

Etude des facteurs clés du comportement spatial et alimentaire de troupeaux bovins en libre pâture sur un territoire « agrosylvopastoral » tropical

CHIRAT G. (1), ICKOWICZ A. (1), DIAF H. (1), BOCQUIER F.(1)

(1) UMR élevage des ruminants en régions chaudes (INRA, CIRAD, Montpellier SupAgro) - 2 place Viala - 34060 Montpellier

RESUME - Elevage et agriculture, pour l'autoconsommation et générateurs de revenus, sont intégrés au sein des sociétés agropastorales d'Afrique sub-saharienne. Dans les systèmes d'élevage divaguant, les troupeaux exploitent en libre pâture les résidus de cultures en plus des marges sylvopastorales. Les animaux parcourent d'assez longues distances quotidiennement, sur une ressource disponible qualitativement pauvre et s'amenuisant avec l'avancée de la saison sèche. Régimes et niveaux d'ingestion déterminent les performances zootechniques, en lien direct avec les finances des familles d'agropasteurs. Les interactions entre troupeaux et ressources sont mal connues dans ces systèmes. Nous nous intéressons à l'évaluation de la durabilité de l'exploitation des ressources et des performances animales par l'étude du comportement spatial et alimentaire des troupeaux bovins. Nous avons d'une part décrit des facteurs des circuits quotidiens et, d'autre part, des variables alimentaires. Les circuits sont déterminés principalement par la position d'aménagements raliés par les troupeaux : parcs, où les animaux sont attachés la nuit et points d'eau. Les circuits ont tendance à s'allonger avec l'avancement de la saison sèche, du fait notamment de la diminution des ressources disponibles. Les troupeaux sont en déplacement tout au long de la journée de parcours. Ils visitent différentes unités de végétation où nous avons estimé des vitesses d'ingestion : sur espèces herbacées, nous avançons un encadrement médian entre 45 et 50 g MS / min. Les vitesses d'ingestion semblent globalement liées aux biomasses disponibles et aux unités de végétation. On note enfin une chute des quantités ingérées avec l'avancée de la saison sèche, tombant sous les 4 kg MS / j avant les pluies. L'identification de ces facteurs doit permettre de tester via la modélisation l'impact d'aménagements sur les circuits, les performances animales et les transferts de fertilité sur le territoire.

Study of key factors of spatial and feeding behaviour of free grazing cattle herds on an agrosylvopastoral tropical territory

CHIRAT G. (1), ICKOWICZ A. (1), BOCQUIER F.(1)

(1) UMR Elevage des Ruminants en Régions Chaudes (INRA, CIRAD, Montpellier SupAgro) - 2 place Viala - 34060 Montpellier

SUMMARY - Breeding and agriculture for autoconsumption and income, are integrated in agropastoral societies of sub-Saharan Africa. In free grazing breeding systems, herds use free crop residues besides spontaneous range resources. Cattle cover quite long distances daily, on a poor-qualitative available resource that diminishes while the dry season advances. Diet and intake level set the zootechnical performances that are directly bound with the purchasing power of breeders' families. Interactions between herds and resources are misunderstood in these systems. We are interested in evaluating the resources use sustainability and the animal performances by studying spatial and feeding behaviour of cattle. We described on the one hand factors of the daily circuits and on the other hand, some feeding variables. Circuits are structured mainly by the location of some works that are rejoined by herds : parks where cattle are tied up at night, and water points. Circuits tend to get longer while the dry season advances. This is mainly due to the decreasing available resources. Cattle herds move along the circuit continuously. They looked around some vegetation units where we estimated instantaneous intake rates : on herbaceous species, we found a median range between 45 and 50 g DM / min. Instantaneous intake rates look roughly correlated to available biomasses and type of vegetation. We finally note a collapse of daily intake rates during the dry season, falling under 4 kg DM / day before the rainy season. The identification of all of these factors must allow testing through modelling work impacts on circuits, on animal performances and on soil fertility transfers.

INTRODUCTION

Une analyse de la FAO souligne la productivité insuffisante des systèmes pastoraux pour répondre à la demande alimentaire mondiale et leurs impacts environnementaux négatifs sur les sols et l'atmosphère (Steinfeld *et al.*, 2006). Pourtant l'élevage extensif reste une clé de voûte des activités des populations rurales en Afrique sub-saharienne par ses fonctions économique, écologique (transfert de matière organique) et sociale. Nous cherchons à comprendre comment influencer sur les déplacements et choix alimentaires de troupeaux bovins en libre pâture pour optimiser leurs impacts environnementaux et zootechniques sur un territoire agropastoral en zones sèches, ceci à partir d'aménagements des parcours (puits, parc de nuit, haies, banques fourragères). Nous faisons l'hypothèse que nous y parviendrons en nous appuyant sur la modélisation spatialisée du comportement alimentaire d'un troupeau bovin en libre pâture. Cela passe par la description fonctionnelle du système d'élevage : nous présentons ici nos

principaux résultats sur le comportement spatial et alimentaire des troupeaux.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ZONE D'ETUDE

Le territoire d'élevage extensif, dans la région de Kolda (sud Sénégal), est une succession de finages villageois séparés par des cordons forestiers ou les bas fonds où se situent des rizières. En saison sèche (SS : fin octobre à fin mai), les troupeaux sont attachés la nuit (parc) sur les champs pour le fumage. Ils sont lâchés en libre pâture le matin après la traite. Pendant la saison des pluies, les animaux sont gardés et parqués en forêt, éloignés des cultures.

Nous disposons de cinq années d'observations des circuits journaliers, de l'alimentation ainsi que des performances zootechniques des bovins sur cette zone d'étude, issues du programme « alimentation du bétail tropical » (ABT) (Ickowicz et Mbaye, 2001).

1.2. APPROCHE

En plus de l'utilisation des données ABT, nous avons procédé à des observations complémentaires en termes de description des circuits et de prélèvements par les animaux (quantités ingérées QI, vitesses d'ingestion VI).

Notre méthode consiste à suivre sur plusieurs jours consécutifs deux troupeaux en divagation sur le territoire villageois, ce à trois périodes de la SS, marquées par la différence de ressources. Il y a un troupeau à petit effectif (une vingtaine de femelles) et un à gros effectif (une soixantaine de femelles). Au sein de ces troupeaux, nous distinguons les femelles par les critères de format (petites ou grandes) et stade (gestantes ou vides). Troupeaux et catégories sont distingués pour cerner d'éventuels effets sur les variables alimentaires et sur les circuits.

Ces suivis journaliers permettent d'enregistrer en continu les circuits, avec les unités de végétation fréquentées, les activités majoritaires des animaux suivis (pâturage – déplacement, repos), les heures de passages aux aménagements (point d'eau et parc de nuit).

En outre, nous avons estimé les QI par collecte des fèces de la nuit en les récupérant sur bâche aux parcs. Nous avons supposé, comme Manlay *et al.*, 2004 (même zone d'étude), que l'excrétion est continue.

Nous avons estimé les VI par observations directes des vaches en divagation. Nous avons adapté la méthode de la « collecte du berger », développée par Guérin, 1987. Il s'agit de mimer la quantité prélevée par une femelle sur une minute. Ces quantités sont séchées et pesées, exprimées en gramme de matière sèche (MS) par minute. Nous avons aussi enregistré la fréquence des bouchées.

2. RESULTATS

2.1. DESCRIPTEURS DES CIRCUITS

2.1.1. Conséquences des aménagements sur les circuits

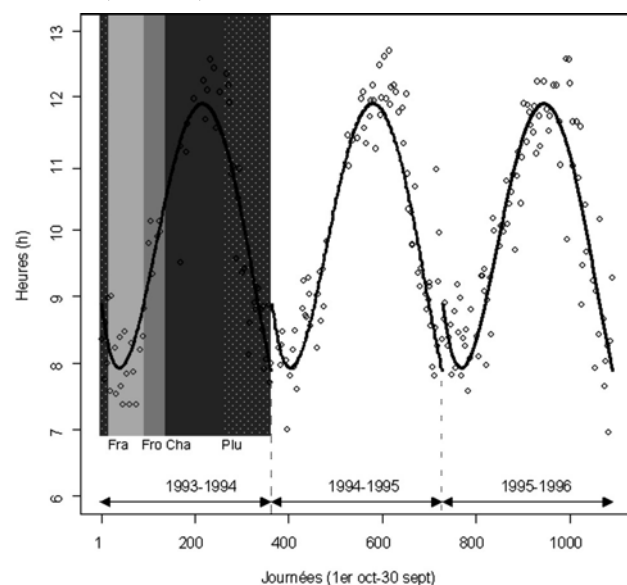
Les aménagements actuels sont les puits et les parcs. Ils sont des points de passage obligatoires, qui structurent spatialement les circuits. Une étude de modélisation antérieure appuie ce constat. Nous avons montré, dans le cadre d'une validation de circuits simulés par différentes règles de déplacement plus ou moins complexes, qu'une seule fonction « mécanique » de focalisation des troupeaux vers ces points de passage, avec contrainte de temps, a plus de sens qu'un panel de règles tenant compte des caractéristiques des biomasses (BM) fréquentées. Ce modèle préliminaire reste imparfait sur les aspects biologiques (Chirat *et al.*, 2007), mais les formes de circuits, les horaires de passage au point d'eau et les temps de parcours étaient conformes.

2.1.2. Temps de parcours quotidiens

Les circuits doivent être décrits par des variables d'état pertinentes. Nous nous sommes intéressés à l'évolution des temps de parcours au cours de l'année (figure 1) sur trois campagnes de mesures ABT.

Les temps de parcours sont prédits par un modèle linéaire (degré 4) robuste (figure 1) Les effets troupeau et année sont non significatifs.

Figure 1 : valeurs prédites (courbe) et valeurs enregistrées des temps de parcours quotidiens en fonction du jour de l'année ($n = 227$, $R^2 = 0,84$). L'amplitude durant la saison sèche, lorsque l'on passe de la saison sèche **Fra** à la saison sèche **Cha**, avant les **Pluies**, est forte, environ 4 h.



En fait, les temps de parcours sont très corrélés ($R^2 = 0,94$) aux heures de départ, liées aux pratiques saisonnières de l'éleveur. En revanche, l'évolution de ces durées n'est pas expliquée par les heures d'attache (fin de journée). En effet, l'heure d'attache varie peu sur l'année, les éleveurs intervenant avant la tombée du jour (dont l'amplitude est faible également).

2.1.3. Distances quotidiennes parcourues

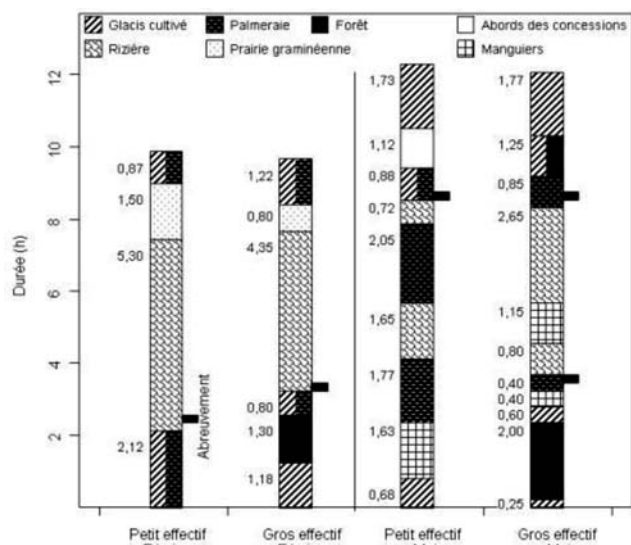
Sur l'année, la distance moyenne est $7,3 \pm 3,0$ km. La variabilité étant forte, il n'y a pas de modèles statistiques satisfaisants pour décrire les valeurs observées. Cette variabilité est en grande partie expliquée par les distances différentes séparant les parcs des puits selon les troupeaux. Les gros troupeaux sont parqués toujours plus loin des points d'eau que les petits. En outre, nous notons une tendance à l'allongement des circuits avec l'avancée de la saison sèche. Cette tendance est liée à la contrainte de diminution de la disponibilité des ressources. En 2008, nous avons un effet significatif de la saison ($p < 0,01$) : on passe de 4,2 et 6,3 à 7,5 et 9,6 km respectivement pour les petit et gros troupeaux entre février et mai.

2.1.4. Fréquentations des unités de végétation

A une saison donnée, la relative stabilité des temps de parcours et des distances quotidiennes est liée à la similitude des circuits (figure 2). D'un troupeau à l'autre, les différences d'unités de végétation visitées s'expliquent par la position du parc, du point d'eau et par l'orientation initiale donnée par l'éleveur. D'une saison à l'autre, les différences sont liées à l'évolution des positions des parcs et points d'eau, et à la diminution progressive des ressources.

En saison sèche (SS) froide (février), les troupeaux pâturent majoritairement sur la rizière. En SS chaude, les unités visitées sont plus nombreuses. Les troupeaux sont à la recherche d'une ressource plus rare.

Figure 2 : temps moyen et séquences de fréquentation des unités de végétation (UV), région de Kolda, selon la taille du troupeau et la période de la saison sèche considérée, en 2008. Deux UV représentées accolées indiquent une fréquentation à l'interface.



2.1.5. Activités des troupeaux

On distingue trois types d'activités sur parcours : le déplacement (21 ± 8 % du temps de parcours, en moyenne sur l'année), le repos (9 ± 7 %) et l'activité majoritaire, le pâturage – déplacement (70 ± 7 %). Le déplacement seul permet surtout de quitter une zone pour en rejoindre une autre. Les phases de repos varient au cours de l'année. Elles sont observées en fin de journée, avant l'attache, en SS froide, et entre 15 h 00 et 16 h 00 h en SS chaude du fait de la forte insolation. Les temps de repos sont significativement plus longs en SS chaude ($p < 0,001$). Nous avons noté en outre qu'il n'y a pas de rumination au cours de la journée de divagation. On peut penser que le temps conséquent d'attache (au moins douze heures par jour) et l'importance des déplacements pour assurer un certain niveau d'ingestion limitent le temps consacré à la rumination.

Comme il n'est pas possible de dissocier le pâturage du déplacement, nous qualifions ce système de « marcheur ». Les phases de pâturage – déplacement, très majoritaires, correspondent à une continuité de comportements depuis la « cueillette » (ex. : en forêt en SS chaude, les déplacements font plusieurs dizaines de mètres et les phases d'ingestion sont limitées à quelques secondes ou dizaines de secondes) jusqu'au « pâturage stable » (ex. : sur les résidus de cultures en SS fraîche et froide, les déplacements sont quasi nuls). Elles conditionnent l'ingestion.

2.2. COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

2.2.1. Vitesses d'ingestion

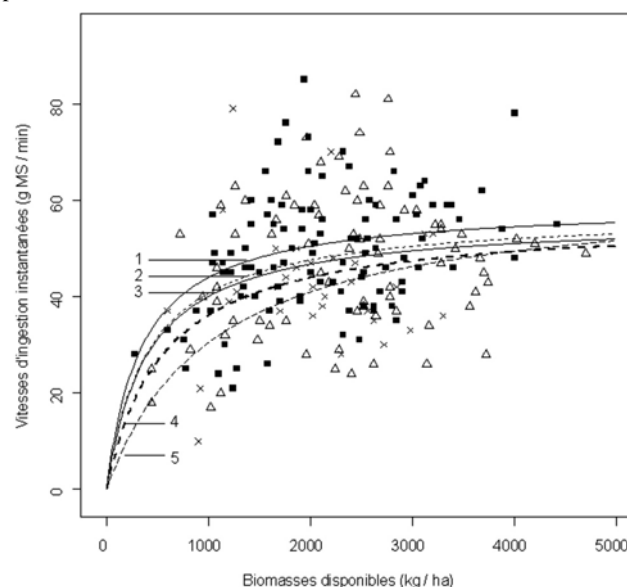
Nous avons cherché à connaître les VI au cours des journées de parcours. En ajustant une relation entre VI et BM disponibles mesurées (lissage par *loess* et *splines* cubiques), nous dégagons une tendance asymptotique d'évolution des VI en fonction des BM, en accord avec le « mécanisme compensatoire », composante de la réponse fonctionnelle (Hodgson, 1986 ; Ungar, 1996 ; Langevelde *et al.*, 2008). Nous avons alors appliqué des modèles de type Michaelis et Menten (figure 3), dont l'équation est :

$$VI = BM \times VI_{\max} / (K + BM),$$

où $VI_{\max}$ la VI à l'asymptote et K la BM pour laquelle VI est égale $VI_{\max} / 2$.

Le paramétrage selon une équation de type Michaelis et Menten a du sens biologique et est utilisée dans les descriptions de réponse fonctionnelle (Bergman *et al.*, 2001 pour des bisons sur gazons artificiels ; Langevelde *et al.*, 2008 avec une intégration de la qualité de la ressource dans la formalisation).

Figure 3 : vitesses d'ingestion des bovins en fonction des biomasses en février, terroir agropastoral, région de Kolda. Les trois types de végétation majoritairement consommées à cette période sont représentées : pailles de riz (carré noir, courbe 1), pailles de graminées (triangle, courbe 3) et graminées à épiaison (croix, courbe 5). La courbe 2 ajuste toutes les données des pailles, la courbe 4 toutes les données.



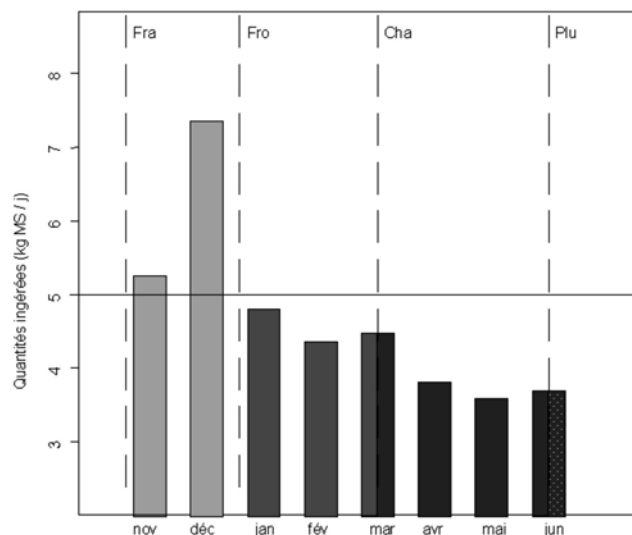
La dispersion des résultats montre que nous n'avons pas pris en compte tous les facteurs de variation. Plusieurs peuvent être avancés : 1) la méthode de la collecte du berger est d'une précision limitée pour reproduire la prise alimentaire de l'animal ; 2) l'application d'un modèle de type Michaelis et Menten n'est pertinente que si la ressource est relativement homogène (Langevelde *et al.*, 2008). Nous devons dès lors envisager de formaliser l'ingestion par type de végétation (figure 3). Il faudrait même explorer l'intégration d'éléments structurels du couvert ; 3) une distinction par format des vaches (« grandes » et « petites ») est envisageable, ayant mis en évidence un effet significatif du format sur les VI, en SS froide ($p < 0,01$) et en SS chaude ($p < 0,1$). Par contre, nous n'avons pas mis en évidence d'effet de la gestation sur les VI. Enfin, d'après nos observations, au cours de la SS, les VI, définie par $VI = \text{fréquence des bouchées} \times \text{taille des bouchées}$ (Ungar, 1996), sont très mal corrélées aux fréquences de bouchées. Il semble que les VI soient « pilotées » par la taille des bouchées et modulées par la fréquence des bouchées.

2.2.2. Quantités excrétées et ingérées par jour

Les QI ont un intérêt fort puisqu'elles sont un indicateur des performances zootechniques et conditionnent la restitution de matière organique (MO) sur les sols. Les QI découlent directement des VI, même s'il n'est pas aisé de prédire des QI à partir de mesures ponctuelles de VI instantanées. Nous connaissons, par observations, l'évolution des QI au cours de la SS. En décembre, pleine période de « vaine pâture » (exploitation des résidus de cultures sur le glacis), le niveau d'ingestion est élevé (autour de 7 kg MS / j). Il chute sous les 5 kg MS / j dès janvier pour se stabiliser extrêmement bas en fin de SS à moins de 4 kg MS / j (Ickowicz *et al.*, 1999).

Ces données sont en accord avec d'autres études menées en régions sahéniennes (5,8 kg MS / j sur la SS pour des zébus *Azawak* au Niger d'après Ayantunde *et al.*, 2001 ; de 5 à 4,5 kg MS / j pour des zébus *Gobra*, nord Sénégal, en fin de SS d'après Molénat *et al.*, 2003 ; autour de 5 kg MS / j pour des bovins au Sénégal d'après Diop *et al.*, 2005).

Figure 4 : évolution des quantités ingérées des troupeaux bovins au cours de la saison sèche, Kolda.



Nous avons pu dégager un effet de la gestation sur les QI en SS froide : les femelles gestantes sont pénalisées sur l'ingestion (4,7 contre 5,6 kg MS pour les vaches vides, observations en 2008). En revanche, il n'y a pas d'effet de la gestation en SS chaude : cela s'explique par une disponibilité faible des ressources fourragères à cette période.

3. DISCUSSION GENERALE

Contrairement aux systèmes clôturés, nous confirmons que la libre pâture sur parcours est conditionnée par les déplacements, qui entraînent un accroissement des besoins des animaux (130 % du besoin d'entretien pour 10 km parcourus pour une vache tarie, Dijkman et Lawrence, 1997 ; Ezanno, 2002). Les coûts énergétiques liés au déplacement ne sont donc pas à négliger dans ces systèmes. Les déplacements sont déterminés en premier lieu par la position des points de passage obligatoires (parcs et points d'eau). Secondairement, tout se passe comme si l'ingestion était soumise aux unités de végétation traversées. Par exemple, on a observé l'attrait saisonnier des fruitiers. Haies ou banques fourragères sont donc des aménagements pouvant avoir un effet sur la forme des parcours. Les QI sont directement liés aux VI. La collecte du berger peut introduire une erreur de l'observateur sur les VI moyennes instantanées mesurées qui sont cependant du même ordre de grandeur que celles de bovins de 600 kg sur prairie tempérée (Dulphy et Faverdin, 1987 ; Delagarde *et al.*, 2001). Elles doivent encore être validées sur le cours de la journée. Nous avons choisi de présenter nos modèles de type Michaelis et Menten car ils sont les plus pertinents d'un point de vue biologique (vitesse d'ingestion à l'asymptote, biomasse seuil).

CONCLUSION

Pour comprendre et tester des améliorations de ces systèmes, il nous faut paramétrer les équations qui sous-tendent l'alimentation des animaux en milieux complexes. Ainsi, si la durée quotidienne des parcours est assez facilement représentée, il n'en est rien des distances parcourues. Les variables descriptives des circuits sont donc essentielles pour la compréhension des choix alimentaires sur parcours en zones sèches. Elles sont tout autant nécessaires que des variables biologiques pour la modélisation. Nous calibrons par des modèles prédictifs certains processus : temps de parcours et VI par exemple. Nous analyserons ensuite les sorties des simulations : performances animales, impacts sur les ressources et transferts de fertilité.

Une question d'intérêt pour la modélisation est de savoir quel est le poids de la fonction 'ingestion' : les troupeaux se déplacent-ils pour ingérer ou diversifier leur régime, ou l'ingestion est-elle sous dépendance forte des déplacements ? Nos observations ainsi que le constat du côté structurant des aménagements sur les circuits nous permettent de pencher pour la seconde hypothèse.

Nous adressons nos sincères remerciements à J. Teyssier (INRA), S. Messad (CIRAD) et surtout E. Tillard (CIRAD) pour leur aide nécessaire sur les analyses statistiques.

- Ayantunde A.A., Fernandez-Rivera S., Hiernaux P., van Keulen H., Udo H.M.J., Chanono M., 2001. *Animal Science*, 72, 117-128
- Bergman C.M., Fryxell J.M., Gates C.C., Fortin D., 2001. *Journal of Animal Ecology*, 70, 289-300
- Chirat G., Ickowicz A., Bocquier F., 2007. *Renc. Rech. Ruminants*, 14, 191
- Delagarde R., Prache S., D'Hour P., Petit M., 2001. *Fourrages*, 166, 189-212
- Dijkman J.T., Lawrence P.R., 1997. *The Journal of Agricultural Science*, 126, 95-103
- Diop A.T., Touré O., Ickowicz A., Diouf A., 2005. Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal 1964-2004, 91-105. Dakar: ISRA
- Dulphy J.-P., Faverdin P., 1987. *Reproduction Nutrition Development* 27, 129-155
- Ezanno P., 2002. Thèse de doctorat. Montpellier: Ecole nationale supérieure d'agronomie de Montpellier
- Guérin H., 1987. Thèse de doctorat. Montpellier : Ecole nationale supérieure d'agronomie de Montpellier
- Hodgson J., 1986. *British Grassland Society. Occasional Symposium*, 19, 51-64
- Ickowicz A., Mbaye M., 2001. *Bois et forêts des tropiques*, 270, 47-61
- Ickowicz A., Usengumurenji J., Richard D., Colleie F., Dupressoir D., 1999. *Atelier jachère et systèmes agraires* (Ed. Floret, C., Pontanier, R.), 124-138. Niamey (Niger)
- van Langevelde F., Drescher M., Heitkonig I. M.A., Prins H.H. T., 2008. *Ecological Modelling*, 213, 273-284
- Manlay R.J., Ickowicz A., Masse D., Feller C., Richard D., 2004. *Agricultural Systems*, 79, 83-107
- Molénat G., Corniaux C., Gueguen S., Lacz C., Bocquier F., 2003. *Renc. Rech. Ruminants*, 10, 102
- 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
- Ungar E.D., 1996. *The Ecology and Management of Grazing Systems* (Ed. Hodgson, J., Illius, A. W.), 185-218. Wallingford (UK)