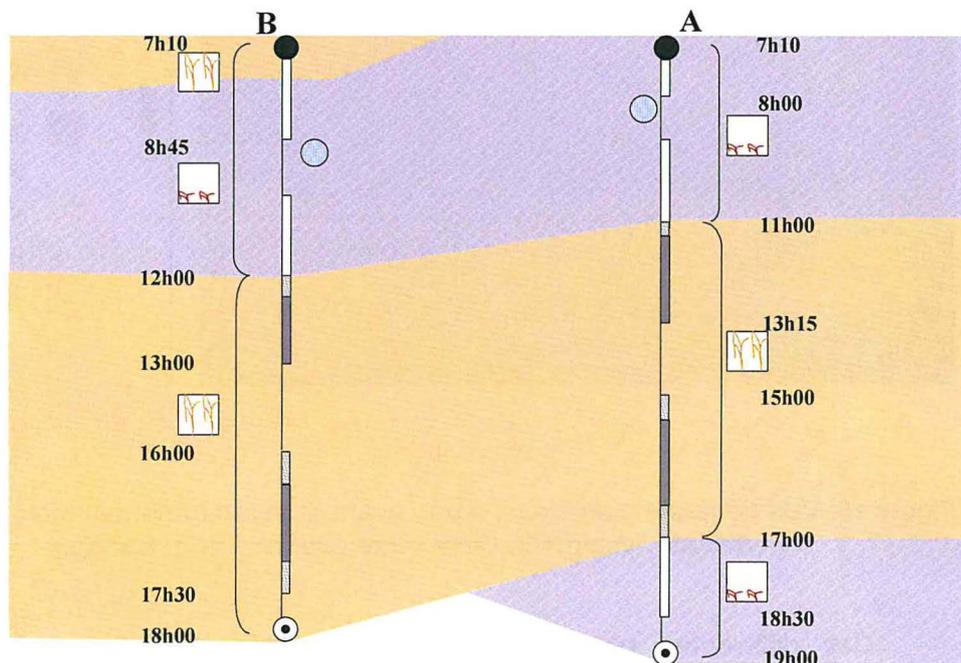


Figure 9. Représentation schématique des grandes unités de végétation visitées au cours d'un parcours journalier coutumier avant et après la transhumance (respectivement A et B), village Deck Wote, Dahra, Sénégal.

Unités de végétation

-  Steppe herbacée
-  Steppe herbacée "dégradée"

Allure type des circuits

Comme pour les précédentes illustrations, la figure 10 présente de deux circuits type, pour les troupeaux 1 et 2 avant et après la transhumance, sur un fond d'image satellite (image réelle) du finage villageois de Deck Wote.

Les troupeaux sont orientés par l'éleveur, en début de matinée, vers l'abreuvoir. La distance qui les sépare vers ce dernier point est variable selon les deux cas de figure (avant et après transhumance). Puis les troupeaux, toujours orientés, se déplacent en direction des pâturages distants de 6 km environ par rapport au point d'eau. Les animaux passent l'après midi dans la steppe herbacée pâturée et retournent le soir au campement (avant transhumance) ou bien passent le reste de la journée et toute la nuit (après transhumance) dans les pâturages (steppe herbacée).

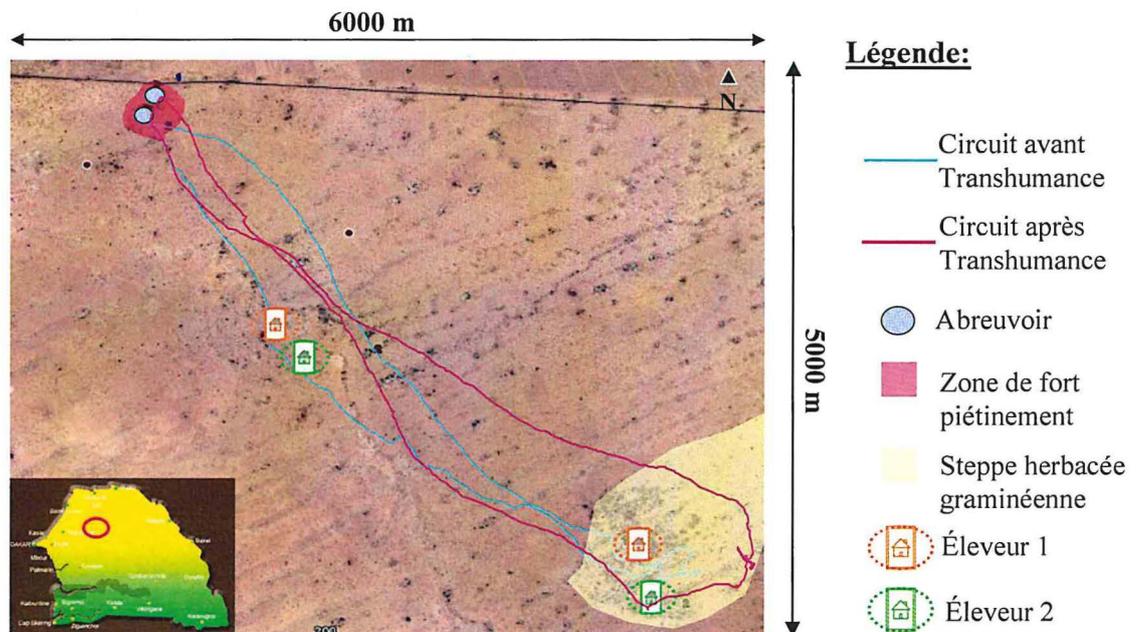


Figure 10. Vue générale d'un circuit type, avant et après transhumance, dans la zone d'étude. Village de Deck Wote, Dahra, Ferlo, Sénégal.

Ces différentes représentations des activités journalières, des unités de végétation fréquentées et des circuits de parcours nous donnent un aperçu des différences des comportements spatiaux et alimentaires entre Kolda et Dahra. En effet des différences peuvent être soulignées concernant les temps de pâturage, de déplacement et de repos entre les troupeaux du même site et aussi entre les troupeaux des deux régions d'étude. Des différences relatives aux distances de parcours et aux régimes alimentaires (unités végétales pâturées) sont assez perceptibles notamment entre les deux zones expérimentales. Afin de confirmer ou d'infirmer ces divergences nous allons soumettre nos résultats à des analyses statistiques.

III.2. Analyses des paramètres spatiaux

Dans le but de mettre en évidence un éventuel effet troupeau, journée et zone de suivi (soudano-guinéenne et sahélienne), nous avons réalisé une série de test statistique (Mann_Whitney et Chi2) sur différents paramètres et variables descriptives : temps de déplacement, temps de pâturage, temps de repos, temps de parcours, distance parcourue, heures de départ et de retour, nature des unités végétales visitées. Pour chacune de ces analyses, nous avons étudié l'effet du facteur taille du troupeau (faible et grand effectif).

Les tableaux 1 et 2, présentent une comparaison des différentes activités diurnes et caractéristiques des circuits des troupeaux 1 et 2 à Kolda et Dahra. Ils synthétisent les différentes activités quotidiennes (déplacement, pâturage et repos) et quelques caractéristiques des circuits empruntés par les troupeaux de bovins (temps et distances de parcours). Les tableaux 3 et 4, présentent une synthèse des durées de passage des troupeaux 1 et 2 dans les différentes unités de végétations et ce pendant la totalité des jours de suivi dans les deux zones d'étude.

		Suivi1	Suivi2	Suivi3	Suivi4	Suivi5	Moyenne ± ET
Temps de déplacement (h)	Troupeau 1	2,65	1,32	1,62	1,15	1,99	1,75 ± 0,60
	Troupeau 2	1,22	1,54	2,53	1,82	1,80	1,78 ± 0,48
Temps de pâturage (h)	Troupeau 1	7,50	9,13	8,53	8,37	7,95	8,30 ± 0,61
	Troupeau 2	8,88	8,63	8,35	9,33	8,80	8,80 ± 0,36
Temps de repos (h)	Troupeau 1	1,63	1,47	1,80	2,48	1,43	1,76 ± 0,43 *
	Troupeau 2	1,90	1,42	0,42	0,35	1,23	1,06 ± 0,67 *
Total (temps de parcours) (h)	Troupeau 1	11,70	12,00	11,95	12,00	11,33	11,80 ± 0,29
	Troupeau 2	12,00	11,58	11,30	11,50	11,83	11,64 ± 0,28
Distance parcours (km)	Troupeau 1	8,86	6,34	6,61	7,02	8,49	7,46 ± 1,14 *
	Troupeau 2	8,37	11,20	8,42	9,89	10,09	9,59 ± 1,2 *

* différence significative au seuil de $p < 0,1$

Tableau 1. Comparaison des différentes activités diurnes et caractéristiques du circuit des Troupeaux 1 et 2 pour les cinq suivis réalisés à Kolda.

		Suivi 1	Suivi 2	Suivi 3	Suivi 4	Moyenne ± ET
Temps de déplacement (h)	Troupeau 1	4,73	4,00	3,38	3,48	3,90 ± 0,62
	Troupeau 2	5,20	3,87	3,85	4,25	4,29 ± 0,63
Temps de pâturage (h)	Troupeau 1	3,30	2,20	2,90	2,52	2,73 ± 0,48
	Troupeau 2	3,32	2,57	3,20	2,96	3,01 ± 0,33
Temps de repos (h)	Troupeau 1	3,75	3,73	4,35	4,33	4,04 ± 0,35
	Troupeau 2	2,48	4,20	3,87	3,39	3,49 ± 0,75
Total (temps de parcours) (h)	Troupeau 1	11,78	9,93	10,63	10,33	10,67 ± 0,80
	Troupeau 2	11,00	10,63	10,92	10,60	10,79 ± 0,20
Distance parcours (km)	Troupeau 1	15,80	14,00	15,70	13,47	14,74 ± 1,18
	Troupeau 2	16,80	15,60	15,70	15,83	15,98 ± 0,55

Pas de différences significatives

Tableau 2. Comparaison des différentes activités diurnes et caractéristiques du circuit des Troupeaux 1 et 2 pour les quatre suivis réalisés à Dahra.

		Suivi 1	Suivi 2	Suivi 3	Suivi 4	Suivi 5	Moyenne ± ET
		Durée dans l'unité de végétation en heure					
Paille-litière	Troupeau 1	6,17	3,05	3,60	4,39	4,89	4,42 ± 1,21 **
	Troupeau 2	2,58	2,93	3,22	2,82	3,38	2,99 ± 0,32 **
palmeraie	Troupeau 1	0,61	0,23	1,62	1,80	1,07	1,07 ± 0,66
	Troupeau 2	1,55	1,70	1,58	1,62	0,97	1,48 ± 0,29
Rizière	Troupeau 1	3,13	5,03	4,35	3,93	4,59	4,21 ± 0,72 *
	Troupeau 2	3,85	1,88	3,70	3,27	3,43	3,23 ± 0,79 *
fruits	Troupeau 1	1,79	2,95	0,92	1,89	0,75	1,66 ± 0,88
	Troupeau 2	0,92	0,40	1,85	2,52	0,38	1,21 ± 0,94
ligneux	Troupeau 1	-	-	-	-	-	-
	Troupeau 2	3,10	4,57	0,88	1,28	3,37	2,64 ± 1,53

** différence significative au seuil de $p < 0,05$

* différence significative au seuil de $p < 0,1$

Tableau 3. Comparaison des durées en heure dans les différentes unités de végétation visitées par les troupeaux 1 et 2 pour les cinq suivis réalisés à Kolda. L'unité "paille-litière" regroupe les champs cultivés, les jachères et les herbes annuelles. L'unité "fruits" regroupe les durées d'ingestion de mangue et de pomme de cajou.

		Suivi 1	Suivi 2	Suivi 3	Suivi 4	Moyenne ± ET
		Durée dans l'unité de végétation en heure				
Steppe herbacée 'dégradée'	Troupeau 1	5,533	3,867	2,433	6,258	4,52 ± 1,72
	Troupeau 2	5,700	4,867	4,825	5,417	5,20 ± 0,43
Champ de mil	Troupeau 1	0,050	0,000	0,067	0,183	0,08 ± 0,08
	Troupeau 2	0,000	0,000	0,000	0,100	0,03 ± 0,05
Steppe herbacée	Troupeau 1	6,300	5,850	6,267	3,958	5,59 ± 1,11
	Troupeau 2	5,433	5,667	5,042	5,067	5,30 ± 0,30

Pas de différences significatives

Tableau 4. Durées en heure dans les différentes unités de végétation visitées par les troupeaux 1 et 2 pour les quatre suivis réalisés à Dahra.

III.2.1. Kolda

Les différents résultats distinctifs des activités journalières du troupeau 1 et 2 ont été soumis au test de Mann_Whitney pour un éventuel "effet troupeau" (moyen et grand effectif). Ce test n'a pas révélé de différence significative au seuil $P < 0,05$ pour tous les paramètres étudiés (tableau 1). Par contre, un effet troupeau, significatif pour un seuil $P < 0,1$, a été mis en évidence pour la distance des parcours et les temps de repos (test Mann_Whitney ; $n_1 = n_2 = 5$; $U = 4$; $P < 0,1$). Cette différence concernant les temps de repos serait plus liée à un événement climatique (épisode orageux) qui a modifié le comportement du troupeau qu'à un éventuel "effet troupeau". Pour ces distances parcourues, le troupeau 2 a tendance à marcher plus car il est orienté par l'éleveur vers la forêt, proche du parc de nuit.

Concernant un éventuel "effet jour" relatif aux mêmes paramètres (activités journalières), nos résultats ont été soumis un test de χ^2 . Ce test n'a pas mis en évidence un quelconque "effet jour", ni pour le troupeau 1 (test χ^2 ; $X^2 = 1,302$; $ddl = 8$; $P \gg 0,05$), ni pour le troupeau 2 (test χ^2 ; $X^2 = 2,224$; $ddl = 8$; $P \gg 0,05$). Ceci va dans le sens de la répétitivité des comportements spatiaux (circuits et points de passage).

Pour la durée des fréquentations des unités de végétation (tableau 3 et figure 11), le même test (chi2) à été appliqué pour mettre en évidence un éventuel "effet jour". Ce test n'a pas révélé le moindre "effet jour" sur la fréquentation des unités de végétation que ce soit chez le troupeau 1 (test chi2 ; $X^2=5,226$; $ddl=12$; $P \gg 0,05$) ou bien chez le troupeau 2 (test chi2 ; $X^2=7,638$; $ddl=16$; $P \gg 0,05$). Cette homogénéité confirme la répétitivité des activités et du comportement spatial.

Par contre un "effet troupeau" à été mis en évidence avec le test de Mann_Whitney pour la durée de fréquentation de l'unité de végétation "paille-litière" et "rizière" pour des seuils de probabilité $P < 0,05$ et $P < 0,1$ respectivement (paille-litière ; test Mann_Whitney ; $n_1=n_2=5$; $U=2$; $P < 0,05$) (rizière ; test Mann_Whitney ; $n_1=n_2=5$; $U=4$; $P < 0,1$). Ces différences peuvent s'expliquer par le passage du troupeau 2 par la forêt. Ceci diminue les temps de passage sur les autres unités de végétation.

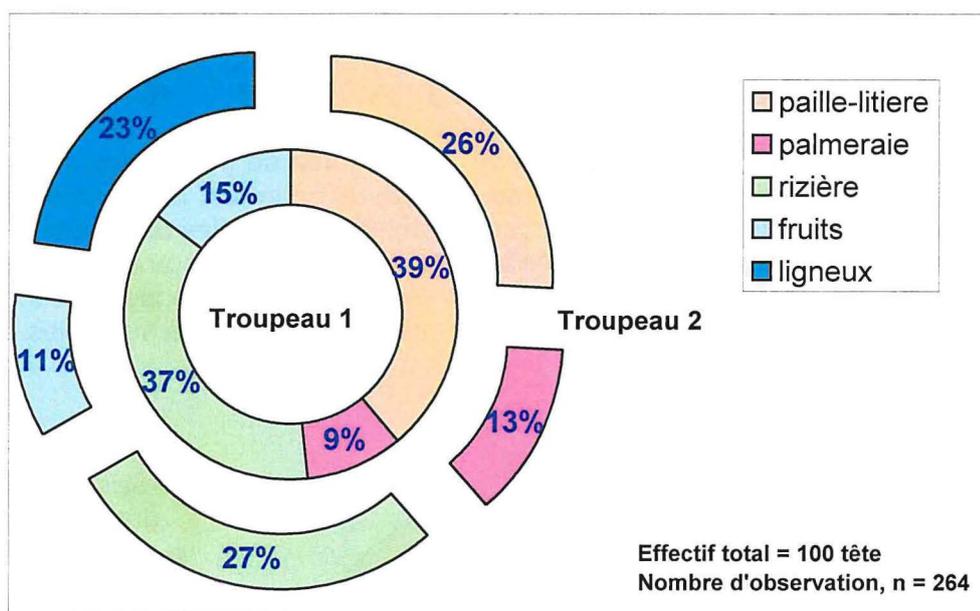


Figure 11. Comparaison des grandes tendances de fréquentation des unités végétales des troupeaux 1 et 2 en zone soudano-guinéenne (Kolda).

Ce graphe illustre les différences dans les proportions (moyenne) de fréquentation des faciès végétaux, au cours d'un circuit quotidien. Les troupeaux 1 et 2 fréquentent, principalement, la rizière (37 % et 27 % pour les troupeaux 1 et 2 respectivement) et tous ce qui est paille-litière (Tableau 3) (39 % et 26 % pour le troupeau 1 et 2 respectivement). On note aussi de passage dans la palmeraie et verger d'arbre fruitier pour les deux troupeaux. La seule différence est que le troupeau 2 passe 23 % de son temps de parcours en forêt (ligneux).

Nous avons voulu aussi mettre en évidence un éventuel "effet troupeau" concernant les heures de départ et les heures de retour. Seul un "effet troupeau", très significatif, pour les heures de départ a été dévoilé (test Mann_Whitney ; $n_1=n_2=5$; $U=0$; $P < 0,05$). Ceci est lié aux pratiques des éleveurs, le troupeau 2 est relâché plutôt que le troupeau 1.

III.2.2. Dahra

Les différents résultats distinctifs des activités journalières du troupeau 1 et 2 ont été soumis au test de Mann_Whitney pour un éventuel "effet troupeau" (moyen et grand effectif). Ce test n'a pas révélé de différence significative au seuil $P < 0,05$ pour tous les paramètres étudiés (tableau 2). Ces similitudes sont le fait d'une localisation similaire des campements par rapport aux points d'eau et de pâturage.

Concernant un éventuel "effet jour" concernant les mêmes paramètres (activités journalières), nos résultats ont été soumis un test de χ^2 . Ce test n'a pas mis en évidence un quelconque "effet jour", ni pour le troupeau 1 (test χ^2 ; $X^2=2,14$; $ddl=6$; $P \gg 0,05$), ni pour le troupeau 2 (test χ^2 ; $X^2=0,866$; $ddl=6$; $P \gg 0,05$). Ceci souligne la répétitivité des phases d'activité tout au long des suivis.

Pour la durée des fréquentations des unités de végétation (tableau 4 et figure 12), le même test (χ^2) à été appliqué pour mettre en évidence un éventuel "effet jour". Ce test n'a révélé le moindre "effet jour" sur la fréquentation des unités de végétation que ce soit chez le troupeau 1 (test χ^2 ; $X^2 = 5,46$; $ddl = 6$; $P \gg 0,05$) ou bien chez le troupeau 2 (test χ^2 ; $X^2 = 0,38$; $ddl = 6$; $P \gg 0,05$). Afin de mettre en évidence un éventuel "effet troupeau" sur la durée de fréquentation de ces unités de végétation, nous avons analysé nos résultats avec le test Mann_Whitney. Ce dernier n'a montré aucun effet significatif concernant le type d'unités de végétation fréquentées par les deux troupeaux. Ceci confirme la similitude des journées de suivi. Le milieu n'offre pas un grand choix d'unités de végétation (une steppe herbacée). Les deux troupeaux sont contraints à effectuer le même parcours et à visiter les mêmes unités de végétation.

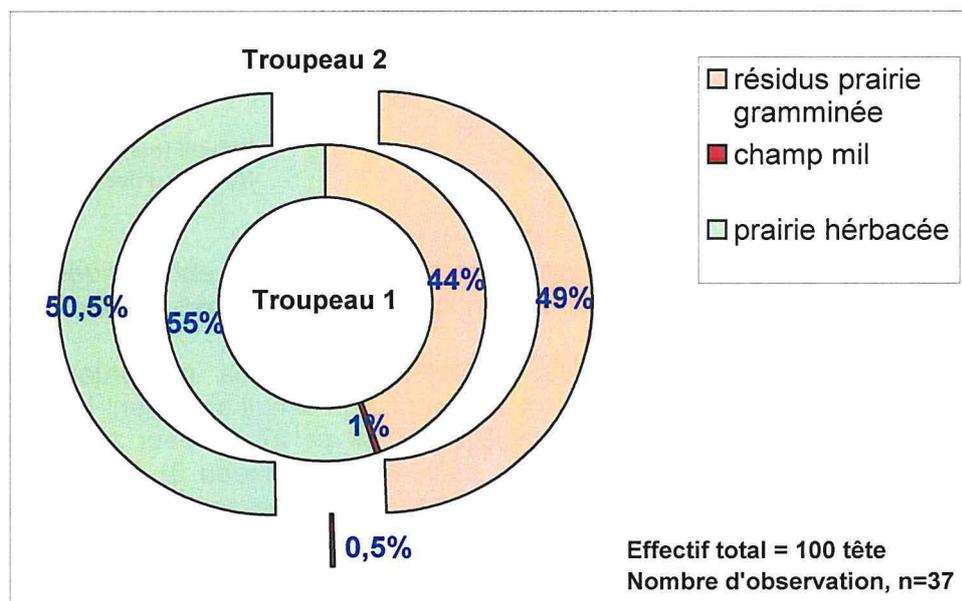


Figure 12. Comparaison des grandes tendances de fréquentation des unités végétales des troupeaux 1 et 2 en zone sahéenne (Dahra).

Ce graphe illustre les différences dans les proportions (moyenne) de fréquentation des faciès végétaux, au cours d'un circuit quotidien. Les troupeaux 1 et 2 fréquentent, principalement, les résidus d'une steppe graminéenne (44 % et 49 % pour les troupeaux 1 et 2 respectivement) et la steppe herbacée graminéenne (55 % et 50,5 % pour les troupeaux 1 et 2 respectivement). On note de bref passage (sans pâturage) dans les champs de mil pour les deux troupeaux.

Comme pour Kolda, nous avons cherché à démontrer, pour les suivis de Dahra, un éventuel "effet troupeau" pour les heures de départ et de retour. Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence avec le test de Mann_Whitney pour les deux paramètres mentionnés. Les éleveurs du troupeau 1 et 2 avaient les mêmes pratiques (mêmes heures de départ et de retour).

III.2.3. Comparaison du comportement spatial (Kolda et Dahra)

Les résultats obtenus à partir des observations recueillies sur les deux régions agroclimatiques au Sénégal, zones soudano-guinéenne (Kolda) et sahélienne (Dahra), démontrent des différences importantes en terme de temps de déplacement, de pâturage et de repos au cours d'un parcours journalier (figure 13).

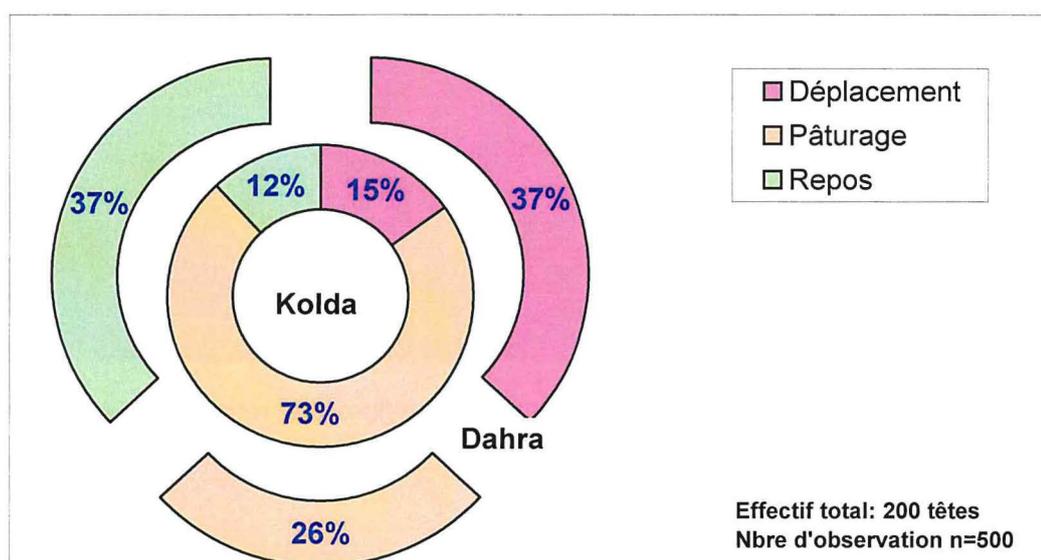


Figure 13. Comparaison des grandes tendances d'activités en zone soudano-guinéenne (Kolda) et sahélienne (Dahra) au cours d'un parcours quotidien.

Cette figure illustre les différences dans les proportions d'activités journalières, au cours d'un circuit quotidien. La proportion de déplacement est de 37 % pour Dahra et elle n'est que de 15 % pour Kolda. La proportion de pâturage est de 26 % à Dahra et elle atteint 73 % à Kolda. La proportion de repos est de 37 % à Dahra et elle n'est que de 12 % à Kolda. On peut dire que les animaux à Dahra consacrent que 26 % du temps de parcours pour s'alimenter et dédient le reste du temps aux déplacements et repos. Par contre, à Kolda, les animaux consacrent que 27 % pour le déplacement et le repos, le reste du temps est réservé pour l'alimentation.

Pour confirmer ces tendances, nous avons analysé nos résultats avec le test de Mann_Whitney pour mettre en évidence d'éventuelles différences significatives des différents paramètres étudiés entre les deux zones d'étude. Ce test a donc confirmé ces tendances et a montré des différences très significatives pour la durée de déplacement, de pâturage et de repos [test Mann_Whitney (déplacement, pâturage et repos) ; $n_1=4$; $n_2=5$; $U=0$; $P << 0,05$]. Ces différences sont essentiellement liées aux conditions agroclimatiques et aux ressources fourragères disponibles. Contrairement à Kolda, Dahra présente un environnement pauvre en ressources fourragères. Ceci contraint les animaux à adapter leur comportement spatial et alimentaire (figure 14 et 15).

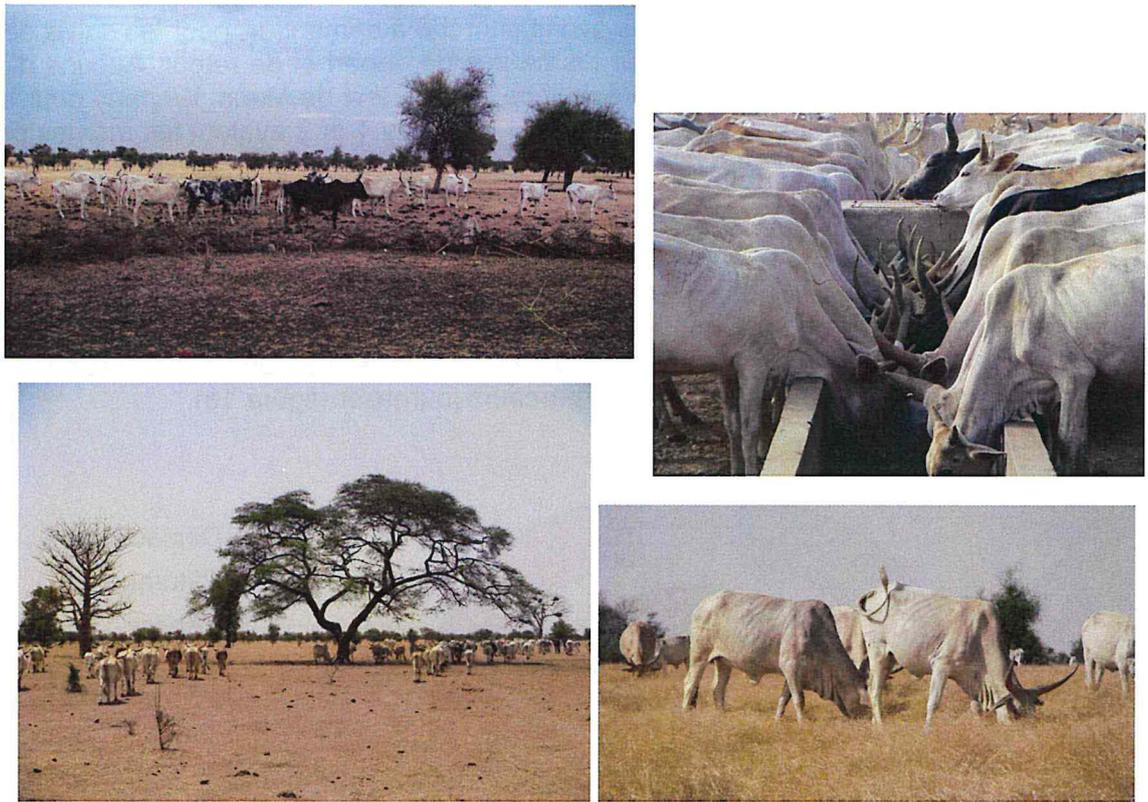


Figure 14. Photos des suivis de troupeau en libre pâture en fin de saison sèche en région sahélienne. Village de Deck Wote, Dahra, Sénégal.



Figure 15. Photos des suivis de troupeau en libre pâture en fin de saison sèche en région soudano-guinéenne. Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.

III.3. Analyses des paramètres alimentaires

Dans cette partie, nous nous intéresserons particulièrement à certains paramètres quantitatifs ayant fait l'objet d'étude (mesures, comptages, pesées et prélèvements) au cours de nos expérimentations à Kolda et à Dahra. Les résultats obtenus pour deux paramètres importants seront développés, à savoir les quantités ingérées et les vitesses d'ingestion.

III.3.1. Les quantités ingérées

Une moyenne de 2837,52 g a été obtenue avec un minimum et un maximum de 873,24 g et de 6339,78 g respectivement. Les moyennes des QI de chaque catégorie de vache, petit et grand format, pleine ou vide (gestante ou non) sont présentées dans le tableau 5 et la figure 16.

QI par catégories de vache					
	QI-Troupeau (g)	QI-Grande (g)	QI-Petite (g)	QI-Pleine (g)	QI-Vide (g)
Moyenne	2837,52	2859,53	2807,33	2791,89	2869,47
Ecart type	1168,63	1193,24	1147,32	1128,57	1204,27
Min.	873,24	873,24	1395,33	1294,81	873,24
Max.	6339,78	6283,64	6339,78	6283,64	6339,78

Pas de différences significatives

Tableau 5. Récapitulatif des quantités ingérées moyennes, totale et par catégories des vaches, de la période du 6 au 19 mai 2008. Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.

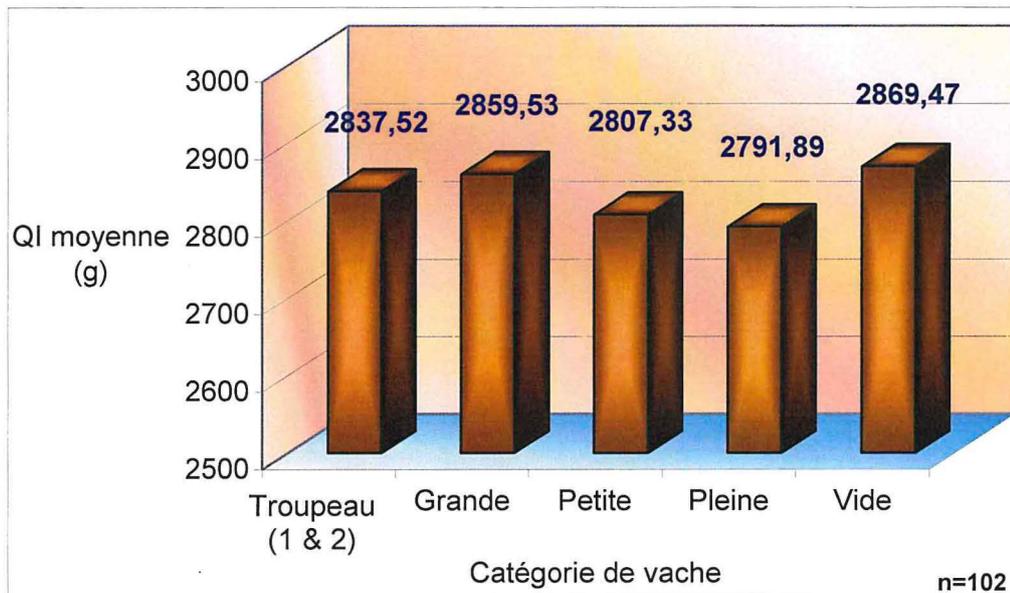


Figure 16. Quantités ingérées moyennes, totale et par catégorie de vache de la période du 6 au 19 mai 2008, Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal

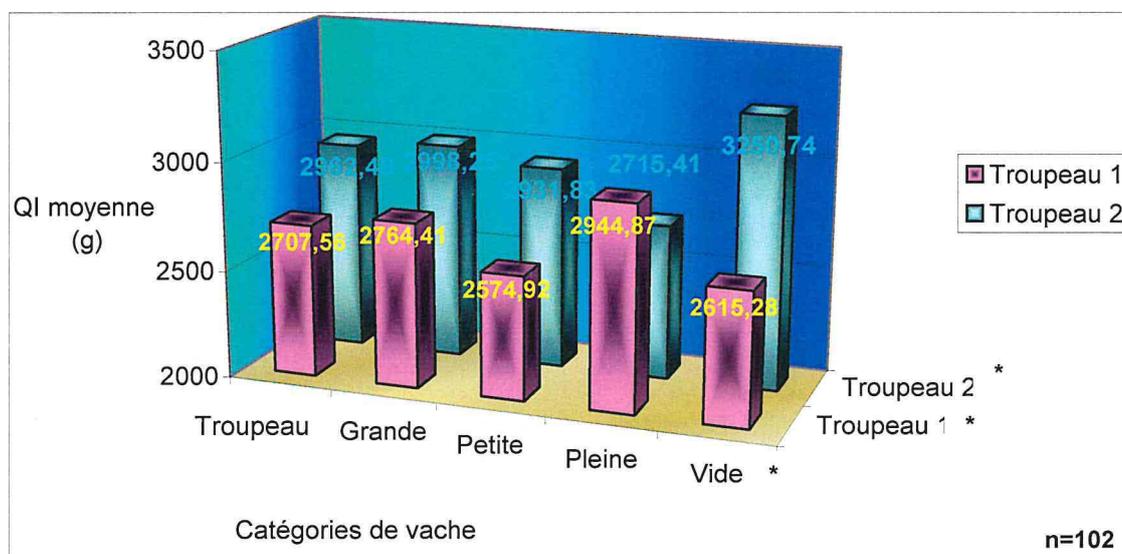
Ce graphe montre nettement des QI assez semblables chez les différentes catégories de vache avec un écart type 38,2. Cette similitude des QI a été confirmée par des tests statistiques (test de Student). Ces moyennes ont été obtenues sans distinction de troupeau, toutes les vaches ont été prises en compte. Nous avons ensuite calculé les quantités ingérées moyennes pour chaque troupeau et pour chaque catégorie de vache, petit et grand format, pleine et vide (gestante ou non). Le tableau 6 et la figure 17 présentent ces moyennes de QI.

		QI par catégories des vaches				
		QI-Troupeau (g)	QI-Grande (g)	QI-Petite (g)	QI-Pleine (g)	QI-Vide (g)
Moyenne	Troupeau 1 *	2707,56	2764,41	2574,92	2944,87 ^a	2615,28 ^a
	Troupeau 2 *	2962,48	2998,25	2931,83	2715,41 ^{a,b}	3250,74 ^b
Ecart type	Troupeau 1	1113,59	1215,04	853,21	1181,59	1089,15
	Troupeau 2	1216,84	1172,28	1274,41	1115,20	1289,30
Min.	Troupeau 1	873,24	873,24	1744,23	1770,00	873,24
	Troupeau 2	1294,81	1294,81	1395,33	1294,81	1452,00
Max.	Troupeau 1	5866,67	5866,67	4377,53	5866,67	5721,55
	Troupeau 2	6339,78	6283,64	6339,78	6283,64	6339,78

* différence significative au seuil de $p < 0,1$

Les cases portant des lettres différentes entre elles présentent des différences significatives
 Les cases sans lettres ne présentent pas de différences significatives entre elles

Tableau 6. Récapitulatif des quantités ingérées moyennes totales, par troupeau et par catégorie de vache, de la période du 6 au 19 mai 2008. Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.



* différence significative au seuil de $p < 0,1$

Figure 17. Quantités ingérées moyennes totales, par troupeau et par catégorie de vache de la période du 6 au 19 mai 2008, Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal

Globalement, il existe une différence significative entre le troupeau 1 et 2, au seuil $p < 0,1$, concernant les quantités ingérées pour les différents paramètres (QI-troupeau, QI des vaches de grand et petit format, QI des vaches gestantes et non gestantes) (test Mann_Whitney ; $n_1=n_2=5$; $U=0$; $P=0,056$). Aucune différence significative n'a été mise en évidence par le test de Student concernant ces QI pour le format des vaches (grande ou petite) ni pour l'état physiologique (gestante ou non gestante) au sein du même troupeau.

En comparant deux à deux chaque paramètre de chaque troupeau (QI Totale Troupeau 1 – QI Totale Troupeau 2 ; QI Grande Troupeau 1 – QI Grande Troupeau 2 ; etc.) nous n'avons pas mis en évidence de différence significative au seuil $p < 0,05$. Seul un effet significatif au seuil $p < 0,1$ était révéler pour la catégorie des vaches vides (non gestantes) (test t ; $t=-1,99$; $ddl=43,6$; $p=0,053$).

Les différences des QI entre troupeau 1 et 2 pourraient être expliquées par l'effet exercé par le groupe (troupeau), effet d'entraînement et concurrence pour l'accès à la nourriture (effet plus important chez les troupeaux de plus grande taille).

III.3.2. Les vitesses d'ingestion

III.3.2.1. Kolda

Les vitesses d'ingestion (VI) moyennes, estimées par le dénombrement des coups de dents sur une minute et par la collecte du berger, sont présentées dans les tableaux 7 et 8. Ces tableaux présentent les différentes VI, des troupeaux 1 et 2 et catégories considérées de vache, évaluées sur les différentes unités de végétation.

Ces VI ont été évaluées sur plusieurs espèces végétales selon les unités végétales pâturées par les vaches observées. On retrouve pour la rizière essentiellement du *Cynodon dactylon* et du *Paspalum sp* (repousses graminéennes) aussi des pailles de riz (paille). Pour l'unité végétale paille-litière on retrouve des résidus de culture, maïs, sorgho, mil et arachide aussi des graminées telles que *Andropogon pseudapricus*, *Pennisetum pedicellatum* et *Digitaria horizontalis*. Concernant les ligneux, on retrouve essentiellement du *Triumfetta rhomboidea*, *Parkia biglobosa*, *Prosopis africana*, *Khaya senegalensis*, *Combretum nigricans* et des arbres fruitiers.

		Catégories de vache				
		Troupeau 1&2	Grande	Petite	Pleine	Vide
Rizière	Repousses graminéennes moy. ± ET(g MS/min)	9,85 ± 3,65 a	10,00 ± 3,85	9,66 ± 3,42	10,03 ± 3,80	9,75 ± 3,60
	Paille moy. ± ET(g MS/min)	36,18 ± 6,05 b	37,31 ± 6,28*	32,50 ± 3,79*	35,00 ± 5,86	37,22 ± 6,38
	Paille-Litière moy. ± ET(g MS/min)	32,4 ± 13,57 b	35,67±15,06**	28,80±10,88**	30,81 ± 12,53	33,51 ± 14,32
	Ligneux moy. ± ET(g MS/min)	16,32 ± 13,44 a	18,45 ± 15,60	13,38 ± 9,98	13,29 ± 4,72	18,08 ± 16,56

** différence significative au seuil de $p < 0,05$

* différence significative au seuil de $p < 0,1$

Les cases portant des lettres différentes entre elles présentent des différences significatives ($p < 0,05$)

Tableau 7. Vitesses d'ingestion, totale et par catégories de vache, des troupeaux 1 et 2 sur différentes unités végétales, suivis à Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.

Nous avons recherché d'éventuelle différence significative dans les VI entre les catégories de vache considérées et ce dans les différentes unités végétales fréquentées par les troupeaux. Seulement deux différences significatives, l'une au seuil $p < 0,05$ et l'autre au seuil $p < 0,1$ concernant la catégorie "format des vaches" (grande et petite) respectivement sur les unités végétales "Paille-Litière" et "Paille" (rizière) ("Paille-Litière" ; test t ; $t = 2,09$; $ddl = 58,14$; $p < 0,05$) ("Paille" ; test t ; $t = -17,37$; $ddl = 18,14$; $p < 0,1$) (tableau 7). Ces différences des VI entre vaches de petit et grand format sur certaines unités de végétation peuvent s'expliquer par des besoins alimentaires plus importants chez les vaches de grand format.

Les analyses réalisées sur nos résultats montrent qu'il existe un effet de l'unité de végétation sur les VI, nous avons pu mettre en évidence ces différences en comparant deux à deux les VI de nos unités de végétation. Concernant la rizière, "Repousses graminéennes" et "Paille", il existe une différence très significative dans les VI de ces deux dernières (test t ; $t = -17,37$; $ddl = 18,14$; $p < 0,05$), ce qui confirme la présence de deux types de végétation sur la rizière. Pour les VI des autres unités végétales, les différentes comparaisons ont dévoilé des différences significatives au seuil $p < 0,05$, sauf pour les unités "Repousses graminéennes" - "Ligneux" et "Paille" - "Paille-Litière" pour lesquelles les différences sont au seuil $p < 0,1$.

L'analyse statistique a montré une différence significative des VI sur de la "Paille-Litière" entre le troupeau 1 et 2 (test t ; $t = 2,12$; $ddl = 55,01$; $p < 0,05$). Pour les repousses graminéennes sur la rizière, pas de différence significative n'a été révélée (tableau 8). Cette différence pourrait s'expliquer par le passage du troupeau 2 par la forêt et la rizière avant d'arriver sur l'unité "Paille-Litière" ce qui entraînerait une baisse de motivation de pâturer sur cette unité.

	Rizière			
	Repousses graminéennes	Paille	Paille-Litière **	Ligneux
Troupeau 1	10,07 ± 3,67	-	35,84 ± 15,35	-
Troupeau 2	9,05 ± 3,59	36,18 ± 6,05	28,84 ± 10,56	16,32 ± 13,44

** différence significative au seuil de $p < 0,05$

Tableau 8. Vitesses d'ingestion, des troupeaux 1 et 2, sur différentes unités végétales suivis à Saré Yéro Bana, Kolda, Sénégal.

La recherche de corrélation entre VI et biomasse ou le nombre de bouchée et de corrélation du nombre de bouchée avec la biomasse (figure 18), réalisée grâce au logiciel d'analyse statistique R et au test de Corrélation de Pearson, a révélé l'existence de corrélation significative pour tous les paramètres cités. Il existe une corrélation positive et forte entre les VI et la biomasse ($t = 16,76$; $ddl = 192$; $r = 0,77$; $P < 0,05$). En revanche, des corrélations moyennes et négatives pour les VI avec le nombre de bouchée et le nombre de coup de dent avec la biomasse, ($t = -7$; $ddl = 192$; $r = -0,45$; $P < 0,05$) et ($t = -5,28$; $ddl = 192$; $r = -0,36$; $P < 0,05$) respectivement.

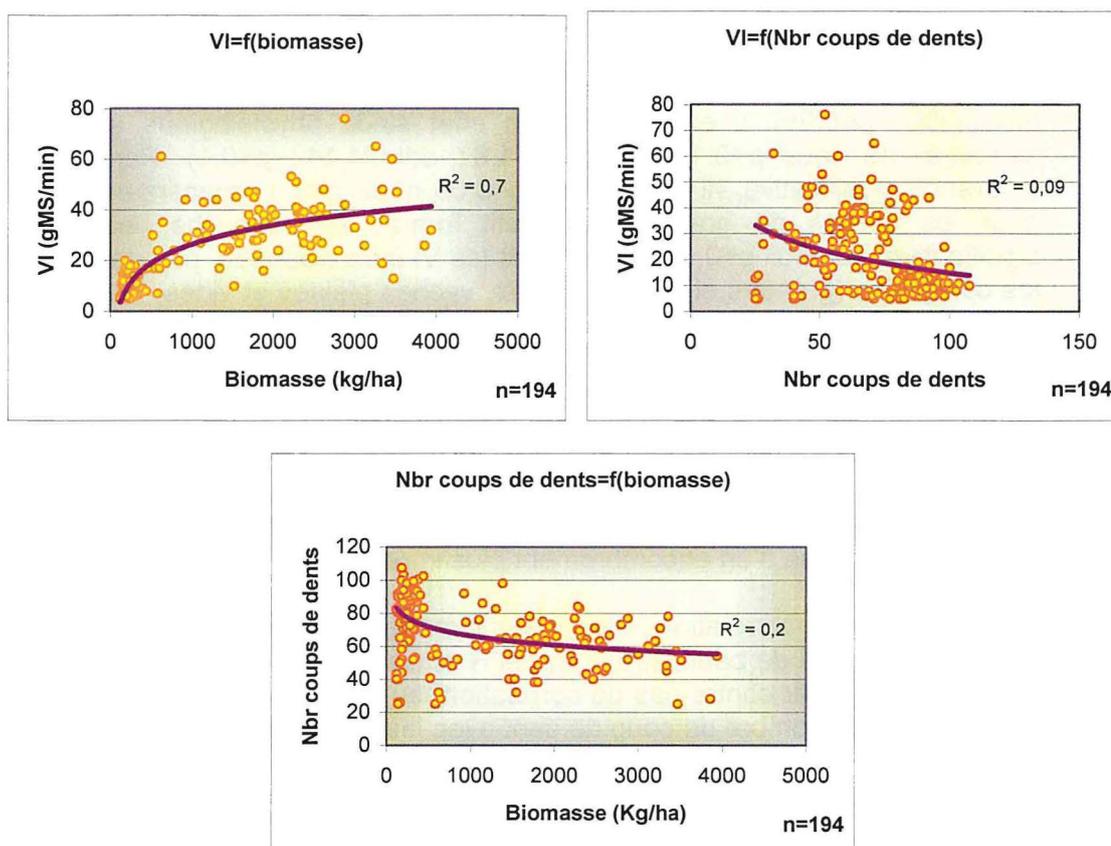


Figure 18. Représentation graphique des différentes corrélations des VI avec les biomasses et le nombre de bouchées ; et corrélation du nombre de bouchées avec les biomasses.

III.3.2.2. Dahra

Les vitesses d'ingestion (VI) moyennes, estimées par le dénombrement des coups de dents sur une minute et par la collecte du berger, sont présentées dans le tableau 9. Ces VI ont été appréciées sur des espèces graminéennes dont la composition a été déduite car l'identification précise n'a pu être possible à cause de l'absence d'inflorescence sur ces végétaux en fin de saison sèche. Parmi ces espèces on retrouve une composition de plantes susceptibles de pousser sur la même aire et qui constitue généralement une même unité phytosociologique. On retrouve essentiellement de *Eragrostis tremula* avec plusieurs d'autres espèces telles que *Chloris prierii*, *Chloris pilosa*, *Lepturella aristata* et *Daclyloctenium aegyptium*.

	Totale	Troupeau 1	Troupeau 2
VI moy. ± ET(g MS/min)	42,33 ± 6,36	39,76 ± 5,42 **	44,64 ± 5,64 **
VI-Grande moy. ± ET(g MS/min)	42,00 ± 6,34	40,28 ± 5,02	43,67 ± 6,97
VI-Petite moy. ± ET(g MS/min)	42,90 ± 6,46	39,14 ± 6,14	46,40 ± 4,60
VI-Pleine moy. ± ET(g MS/min)	41,18 ± 6,20 *	38,52 ± 4,57	43,61 ± 6,58
VI-Vide moy. ± ET(g MS/min)	43,72 ± 6,35 *	41,29 ± 6,12	45,89 ± 5,89

** différence significative au seuil de $p < 0,05$

* différence significative au seuil de $p < 0,1$

Tableau 9. Vitesses d'ingestion des troupeaux 1 et 2 suivis à Deck Wote, Dahra, Sénégal.

Nous avons effectué des comparaisons de moyenne des VI, inter troupeau (troupeau 1 et troupeau 2) et intra troupeau (format et état physiologique), avec le test de Student. Il existe un effet troupeau très significatif pour les VI (test t ; $t=-3,72$; $ddl=77,82$; $p<0,05$). Il existe aussi un effet stade physiologique (gestante et non gestante) au seuil $p<0,1$ (test t ; $t=-1,8$; $ddl=74,14$; $p<0,1$). Par contre pas de différence significative, ni au seuil de $p<0,05$ ni de $p<0,1$, concernant toujours les VI pour les vaches de grand et de petit format. En revanche, aucune différence significative, au seuil $p<0,05$, concernant les VI intra troupeau, pas de différence entre les catégories (grandes et petites vaches, vaches pleines et vides) ni pour le troupeau 1, ni pour le troupeau 2 (tableau 10).

Comme pour les troupeaux de Kolda, ceux de Dahra présentent une différence de VI entre les troupeaux 1 et 2. Ces VI sont plus élevées chez les vaches du troupeau 2. Ceci pourrait s'expliquer par l'effet groupe (entraînement et compétition pour l'accès à l'alimentation). Concernant la différence de VI chez les vaches vides et pleines (VI élevée chez les vaches vides), ces dernières présenteraient une faible motivation à s'alimenter à cause d'un encombrement plus important lié à la gestation.

Aussi, une corrélation positive et moyenne, a pu être mise en évidence pour les VI avec le nombre de bouchées (Logiciel R et test de Pearson ; $t = 3,88$; $ddl = 78$; $r = 0,4$; $P < 0,05$). Par contre pas de corrélation, au seuil de $p<0,05$, pour les VI avec les biomasses et le nombre de coup de dent avec les biomasses (figure 19).

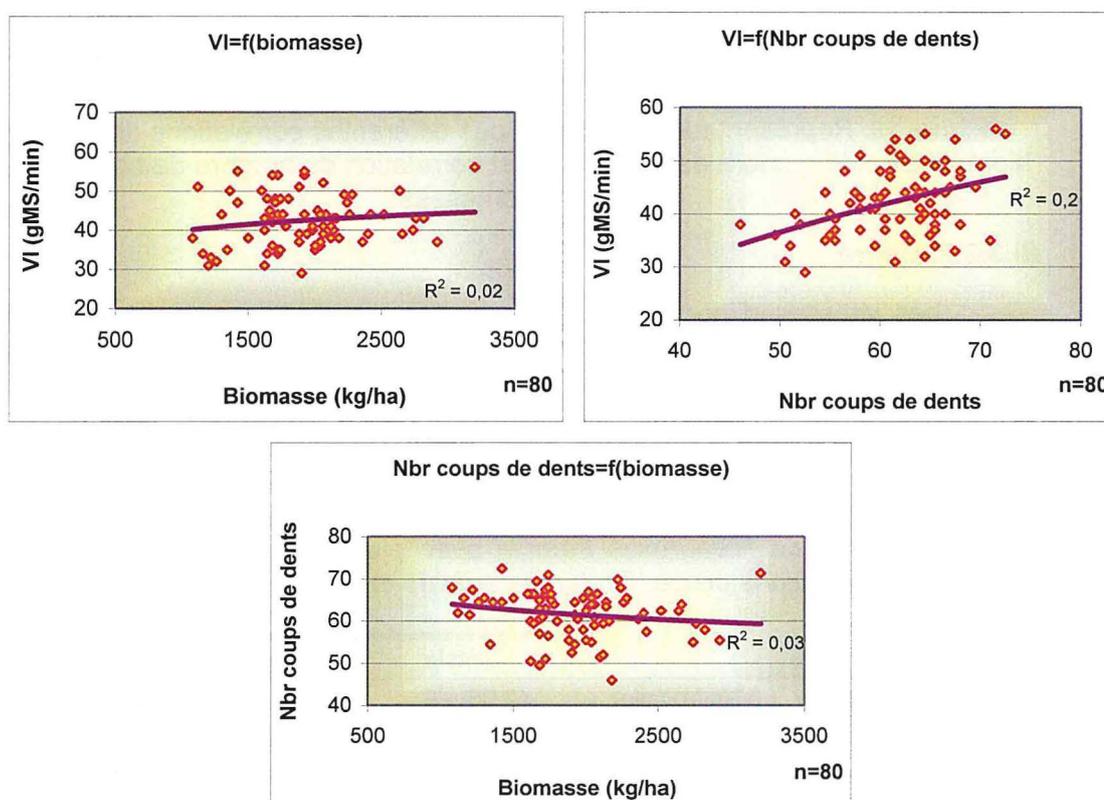


Figure 19. Représentation graphique des différentes corrélations des VI avec les biomasses et le nombre de bouchées ; et corrélation du nombre de bouchées avec les biomasses.

IV. Discussion

IV.1. Comportement spatial des bovins en libre pâture

Le comportement spatial est une composante du processus de pâturage, il est dicté par la saison qui dicte l'accessibilité aux différents types de parcelles, par la biomasse végétale disponible et par les points d'eau (Manlay *et al.*, 2000). Afin de visualiser le comportement spatial des bovins (troupeaux de bovins), nous avons adopté une méthode automatique et autonome à partir du système satellite GPS (Global Positioning System) avec des récepteurs portés par des observateurs. Ce dispositif permet de définir la position des bovins (troupeaux de bovins) : longitude, latitude et altitude (Decuq *et al.*, 1998).

Les troupeaux suivis durant nos expérimentations démontrent une certaine redondance des activités et des sites visités au cours des journées successives. Cette redondance peut s'expliquer par le rôle des points d'attraction tels que le parc de nuit et le point d'eau (Chirat *et al.*, 2007). L'utilisation de la mémoire spatiale pour retourner aux sites alimentaires préférés a été démontrée chez de nombreuses espèces dont les bovins (Bailey *et al.*, 1989a). Elle augmente l'efficacité de l'animal à exploiter les ressources de l'habitat (Gillingham & Bunnell, 1989), en diminuant le temps nécessaire à la recherche et à l'échantillonnage.

En effet, des études relatives au comportement alimentaire et spatial des bovins au pâturage ont mis en évidence que lorsque les herbivores exploitent des espaces vastes et très hétérogènes, ils utilisent leur mémoire pour se diriger directement vers leurs sites alimentaires préférés. Cet apprentissage de la distribution spatiale des meilleures ressources est rapide chez les bovins (Bailey *et al.*, 1989b). Ces derniers réagissent non seulement à la quantité de nourriture présente sur le site, mais aussi à sa qualité (Bailey & Sims, 1998).

On peut distinguer la « mémoire de référence » (au moins 20 jours pour les Ongulés), qui permet aux animaux de se rappeler la localisation et la nature des sites pendant longtemps, et la « mémoire vive » (au moins 8 h pour les Ongulés), qui contient les sites récemment consommés (Bailey *et al.*, 1989a & 1996). La mémoire serait sélective : les sites pauvres seraient oubliés moins rapidement que les sites riches car les grands herbivores seraient plus sensibles aux conséquences négatives que positives de leurs décisions (Bailey *et al.*, 1989a).

Nous avons constaté lors de nos suivis que les déplacements du troupeau sont initiés par des individus qui auraient une influence sur le reste du groupe. Leur statut semble être de niveau hiérarchique élevé, mais d'autres considérations peuvent entrer en jeu dans ces mouvements comme l'ont démontré de nombreuses études. Les mouvements du groupe dans l'espace font appel à des relations de "leadership"², l'initiation des déplacements étant généralement le fait des mêmes animaux (Sato, 1982). Chez les bovins, leadership et dominance ne sont pas directement liés (Kilgour & Scott, 1959 ; Arnold & Maller, 1974 ; Reinhardt, 1983), même si les animaux leaders peuvent être haut placés dans la hiérarchie (Sato, 1982). Pour Arnold (1977), les mouvements de groupe seraient initiés par les individus les moins grégaires qui pâturent fréquemment à une plus grande distance des autres. En revanche, ce sont les individus les plus sociaux qui se retrouvent en tête de groupe lorsque le mouvement est provoqué par l'homme (Syme, 1981).

² Le leadership est la capacité qu'ont certains animaux d'influencer et de recruter les autres membres du groupe, qui se traduit sur le terrain par des déplacements collectifs (Meese & Ewbank, 1973).

Chez les bovins, ce sont cependant plutôt des animaux âgés et donc plus expérimentés qui initient les déplacements du troupeau, et cela lors de mouvements volontaires (Stolba *et al.*, 1990) ou provoqués (Reinhardt, 1983 ; Bailey & Hoffman, 1998). Alors que Albright & Arave (1997), avancent que lors des mouvements volontaires, ce sont en général les vaches de rang moyen qui sont en tête, les dominantes au centre et les subordonnées ferment la marche. Durant les mouvements forcés, au contraire, ce sont plutôt les dominées (qui fuiraient l'homme) qui sont en tête.

L'occupation de l'espace dépend à la fois de la nourriture disponible sur le site, mais également des interactions dans le groupe. Les partenaires sociaux d'un animal influencent la distribution spatiale des vaches à travers leur influence sur les choix alimentaires du groupe. Dans les groupes constitués de longue date, la cohésion sociale prime sur les préférences individuelles (Scott *et al.*, 1995). Il faut enfin remarquer que la distribution spatiale des animaux au pâturage varie selon les races. Tout d'abord, la cohésion sociale est plus forte entre animaux d'une même race qu'entre animaux de races différentes (Arnold & Pahl, 1974).

Concernant les distances parcourues, plusieurs stratégies développées par les bovins ont été observées, cela en fonction des disponibilités fourragères, des distances entre les sites alimentaires, des valeurs nutritives du disponible végétal et des conditions climatiques. Pour Gross *et al.*, (1995), lorsque l'animal voit les sites disponibles et qu'ils sont tous de même valeur, il se déplace majoritairement vers le site le plus proche. Plus généralement, il sait apprécier la valeur des sites qui l'entourent et leur éloignement, son déplacement étant alors principalement lié au rapport de la valeur du site à la distance à parcourir pour y accéder (Dumont *et al.*, 1998). Il réduit aussi sa production de chaleur en adaptant son comportement, dans un premier temps en réduisant ses activités physiques (déplacements) dans les périodes chaudes de la journée. La dépense énergétique liée à l'activité musculaire est donc plus faible (Morand-Fehr & Doreau, 2001).

Pendant la journée, l'animal cherche un environnement plus frais : abri ou zone ombragée pour se mettre au repos, d'autant plus que la température est élevée (Vandenheede *et al.*, 1995) mais cette recherche est moins active chez les espèces ou les races adaptées au climat tropical (Mualem *et al.*, 1990). Par contre, pour nos troupeaux, nous avons observé des stratégies d'adaptation à la chaleur en fin de saison sèche en zone soudanienne et sahélienne, les animaux ont marqué les journées de fortes températures par des phases de repos plus importantes par rapport aux journées moins chaudes et ceci aux dépens des phases de pâturage vu que les circuits (distances) quotidiens ont été respectés.

Le coût énergétique des déplacements entre sites alimentaires, même s'il est faible comparé à l'énergie quotidiennement ingérée, influence fortement l'utilisation de l'espace par l'animal (Wallis de Vries, 1996). Optimiser le déplacement implique ainsi de minimiser la distance parcourue entre les sites sélectionnés, et cela d'autant plus que les ressources sont fragmentées et de qualité variable (Dumont *et al.*, 2001).

Nous avons aussi noté une certaine dislocation des troupeaux en zone soudano-guinéenne contre une cohésion des animaux pour la zone sahélienne. Différentes explications de ces comportements de grégarisme et de dispersion ont été avancées par de nombreux auteurs. Les bovins se caractérisent par la stabilité de leur organisation sociale, même si les groupes peuvent temporairement se scinder en sous-unités pour s'ajuster à la raréfaction des ressources alimentaires.

Pour McNaughton (1984), les ongulés sauvages qui ont coévolué avec les prairies, pâtureraient en grands groupes afin de maintenir ces surfaces au stade végétatif qui est le mieux adapté à l'ingestion rapide d'une grande quantité de nutriments. L'organisation en groupe des herbivores résulterait de la répartition des ressources pâturées : les herbivores formeraient des groupes du fait de l'agrégation des zones de végétation qu'ils exploitent, comme c'est le cas pour nos suivis réalisés à Dahra où seule une zone herbacée offrait un disponible fourrager pour les animaux. Il est fréquemment observé que les distances inter-individuelles augmentent lorsque les disponibilités alimentaires diminuent (Arnold & Dudzinski, 1978 ; Richard & Pépin, 1990 ; Duncan, 1991), cas de Kolda où en fin de saison de sèche les ressources devenaient de plus en plus rares. Arnold & Dudzinski (1978) rapportent que les troupeaux bovins se scindent en plusieurs sous-unités dans des conditions de faible disponibilité alimentaire.

Dumont *et al.* (2001) rajoutent que la taille du groupe se module en fonction de la disponibilité alimentaire. Dans un espace où les ressources sont homogènes et suffisamment abondantes par unité de surface, le troupeau apparaît beaucoup plus groupé, alors qu'il est dispersé lorsque les ressources sont fragmentées (Lazo, 1992). Ce même auteur a observé, dans une population de bovins retournés à l'état sauvage, que la taille de ces sous-unités était conditionnée par l'abondance et la distribution de la végétation herbacée.

IV.2. Comportement alimentaire des bovins en libre pâture

IV.2.1. Quantités ingérées

Les quantités ingérées ont été déterminées par la collecte totale, sur bêche, des fèces de nuit (à l'attache) et par l'évaluation de la digestibilité des rations ingérées (Guérin, 1987). Cette dernière, a été obtenue par le calcul d'une moyenne sur 32 valeurs de digestibilité de la matière organique (dMO) obtenues à Saré Yéro Bana, en saison sèche, dans le cadre du programme Alimentation Bovin Tropical (ABT) du Cirad.

Les valeurs obtenues, avec une QI moyenne de 2837,52 g, sont manifestement inférieures à celles obtenues, 4200 g, dans la même zone d'étude et à la même période de l'année lors des suivis réalisés dans le cadre du programme ABT (Ickowicz *et al.*, 1998). Un bovin consomme normalement par jour et par 100 kg de poids vif une quantité de fourrage ordinaire correspondant à 2,5 kg de matière sèche (soit 6,25 kg pour 1 UBT³). D'après notre moyenne, la QI mensuelle serait que de 85 kg de matière sèche, loin des 126 kg de QI issue des suivis d'ABT. Par contre, pour les bovins sahéliens, la norme habituelle (2,5 kg de matière sèche pour 100 kg de poids vif) semble surestimer leur consommation, qui varie de 1,5 à 2,5 kg de matière sèche pour 100 kg de poids vif (Toutain & Lhoste, 1978). La quantité ingérée annuellement par un bœuf de 250 kg est donc de l'ordre de 2200 kg de matière sèche. Pour un bovin sahélien, la QI serait donc entre 1350 et 2200 kg. Cette valeur moyenne de QI du mois de mai 2008 (saison sèche chaude) est inférieure à la quantité ingérée moyenne (5100g), de cette même zone d'étude, obtenue lors de la première campagne expérimentale de ce projet de recherche en février 2008 (saison sèche fraîche). Ceci confirme que les maximums d'ingestion sont enregistrés en saison sèche fraîche, les minimums à la fin de la saison sèche (Diop *et al.*, 2005).

³ Unité Bovin Tropical (UBT), est une unité pondérale de référence correspondant à un bœuf de 250 kg.

Selon Guérin (1987), Les quantités ingérées par les ruminants tropicaux, estimées par la collecte totale des fèces d'animaux, sont plus élevées au pâturage qu'en stabulation pour un même fourrage en raison du choix opéré par les animaux. Ce constat conforte l'idée d'une éventuelle influence de plusieurs paramètres sur les quantités ingérées. En effet, Dumont *et al.* (2001) avancent l'hypothèse d'un impact positif de la diversité des couverts sur la motivation alimentaire des animaux.

L'effet du groupe et de la taille du troupeau peuvent aussi influencer le comportement alimentaire des bovins. Nos résultats ont montré une différence des QI, elles sont moins importantes chez le troupeau de faible effectif (troupeau 1). Ingrand (2000), explique cela par un effet d'entraînement chez les animaux conduits en groupe (incitation et stimulation réciproque) et par des dépenses énergétiques qui seraient plus importantes. On pourrait donc dire que chez les groupes d'animaux de grand effectif, il existerait un plus grand effet d'entraînement et donc de plus importantes QI.

Nos résultats ont montré de grandes différences dans les QI interindividuelles. Ces fluctuations individuelles des QI au sein du groupe, sont le fait d'un ensemble de relations sociales interférant, fréquemment, avec le comportement alimentaire de l'individu (Dumont & Boissy, 1999). La corrélation entre le niveau d'ingestion et le rang social s'accroît avec le niveau de compétition alimentaire (Leaver & Yarrow, 1980 ; Harb *et al.*, 1985). Cette compétition pour la ressource se manifeste, dans un groupe d'animaux, dès lors que celle-ci est limitée (Dumont *et al.* 2001), c'était le cas lors de nos suivis en fin de saison sèche.

La quantité ingérée augmente lors de la croissance et de l'exercice musculaire. Le rapprochement entre la quantité ingérée et la dépense pour la croissance ou l'activité physique nous semble intéressant à souligner (Gallouin & Le Magnen, 1987). A l'inverse, les facteurs susceptibles d'entraîner une diminution des quantités ingérées en groupe sont liés à l'espace disponible (à la compétition en général) et à la motivation pour effectuer le déplacement vers les sites alimentaires (Ingrand, 2000).

IV.2.2. Vitesses d'ingestion

Au cours de l'activité pâture, nous avons procédé au décompte du nombre de coups de dent par animal. Par « coup de dent » on entend la cueillette de fourrage accompagnée par un léger mouvement de recul de la tête de l'animal (Free *et al.*, 1971 & Griego, 1975) cités par Bourbouze (1980). Chez le bovin, la langue est utilisée pour rassembler et enfouir une quantité végétale importante dans la cavité buccale, en un mouvement d'entraînement circulaire (dans le but d'augmenter l'aire d'impact du prélèvement). La végétation, pincée entre les incisives inférieures et le bourrelet gingival supérieur est ensuite sectionnée par un retrait latéral ou frontal de la tête. Cette technique de décompte des coups de dent des animaux, associé à la technique de la collecte du berger (Guérin, 1978), nous a permis de calculer les vitesses d'ingestion (VI) des bovins en libre pâture.

Les différentes moyennes de VI enregistrées lors de nos suivis sont dépendantes des unités végétales pâturées. En effet, Faverdin (1985) souligne que la vitesse moyenne d'ingestion s'accroît avec les rations fortement ingestibles. Elle peut être doublée pour de l'herbe déshydratée (Freer & Campling, 1965). D'après Roguet *et al.* (1998), la vitesse d'ingestion dépend de la quantité de ressource sur le site, mais aussi de sa facilité de récolte qui peut être liée à la structure (densité, hauteur de l'herbe) et à la fibrosité du couvert (résistance au cisaillement). Les mêmes auteurs rajoutent qu'en situations de choix simples, avec un minimum de contraintes, les animaux exploitent préférentiellement les sites qui leur permettent de maximiser leur vitesse d'ingestion.

Pour maximiser sa vitesse d'ingestion, un herbivore doit faire un compromis entre « rester sur un site qui s'appauvrit » et « se déplacer vers un site plus riche », c'est-à-dire entre la réduction de la vitesse d'ingestion due à la diminution des ressources sur le site en cours d'exploitation et celle liée au temps de déplacement (Laca *et al.*, 1994). Selon le principe de la Théorie de l'Alimentation Optimale⁴ (TAO) (Pyke *et al.*, 1977 & Pyke, 1984), l'animal devra passer tout son temps dans le site permettant la plus forte vitesse d'ingestion. En accord avec les prédictions d'optimisation, les animaux sélectionnent généralement les sites qui leur permettent la plus forte vitesse d'ingestion (Roguet *et al.*, 1998).

Par le choix des sites qu'ils pâturent, les herbivores peuvent augmenter leur vitesse d'ingestion (Demment & Laca, 1993 ; Laca *et al.*, 1993). Cependant, lorsque les ressources sont très dispersées ou hétérogènes, la vitesse d'ingestion peut être réduite par le temps de déplacement entre sites préférés (Stuth, 1991 ; Spalinger & Hobbs, 1992). De plus, Roguet *et al.*, (1998), soulignent que la diminution des ressources par l'activité de pâturage de l'animal entraîne une réduction de la vitesse d'ingestion sur le site et provoque un déplacement (coûteux en temps et en énergie) vers un nouveau site. Avec des couverts végétaux artificiels, Black & Kenney (1984), ont démontré que les effets sur les préférences de la hauteur de l'herbe et de la densité du couvert sont étroitement liés aux variations de la vitesse d'ingestion. Pour un ruminant, la stratégie optimale peut consister à sélectionner les couverts qui lui permettent une vitesse d'ingestion élevée même si les ressources sont de mauvaise qualité (Roguet *et al.*, 1998).

Nos résultats ont relevé des différences des VI, sur certaines unités végétales, entre les troupeaux 1 et 2 (moyen et grand troupeau) et aussi entre les catégories de vaches considérées (format : grande et petite ; état physiologique : gestante et vide). Plusieurs études, menées sur des bovins, expliquent ces différences par une multitude de causes interagissant entre elles et aussi avec l'environnement (ressources disponible).

Nos résultats mettent en évidence de plus grande VI chez les vaches de grand format par rapport au petit format et de plus grande VI chez les vaches vides par rapport aux vaches gestantes. La différence des VI entre le grand et petit troupeau, enregistrée lors de nos suivis, peut s'expliquer par la différence de taille des troupeaux. Selon Ingrand (2000), la conduite en groupe semble entraîner une augmentation de la vitesse d'ingestion. Plusieurs études font le rapport entre la motivation d'ingestion, la compétition alimentaire et l'effet d'entraînement du groupe avec les vitesses d'ingestion. Ceci nous laisse penser qu'au sein d'un groupe, avec un effectif plus important en nombre, l'effet d'entraînement serait plus grand et la compétition plus élevée et donc les VI seraient supérieures à celles d'un troupeau de plus petit effectif.

Sur les différences des VI selon les catégories de vache, considérées lors de notre étude, plusieurs travaux confirment ces dissimilitudes. Le format « grande vache » peut être associé à des vaches plus âgées (expérimentées) et à des sujets dominants. Selon Arnold & Mailer (1977), Les animaux expérimentés ont une vitesse d'ingestion plus élevée sur les couverts qu'ils connaissent. Les travaux de Ginnett *et al.* (1999) sur le comportement des bovins au pâturage montrent que les individus subordonnés pâturent moins vite et ont une vitesse d'ingestion plus lente que les individus dominants. Ingrand (2000) rajoute que les individus dominants ont une durée d'ingestion quotidienne supérieure à celle des dominés, lesquels tendent à accroître leur vitesse d'ingestion.

⁴ Le principe de la Théorie de l'Alimentation Optimale (TAO) est que les animaux cherchent à maximiser leur vitesse d'ingestion d'énergie nette.

Le stade physiologique d'une vache influe sur la VI. Effectivement, nos résultats ont souligné cette influence sur nos catégories de vache (gestante et vide). Pour Faverdin (1985), il existe des variations liées au stade physiologique des animaux et donc à leurs besoins, en particulier chez les vaches laitières. Ces différences de VI selon le stade physiologique ont été confirmées par Ingrand *et al.* (1999).

IV.3. Généricité des résultats et possibilité d'application (modélisation)

L'analyse comparative des résultats de cette étude dévoile d'énormes potentialités d'utilisation pratique et concrète (modélisation). Néanmoins, cette dernière exige un large champ d'étude pluridisciplinaire (animale, végétal et environnement). Pour développer un simulateur, la compréhension des interactions entre l'animal en libre pâture et son environnement proche est primordiale.

Cette étude a bien souligné l'importance des paramètres environnementaux. Les comportements spatiaux et alimentaires sont tributaires du milieu, les conditions climatiques et les ressources alimentaires sont deux paramètres fondamentaux à prendre en considération dans toute démarche de modélisation prédictive de l'exploitation des ressources agropastorales et naturelles en générale.

Les comportements spatiaux et alimentaires sont, comme pour tous les herbivores et notamment les ruminants, prédits entre autres par les points de passage et par les ressources alimentaires disponibles. Les choix alimentaires sont le fruit d'une succession d'évènements, complexes, de prise de décision dictée à la fois par la facilité d'accès, la distance à parcourir, la valeur nutritive et l'influence de l'effet du groupe d'animaux (troupeau). Ce dernier et le siège d'une multitude de relations sociales alambiquées et plus au moins stables qui sont commun à tous les bovidés. Les phénomènes d'entraînement, de leadership, de dominance et de subordination devront également être analysés dans l'élaboration de tout modèle d'utilisation des parcours.

Ces comportements spatiaux et alimentaires évoluent autours de quelques principaux points d'attractions (parc de nuit, puits, site alimentaire préféré) qui finalement définissent les temps de parcours et les distances des circuits, les temps de déplacement et les sites alimentaires inspectés. La considération de ces points d'attraction doit se faire en parallèle avec les pratiques de l'éleveur, qui finalement est le noyau de ce système pastoral. Les décisions que prend l'éleveur (déplacement, orientation des troupeaux, complémentation, etc.) ont un impact direct sur l'évolution des troupeaux dans leur environnement.

Conclusion et perspectives

L'évolution régressive des ressources naturelles et des aires de pâture et l'accroissement des effectifs bovins, ovins et caprins dans le monde, notamment dans les régions du Sud, aboutira certainement à une surexploitation des parcours naturels et à leur dégradation. Une prise en charge concrète de ce problème est plus que jamais nécessaire pour le maintien de ces écosystèmes agropastoraux.

Ce dont on a besoin à présent, ce sont des programmes de développement des parcours qui tiennent compte de l'importance d'inclure la complexité des interactions existantes entre les différents acteurs de ce système (Homme – Animal – Environnement). En effet, la complexité de la représentation des interactions entre bovins en libre pâture sur un terroir agropastoral tropical et les ressources fourragères et en eau ont conduit à adopter une approche de modélisation du système troupeau-territoire. Les applications potentielles des modèles sont beaucoup plus grandes que celles des techniques traditionnelles et améliorent la compréhension du système pastoral complexe.

La modélisation fournit une opportunité pour une meilleure compréhension de la complexité des systèmes pastoraux. Cette étude, qui s'inscrit dans un projet de recherche, a permis de définir – de par les observations menées au village de Saré Yéro Bana (région de Kolda, Casamance) et au village de Deck Wote (région de Dahra, Ferlo) – quelques paramètres relatifs aux comportements spatiaux et alimentaires des bovins en libre pâture. Cette étape de collecte de donnée est indispensable pour tout travail de modélisation. Effectivement, l'identification d'éléments entrant dans les processus de prise de décision (choix alimentaire, distance à parcourir, choix des sites alimentaires et disponibilité des ressources) et l'existence de points d'attractions (parcs de nuit, puits et pâturages) seront des éléments clés pour la poursuite de ce projet.

Les différents résultats obtenus au terme de cette étude, indiquent une possible portabilité du modèle, c'est à dire son utilisation dans des environnements différents. Cela nécessite évidemment la prise en compte des spécificités du milieu. Il faudrait prendre en considération l'influence de certains paramètres liés au milieu physique. Nous avons établi au terme de cette étude que les comportements spatiaux et alimentaires peuvent être influencés par le milieu. La localisation du troupeau (latitude) et les conditions agroclimatiques modifient de manière avérée ces différents comportements. Evidemment ces résultats devront être confirmés par d'autres observations et études en saison sèche.

Il est essentiel de moderniser les approches de développement des parcours par une modélisation qui doit tenir compte des mécanismes de gestion développés par les sociétés pastorales. Ces procédures intégrées, basées sur la modélisation permettent une analyse de l'ensemble du système (terre – fourrage – élevage). La considération de l'éleveur comme étant le noyau de ce système, car finalement il détient le pouvoir décisionnel, rendra cette analyse encore plus pertinente et pragmatique.



Références bibliographiques

- Albright J. L. & Arave C. W., 1997.** The Behaviour of Cattle. CAB International, Wallingford, UK, 306 p.
- Anonyme, 1998.** Plan stratégique de l'unité régionale de recherche zone sylvopastorale. Dakar, Sénégal, ISRA, 55 p.
- Arnold G. W. & Dudzinski M. L., 1978.** Ethology of free-ranging domestic animals. Elsevier, Amsterdam, 198 p.
- Arnold G. W., 1977.** An analysis of spatial leadership in a small field in a small flock of sheep. *Appl. Anim. Ethol.*, 3, 263-270.
- Arnold G. W. & Maller R. A., 1977.** Some aspects of competition between sheep for supplementary feed. *Anim. Prod.*, 19, 309-319.
- Arnold G. W. & Pahl P. J., 1974.** Some aspects of social behaviour in domestic sheep. *Anim. Behav.*, 22, 592-600.
- Bailey D. W. & Hoffman M., 1998.** Position of cattle within the herd during a trial drive. *In* : Abstr. 51st Ann. Mtg Soc. Range Manage, Guadalajara, Mexique, 8-11 Feb., 16 p.
- Bailey D. W. & Sims P. L., 1998.** Association of food quality and locations by cattle, *J. Of Range Management*, 51, 2-8.
- Bailey D. W., Gross J. E., Laca E. A., Rittenhouse L. R., Coughenour M. B., Swift D. M. & Sims P. L., 1996.** Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *J. Range Manage.*, 49, 387- 397.
- Bailey D.W., Rittenhouse L.R., Hart R.H. & Richards R.W., 1989a.** Characteristics of spatial memory in cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 23, 331-340.
- Bailey D. W., Rittenhouse L. R., Hart R. H., Swift D. M. & Richards R. W., 1989b.** Association of relative food availabilities and locations by cattle. *J. of Range Management*, 42, 480-482.
- Black J. L. & Kenney P. A., 1984.** Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. *Aust. J. Agric. Res.*, 35, 565-578.
- Bourbouze, A., 1980.** Utilisation d'un parcours forestier pâturé par des caprins, *fourrages*, 82, 121-144.
- Broutin C., Sokona K., Tandia A. & Ba M., 2000.** Paysage des entreprises et environnement de la filière lait au Sénégal. Programme «MPE agroalimentaires» Filière lait au Sénégal. 60 p.
- Chirat G., Ickowicz A. & Boucquier F., 2007.** Etape de Modélisation des déplacements et des choix alimentaires de troupeaux bovins en libre pâture sur parcours agropastoraux en Casamance (Sénégal). *Renc. Rech. Ruminants*, 5-6 décembre 2007, Paris, INRA-Institut de l'Elevage, p.191.

- Christen A. M., 2004.** Pâture n'est pas inné. Bovins du Québec, FPBQ, 3 p. Site web : www.agrireseau.qc.ca/bovinsboucherie/documents/Comportement.pdf
- Cornet A., 1984.** Utilisation de modèles simples de bilan hydrique et de production de biomasse pour déterminer les potentialités de production de parcours en zone sahéenne sénégalaise. In : *Siderius W. (eds), Proceedings of the workshop on land evaluation for extensive grazing (LEEG)*. Wageningen : ILRI, 207-227.
- Decuq F., Brun J. P., Dubroeuq H., Thériez M. & Micol D., 1998.** Adaptation des techniques GPS à l'étude de la localisation d'herbivores domestiques au pâturage. *Ann. Zootech.*, 47, 321-333.
- De Leeuw P. N. , Diara L. & Hiernaux P., 1993.** An analysis of feed demand and supply for pastoral livestock : the Gourma region of Mali In : *Range ecology at disequilibrium. New models of natural variability and pastoral adaptation in African savannas* (Ed. by Behnke R. H., Scoones I. & Kerven C.), 136-152. London : ODI Publications.
- Demment M. W. & Laca E. A., 1993.** The grazing ruminant : models and experimental techniques to relate sward structure and intake. *Proc. VII World Conf. Anim. Prod.*, Edmonton, Canada, 439-460.
- Diop A. T., Touré O., Ickowicz A. & Diouf A., 2005.** Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal. 2- Les ressources sylvopastorales. ISRA, ITA, CIRAD, 91-109.
- Diop A. T., Diaw O. T., Diémé I., Touré I., Sy O. & Diémé G., 2004.** Mares de la zone sylvopastorale du Sénégal : tendances évolutives et rôle dans les stratégies de production des populations pastorales. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 57 (1-2), 77-85.
- Direction de l'élevage, 2002.** Plan de relance du sous-secteur de l'élevage. 2001. MAE, Sénégal, 29 p.
- Dumont B. & Boissy A., 1999.** Relations sociales et comportement alimentaire au pâturage. *INRA, Prod. Anim.*, 12, 3-10.
- Dumont B., Dutronc A. & Petit M., 1998.** How readily will sheep walk for a preferred forage?. *J. of An. Sci.*, 76, 965-971.
- Dumont B., Meuret M., Boissy A. & Petit M., 2001.** Le pâturage vu par l'animal: mécanismes comportementaux et applications en élevage. *Fourrages*, 166, 213-238.
- Duncan P., 1991.** Horses and Grasses. The nutritional ecology of equids and their impact on the Camargue. Springer-Verlag, New-York, 287 p.
- Ezanno P., Ickowicz A. & Lancelot R., 2005.** Relationships between N'Dama cow body condition score and production performance under an extensive range management system in Southern Senegal: calf weight gain, milk production, probability of pregnancy, and juvenile mortality. *Livestock Production Science*, 92, 291-306

- Faverdin P., 1985.** Régulation de l'ingestion des vaches laitières en début de lactation : variations au cours du nyctémère de l'activité alimentaire, des métabolites sanguins et de l'insulinémie - étude du rôle de l'insuline. Thèse de Doct. Ingén., INAPG., 131 p.
- Faye B. & Alary V., 2001.** Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud. INRA, *Prod. Anim.*, 14, 3-13.
- Freer M. & Campling R. C., 1965.** Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 7 & horbar; The behaviour and reticular motility of cows given diets of hay, dried grass, concentrates and ground, pelleted hay. *Brit. J. Nutr.*, 19, 195-207.
- Frontier S., Pichod-Viale D., Lepêtre A., Davoult D. & Luczak C., 2004.** ÉCOSYSTÈMES, Structure, Fonctionnement, Évolution. 2e cycle / Master – CAPES – Agrégation. Paris: Dunod.
- Gallouin F. & Le Magnen J., 1987.** Évolution historique des concepts de faim, satiété et appétits. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 27 (1B), 109-128.
- Ginnett, T. F., J. A. Dankosky, G. Deo, & M. W. Demment. 1999.** Patch depression in grazers : the roles of biomass distribution and residual stems. *Functional Ecology*, 13, 37-44.
- Gillingham M. P. & Bunnell F. L., 1989.** Effects of learning on food selection and searching behaviour of deer. *Can. J. Zool.*, 67, 24-32.
- Gross J. E., Zank C., Hobbs N. T. & Spalinger D. E., 1995.** Movement rules for herbivores in spatially heterogeneous environments : responses to small scale pattern. *Landscape Ecology*, 10, 209-217.
- Guérin H., 1987.** Alimentation des ruminants domestique sur pâturages naturels sahéliers et sahélo-soudaniens : étude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Thèse de docteur-ingénieur, ENSA, Montpellier, 213 p.
- Guérin H., Friot D. & Mbaye Nd., 1983-1984.** Méthodologie d'étude de la valeur alimentaire des parcours naturels à faible productivité : 1 - Approche bibliographique, LNERV, 1983, n° 103, 31 p. ; 2 - Protocoles et premiers résultats. LNERV, n° 12, 33 p.
- Harb M. Y., Reynolds V. S. & Campling R. C., 1985.** Eating behaviour, social dominance and voluntary intake of silage in group-fed milking cattle. *Grass Forage Sci.*, 40, 113-118.
- Ickowicz, A. & Mbaye, M. 2001.** Forêts soudaniennes et alimentation des bovins au Sénégal : potentiel et limites. *Bois et forêts des tropiques*, 270, 47-61.
- Ickowicz, A., Usengumurenyi, J., Richard, D., Colleie, F. & Dupressoir, D. 1998.** Interactions entre jachère et systèmes d'alimentation des bovins. Choix techniques et dynamique de développement (zone soudanienne, Sénégal). In : *Jachère et systèmes agraires*, 29 septembre-03 octobre 1998, Niamey. IRD, Montpellier, 123-138.
- Ingrand S., 2000.** Comportement alimentaire, quantités ingérées et performances des bovins conduits en groupe. INRA, *Prod. Anim.*, 13, 151-163.

- Ingrand S., Agabriel J., Lassalas J. & Dedieu B. 1999.** How group feeding influences intake level of hay and feeding behaviour of beef cows. *Ann. Zootech.*, 48, 435-445.
- Institut de Recherche pour le Développement (IRD), 1988.** IRD - Cartographie A. LE FUR-AFDEC. Site web :
http://www.cartographie.ird.fr/SenegalFIG/senegal_pdf/Espace_agricole.pdf
- Institut Sénégalais de recherches agricoles (ISRA), 2003.** Rapport national sur l'état des ressources zoogénétique au Sénégal. Sénégal, 54 p.
- Kennedy, P. M. 1995.** Comparative adaptability of herbivores to tropical environments. In: *Journet M., Grenet E., Farce M.-H., Thériez M. & Demarquilly C. (eds), Recent Developments in the nutrition of herbivores - Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Clermont-Ferrand (France), Paris, INRA, 309-328.*
- Kilgour R. & Scott T. H., 1959.** Leadership in a herd of dairy cows. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.*, 19, 36-43.
- Laca E. A., Distel R. A., Griggs T. C. & Demment M. W., 1994.** Effect of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecology*, 75, 706-716.
- Laca E. A., Distel R. A., Griggs T. C., Deo G. & Demment M. W., 1993.** Field test of optimal foraging with cattle : the marginal value theorem successfully predicts patch selection and utilisation. XVII International Grassland Congress 8-21 Feb. 1993, Palmerston North, NZ, 709-710. Stuth J.W., 1991. Foraging behaviour. In : *R.K. Heitschmidt & J.W. Stuth (eds), Grazing Management an Ecological Perspective*, 64-83. Timber Press, Portland/ Oregon.
- Lazo A., 1992.** Facteurs déterminants du comportement grégaire de bovins retournés à l'état sauvage. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 47, 51-66.
- Leaver J. D. & Yarrow N. H., 1980.** A note on the effect of social rank on the feeding behaviour of young cattle on self-feed maize silage. *Anim. Prod.*, 30, 303-306.
- Manlay R. J., Ickowicz A., Masse D., Floret C., Richard D. & Feller C., 2004.** Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget of a village in the West African savanna. Element pools and structure of a mixed-farming system. *Agricultural Systems*, 79, 55-81.
- Manlay R. J., Cambier C., Ickowicz A. & Masse D., 2000.** Modélisation de la dynamique du statut organique d'un terroir Ouest-Africain par un système multi-agents (Sénégal). In : *Floret C. et Pontanier R. (eds), Jachères en Afrique tropicale*, vol 1, actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999, Sénégal, 534-545.
- McNaughton S. J., 1984.** Grazing lawns: animals in herds, plant form and coevolution. *Am. Nat.*, 124, 863-886.
- Meese G. B. & Ewbank R., 1973.** Exploratory behaviour and leadership in domestic pig. *British Vet. J.*, 129, 251-259.

Ministère de l'Environnement, et de la Protection de la Nature, des Bassins de rétention et des Lacs artificiels, 2005. site web : <http://www.environnement.gouv.sn/index.php3>

Morand-Fehr P. & Doreau M., 2001. Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress de chaleur. *INRA, Prod. Anim.*, 14, 15-27.

Mualem R., Choshniak I. & Shkolnik A., 1990. Environmental heat load, bionergetics and water economy in two breeds of goats, the Mamber goat versus the desert bedouin goat. *World Rev. Anim. Prod.*, 25, 91-95.

Pyke G. H., 1984. Optimal foraging theory : a critical review. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 15, 523-575.

Pyke G. H., Pulliam H. R. & Charnov E. L., 1977. Optimal foraging : a selective review of theory and tests. *Quat. Rev. Biol.*, 52, 137-153.

R Development Core Team, 2005. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>.

Reinhardt V., 1983. Movement orders and leadership in a semi-wild cattle herd. *Behaviour*, 77, 251-264.

Richard C. & Pépin D., 1990. Seasonal variation in intragroupspacing behaviour of foraging isards (*Rupicapra pyrenaica*). *J. Mamm.*, 71, 145-150.

Roguet C., Dumont B. & Prache S., 1998. Sélection et utilisation des ressources fourragères par les herbivores : théories et expérimentations. L'échelle du site et de la station alimentaire. *INRA, Prod. Anim.*, 11, 273-284.

Sato S., 1982. Leadership during actual grazing in a small herd of cattle, *Applied An. Ethology*, 8, 53-65.

Scott C. B., Provenza F. D. & Banner R. E., 1995. Dietary habits and social interactions affect choice of feeding location by sheep. *Applied Animal Behaviour Sciences*, 45, 225-237.

Spalinger D. E. & Hobbs N. T., 1992. Mechanisms of foraging in mammalian herbivores : new models of functional response. *Am. Nat.*, 140, 325-348.

Stancioff A., Staljanssens M. & Tappan G., 1986. Cartographie et télédétection des ressources de la République du Sénégal : Etude de la géologie, de l'hydrologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation. Brookings, SD, USA, Remote Sensing Institute/South Dakota State University, 653 p.

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M. & de Haan C., 2006. *Livestock's long shadow, environmental issues and option*. Rome: FAO, LEAD Initiative.

Stolba A., Hinch G. N., Lynch J. J., Adams D. B., Munro R. K. & Davies H. I., 1990. Social organisation of Merino sheep of different ages, sex and family structure. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 27, 337-349.

- Stuth J. W., 1991.** Foraging behavior. *In* : Heitschmidt R. K. & Stuth J. W. (eds), *Grazing Management an Ecological Perspective*, 64-83. Timber Press, Portland/Oregon.
- Syme L. A., 1981.** Social disruption and forced movement orders in sheep. *Anim. Behav.*, 29, 283-288.
- Toutain B. & Lhoste P., 1978.** Essai d'estimation du coefficient d'utilisation de la biomasse herbacée par le bétail dans un périmètre sahélien. *Rev. Elev. Med. vét. Pays Trop.*, 31 (1), 95-101.
- Valenza J. & Diallo A. K., 1972.** Etude des pâturages naturels du Nord Sénégal, Etudes agrostologiques. Maisons-Alfort, France, lemv, 311 p. + 3 cartes.
- Vandehede M., Nicks B., Shehi R., Canar T B., Dufasne I., Biston R. & Lecomte P., 1995.** Use of a shelter by grazing bulls : effect of climatic factors. *Anim. Sci.*, 60, 81-85.
- Wallis de Vries M. F., 1996.** Effects of resource distribution patterns on ungulate foraging behaviour : a modelling approach. *Forest Ecology and Management*, 88, 167-177.

Résumé – Etude comparative du comportement alimentaire et spatial de bovins en libre pâture sur différents parcours en zones sèches (Sénégal).
Contribution à l'élaboration d'un modèle individu-centré de simulation des interactions entre bovins et ressources agropastorales.

En zones sèches, l'augmentation des surfaces emblavées aux dépens des aires de parcours pose un problème en terme de gestion des circuits de pâture et de préservation des ressources naturelles. Cette étude, qui s'inscrit dans un projet de modélisation des comportements spatiaux et alimentaires des bovins en libre pâture dans un système de production extensif en zone sèche, recherche la pertinence de paramètres liés à l'animal et au milieu. Le travail consistait en deux séries de suivis de troupeaux de bovins (N'Dama et zébus) dans deux milieux agroclimatiques distincts en fin de saison sèche au Sénégal, Kolda (Casamance, zone soudano-guinéenne) et Dahra (Ferlo, zone sahélienne). L'objectif de ces suivis était la comparaison de données relatives aux comportements spatiaux (circuits et distances parcourues) et alimentaires (quantité ingérée et vitesse d'ingestion). Les résultats ont mis en évidence l'influence de l'environnement (milieu physique et climat) et des ressources fourragères disponibles sur le comportement spatial des bovins. Nous avons démontré que le comportement alimentaire pourrait être sous l'influence de la taille du troupeau et de la catégorie de vaches (petit / grand format, gestante / vide). D'autre part, cette étude a permis de préciser quelques paramètres relatifs aux comportements spatiaux et alimentaires des bovins en libre pâture. L'identification de ces éléments qui entrent dans les processus de prise de décision des animaux (distance parcourue, choix des sites alimentaires et des espèces végétales) et l'existence de points d'attractions (parcs de nuit, puits et pâturages) seront des éléments clés pour la poursuite de ce projet de modélisation du comportement de bovins en libre pâture en zones sèches et de test d'impact d'aménagements des parcours.

Mots clés : Bovin, troupeau, libre pâture, comportement spatial et alimentaire, modélisation, zone sèche, Sahel.

Abstract – A comparative study of spatial and feeding behaviour of cattle in free grazing on different rangeland types (Senegal).

Contribution to the development of an individual-centric model for simulating interactions between cattle and agro-pastoral resources.

In the dry zones, increase in cropland areas against rangeland areas is an important issue in terms of herd mobility and natural resources sustainability. The present study - which is part of a modelling project on space and feeding behaviour for free grazing cattle in extensive production system - is looking to the relevance of parameters related to animals and the environment. The work consisted of two sets of cattle herds monitoring (N'dama and Zebu) in two distinct agro-climatic environments at the end of dry season in Senegal, Kolda (Casamance, Sudano-Guinean zone) and Dahra (Ferlo, Sahelian zone). The objective of this study was the comparison of data relating to space behaviour (herd routes, distances) and feeding behaviour (total intake, intake speed). The results have highlighted the influence of the environment (physical environment and climate) and forage resources available on cattle behaviour. We have demonstrated that the food behaviour could be under the influence of the herd size and the category of cows (small or large format, pregnant or empty). On the other hand, this study allowed to estimate some parameters on space and feeding behaviour for free grazing cattle. The identification of these elements that come in the animal decision-making process (distance, choice of feed sites and plant species) and the existence of attraction points (night corrals, wells and pasture) will be key elements for the continuation of this modelling project on behaviour of free grazing cattle in dry zones and to test organisation options on rangelands.

Keys words: Bovine, flock, free grazing, spatial and food behaviour, modelling, dry zone, Sahel.