Cirad-Emvt
Programme
« Productions Animales »

Institut National
Recherche Agronomique
Unités de Recherches
sur les Herbivores

DYNAMIQUES DE VEGETATION ET RELATIONS HERBE/ANIMAL

Organisation et édition scientifique :
Michel DURU (INRA-Toulouse), Philippe LECOMTE (Cirad-Emvt)
et Hubert GUERIN (Cirad-Emvt)

Compte rendu du Séminaire INRA-CIRAD à Montpellier
Les 31 janvier et 1er février 2001

Rapport n°2001-37

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet

CIRAD
000012185

DK 480499

Présentation des activités du groupe Alimentation et Systèmes Pâturés de l'INRA-URZ (Unité de Recherches Zootechniques)

Harry ARCHIMEDE, Maryline BOVAL, Alain XANDE, Maurice MAHIEU

INRA Antilles-Guyane - Domaine Duclos Prise d'Eau – 97170 Petit-Bourg

Résumé

L'élevage en zone tropicale est dominé par le système au pâturage. Le Centre Antilles–Guyane y travaille depuis les années 50 d'abord par une entrée strictement fourrage, puis progressivement avec une approche plus globale qui permet d'étudier les systèmes pâturés. Les objectifs sont d'élaborer des systèmes d'élevage au pâturage qui soient à la fois productifs et durables. Le pâturage est un milieu complexe et en milieu tropical, il a été très peu étudié. Cela nécessite des mises au point méthodologiques et une accumulation de connaissances dans différentes disciplines. L'exposé montre la genèse de la problématique, un diagnostic sur les atouts et les contraintes. L'exposé abordera de nombreux champs disciplinaires dont certains sont cités : l'alimentation des herbivores, l'écophysiologie des fourrages tropicaux et le parasitisme des animaux. Elle nécessite plusieurs compétences de nutritionniste, de zootechnicien, d'agronome, de biologiste, de pathologiste.

Les hypothèses scientifiques, les méthodes employées, les résultats sont présentés pour quelques exemples. Successivement sont développés les facteurs ruminaux expliquant l'ingestion, les facteurs agronomiques et climatiques déterminant la morphogénèse des C4 tropicales, les facteurs « pâturage » limitant l'alimentation. Un cas de figure particulier est présenté qui est un exemple d'approche globale dans les systèmes associant différents herbivores et une démonstration de la nécessaire prise en compte du parasitisme dans les travaux au pâturage.

Ce programme prend en compte plusieurs enjeux, outre scientifiques et techniques, environnementaux et économiques, sociétaux et spatiaux. Néanmoins, un élargissement à d'autres compétences et à d'autres milieux est actuellement appelé de nos vœux et sera discuté lors de ces journées.

Section I : APPROCHE GLOBALE DES SYSTEMES PATURES TROPICAUX : ANALYSE DES PRINCIPAUX FACTEURS DE VARIATION DE LA PRODUCTION ANIMALE AU PATURAGE

Introduction

L'élevage en zone tropicale est dominé par le système au pâturage. Le Centre Antilles–Guyane y travaille depuis les années 50 d'abord par une entrée strictement fourrage, puis progressivement avec une approche plus globale qui permet d'étudier les systèmes pâturés. Les objectifs sont d'élaborer des systèmes d'élevage basés sur le pâturage qui soient à la fois productifs et durables. Le pâturage est un milieu complexe et le pâturage en milieu tropical a

été très peu étudié. Cela nécessite des mises au point méthodologiques et une accumulation de connaissances.

Les performances animales (PA) sont sous la dépendance de deux composantes, une composante attribuable à l'influence du génotype (G) de l'animal et une composante sous l'influence de l'environnement (E) : PA=G+E+GE.

L'objectif de ce travail est de donner des interprétations de la part environnementale de la PA au pâturage. Au pâturage l'animal subit les effets directs et indirects du climat, s'alimente et se parasite. Les principaux facteurs de variation étudiés par le groupe Alimentation et Systèmes Pâturés Tropicaux, se rapportent à l'alimentation des animaux au pâturage. Les effets du parasitisme sont présentés par Aumont et coll. ; et la part de la variabilité génétique de PA est présentée par le groupe Génétique des Populations Locales.

1 – La démarche

1.1 - Mini base de données

Afin de déterminer les principaux facteurs de variation de la productivité des systèmes de pâturage, une mise en commun des données expérimentales obtenues par les différents chercheurs du groupe ASPT a été effectuée. Elle a aboutit à la constitution d'une mini base de données qui regroupe 250 traitements et qui porte sur la production animale, sur les caractéristiques des fourrages, sur l'ingestion et sur la digestibilité. Elle est représentée schématiquement par la figure 1.

Les paramètres qui relèvent de la gestion agronomique sont l'espèce fourragère (*Digitaria decumbens ;* Dd et *Dichantium* sp. ou Petit foin ; Pf) ; l'âge de repousse auquel le fourrage a été exploité varie de 14 à 35 jours (J14, J21 , J28 et J35) ou en continu ; les niveaux de fertilisation apportés s'échelonnent entre 0, 0.7 et 1 unité d'N/ha/jour de repousse ; les modes de production sont en sec ou en irrigué et les saisons de l'année se distinguent en saison sèche, intermédiaire et humide.

Les facteurs liés à la conduite animale sont l'espèce animale (bovins, ovins et caprins de race locale), le stade physiologique (allaitant, post-sevrage et entretien) et la conduite des troupeaux (mono- ou pluri-spécifique).

1.2 - 1ère étape

La base de données est en cours de constitution (figure 1). Une analyse complète n'a été menée que sur le sous fichier concernant les bovins en croissance, pour lequel existent des données en production animale, et en production fourragère ainsi que quelques données sur des variables d'ingestion et digestibilité. L'analyse traite des effets des facteurs de variation relevant de la gestion agronomique des pâturages.

Les données (GMQ post sevrage) ont été analysées suivant la procédure GLM de SAS (SAS 1988), en corrigeant pour le chargement, le poids et la durée d'engraissement, le site.

L'analyse des facteurs de variation liés à la conduite animale est abordée sous l'angle des études comparant système mono- et pluri-spécifique. Enfin l'approche globale de la productivité des systèmes est permise par la mise en parallèle des productions obtenues pour chaque espèce dans des systèmes sec ou irrigué pour les troupeaux allaitants ou en croissance post-sevrage.

2 - Principaux résultats

2.1 - Facteurs de variation de la croissance post sevrage des bovins

Le Pangola et le Petit foin permettent des performances animales comparables : 520 *vs* 457 g/j (NS). Le Pangola produit une biomasse plus importante (3300 *vs* 2300 kgMS/ha) mais la structure du couvert semble moins bonne que celle du Petit-foin (rapports Feuilles/Débris 2.02 *vs* 2.23 et Feuilles/Tiges inférieures, respectivement).

La savane naturelle présente un fort potentiel de production fourragère et animale.

Figure 1 : Structure de la base de données ASPT

		Conduite animale	Gestion agronomique	Variables de production animale	Variables de production fourragère	Variables d'ingestion et de digestibilté
Allaitement	B	xxxx	xxxx	xxxxxxxx	x	
	O	xxxx	xxxx	xxxxxxxx	x	
	C	xxxx	xxxx	xxxxxxxx	x	
Croissance	B	xxxx	xxxx	xxxxxxxx	xxxxx	xxx
	O	xxxx	xxxx	xxxx		
	C	xxxx	xxxx	xxxx		
Entretien	O	x	xx		xxx	xxx
	C	x	xx		x	x

Un âge de repousse de 21 jours permet une augmentation de près de 30 % du GMQ, comparé à un âge de repousse de 28 jours. Les quelques résultats disponibles avec du fourrage de 14 jours semblent aboutir à des performances moindres. C'est principalement le cas en saison humide où les effets de la pluviométrie excessive et des caractéristiques de structure du couvert ne permettent pas d'optimiser l'ingestion (cf. texte Boval CS, 2001). Les travaux menés sur des comparaisons d'âge de repousse suggèrent les effets suivants. A J14 le fourrage comparé à du J28, présente une qualité supérieure (MAT et dMO) mais autorise une ingestion et une taille de bouchées moindre (cf. texte Boval CS, 2001). Des hypothèses peuvent être formulées quant aux résultats de croissance obtenus à du J21. Celui-ci aurait une qualité supérieure à celle du J28 (Archimède *et al.*, 2000) et une ingestibilité supérieure à celle du J28 (Boval *et al.*, 1996).

Le fourrage à J21 présenterait un meilleur compromis entre la qualité de l'offert et la quantité d'herbe à prélever. Il conviendrait pour les bovins d'exploiter des prairies à un âge jeune <J28. Cependant les conclusions doivent être reconsidérées pour les petits ruminants en raison d'un risque d'infestation parasitaire plus élevé à un âge de repousse < J 28 (Aumont *et al.*, 1997). Par ailleurs la longévité du système de pâturage à J21 doit être confirmée.

La saison intermédiaire permet une meilleure expression des performances animales (GMQ augmenté de près de 15 %) que les deux autres saisons. En saison intermédiaire le fourrage produit une biomasse plus importante (sans doute liée à la photopériode, Cruz *et al.*, 2001) et une structure prairiale plus favorable à l'ingestion. La situation diffère d'une espèce à l'autre. Le pangola produit une biomasse en feuilles supérieure à celle des 2 autres saisons. Le petit foin présente des rapports F/D et F/T supérieurs à ceux des 2 autres saisons. La résultante est que dans les deux cas, la quantité de feuilles à prélever est supérieure en saison intermédiaire comparativement aux 2 autres saisons.

L'effet saison doit être pris en compte dans les études au pâturage. Il importe d'intégrer la dynamique de croisance des principales espèces présentes en zone tropicale en fonction du climat.

Les performances animales dépendent du niveau d'ingestion, qui au pâturage est un phénomène complexe. Boval et Archimède fournissent des éléments de compréhension des facteurs limitants liés à la prairie (cf. section II) et aux capacités digestives des ruminants (cf. section III).

2.2 - Amélioration de l'utilisation du pâturage par l'association d'herbivores

Nous avons cherché à améliorer l'utilisation du pâturage en agissant d'une part sur les relations herbe-animal, d'autre part sur le risque d'infestation parasitaire des petits ruminants. L'association de plusieurs espèces d'herbivores doit permettre d'agir sur ces deux points. Nous en avons testé deux modalités.

Le pâturage mixte, où bovins et petits ruminants (PR) sont présents simultanément sur la même parcelle, permet *a priori* une diminution de la compétition intra-spécifique pour le fourrage et la dilution des larves L3 des PR, sans modifier la rotation des parcelles, donc l'âge de repousse du fourrage proposé (Mahieu *et al.*, 1997).

Le pâturage alternatif permet de faire consommer de l'herbe plus jeune (21 jours contre 28) tout en augmentant la mortalité des L3 des parasites des PR (consommation par des bovins peu sensibles au moment du pic de densité des larves infestantes, plus allongement à 49 jours de l'intervalle entre deux passages d'ovins). Le pâturage alternatif permet d'améliorer la croissance des agneaux sous la mère (+ 5 %), la productivité numérique et pondérale des brebis (+ 15 %). De même le pâturage mixte permet une augmentation de la vitesse de croissance des agneaux sevrés et du gain de poids vif par ha et par an (+ 17 %). Les effectifs bovins étaient trop faibles pour être significatifs, mais ils semblent indiquer la même tendance.

Le parasitisme interne des petits ruminants, dominé par l'espèce hématophage *Haemonchus contortus*, est évalué par mesure de l'hématocrite. Un effet très net de réduction du niveau d'infestation est obtenu sur les agneaux tant en pâturage alternatif qu'en pâturage mixte. En pâturage alternatif, les effets sur les brebis sont plus complexes et sont exposés par Aumont et coll. Un essai complémentaire effectué en pâturage mixte indiquait que la moitié environ des effets positifs de l'association étaient liés à la diminution de l'infestation parasitaire.

2.3 - Productivité des systèmes

L'irrigation a pour principal effet de permettre d'augmenter le chargement, d'autant plus que le déficit fourrager saisonnier est important et que les animaux élevés disposent de peu de réserves corporelles. Les bovins allaitants, dont on peut caler le cycle de reproduction annuel sur les disponibilités fourragères, sont moins sensibles aux effets de la saison sèche que les petits ruminants. Par contre il est très difficile d'ajuster les besoins alimentaires des petits ruminants en conduite intensive (cycle de 8 mois) sur les variations de disponibilité fourragère. Le chargement doit donc suivre de plus près la disponibilité de la période sèche. Les caprins semblent plus aptes que les ovins à supporter des restrictions alimentaires. Ces derniers valorisent mieux le fourrage supplémentaire apporté par l'irrigation (Mahieu, 1991).

Les modèles allaitants en système irrigué aboutissent à des productivités annuelles à l'hectare très élevées. Le pâturage permet à la fois l'entretien d'un chargement animal élevé variant de 1.5 à 2.2 t PV/ha/an et l'expression d'une productivité importante allant jusqu'à 1.25 t PV/ha/an par exemple pour les ovins. Quelle que soit l'espèce animale concernée le système de pâturage intensif permet d'atteindre 2.8 t de poids vif à l'hectare (Alexandre *et al.*, 2001).

3 - Perspectives

3.1 - L'élargissement du travail sur la base de données

La base de données sera incrémentée de deux façons. L'une qui passe par une valorisation des données expérimentales acquises par le passé par différents chercheurs du CRAG ; l'autre voie consiste à mettre en place des dispositifs expérimentaux intégrés qui permettent une mesure simultanée des variables animales et des variables fourragères de base en faisant varier les facteurs comme l'espèce fourragère, la saison, l'âge de repousse et l'apport d'N sur différents types de sols. Selon le dispositif, des variables complémentaires telles que les

variables parasitaires, les variables d'ingestion et les variables floristiques et pédologiques seront déterminées.

L'analyse de la base de données sera poursuivie pour élargir les conclusions tirées :

- sur bovins *vs* petits ruminants
- sur performance individuelle *vs* échelle du système
- modèle croissance *vs* modèle allaitant plus complexe

3.2 - Les questions qui émergent

Elles se rapportent aux points suivants :

- composition chimique du fourrage *vs* structure du couvert prairial
- optimisation de l'utilisation de la biomasse : quelle espèce fourragère, quel âge de repousse, quelle conduite agronomique permettent une meilleure combinaison quantité*qualité prélevée par l'animal ?

- pérennisation du système : gestion des refus, longévité de la prairie, impact parasitaire ?

- physiologie respective des espèces fourragères en relation avec les conditions du milieu (climat, sol,...) et leur aptitude à être pâturées.

3.3 - Les moyens à mettre en oeuvre

Des compétences en agronomie seront développées pour affiner la compréhension des relations sols-production fourragère (profondeur, propriétés hydriques, matière organique et disponibilité en azote). Il nous faut prendre en considération les autres variables du climat et leurs effets sur la production fourragère, et faire une approche par espèce fourragère, par âge de repousse et par saison.

L'accumulation d'une multitude de paramètres au pâturage est coûteuse en temps de travail. Il convient donc de développer d'autres méthodes. C'est le cas du NIRS dont les premiers résultats sont présentés par Boval et coll. (CS, 2001).

Les systèmes associant plusieurs espèces d'herbivores au pâturage sont une voie originale et prometteuse qui sera encore approfondie par le biais de nouveaux dispositifs.

Un suivi à moyen terme des conduites suggérées par les études verticales (effet de la fertilisation, pâturage à 14 ou à 21 jours, mode de gestion des refus) doit permettre de dégager des informations pertinentes sur la pérennité des systèmes, que ce soit pour l'évolution du pâturage (flore, sol, productivité) ou pour l'évolution des contraintes animales (parasitisme des PR), et fournir des bases solides à la recommandation aux professionnels.

Section II : L'ALIMENTATION AU PATURAGE EN ZONE TROPICALE ET LES CONTRAINTES LIEES AUX CARACTERISTIQUES DU COUVERT PRAIRIAL

L'alimentation des herbivores en zone tropicale se fait essentiellement au pâturage, mais la production de viande permise est faible au regard de la production mondiale : 50 % du troupeau mondial y est élevé et fournit 20 % de la production de viande mondiale. L'exploitation des pâturages tropicaux pour la production animale est perfectible, mais les études d'alimentation pouvant y contribuer sont peu nombreuses en conditions réelles de pâturage. Si les études à l'auge ont permis la compréhension de mécanismes fondamentaux mis en jeu lors de l'ingestion du fourrage, ces mécanismes ont été peu étudiés au pâturage.

- Tout d'abord, les méthodes d'étude utilisables au pâturage sont peu développées, ce qui limite le progrès de la connaissance de l'alimentation au pâturage.
- Par ailleurs, l'étude de l'alimentation au pâturage requiert la maîtrise de nombreux facteurs de variation : ceux liés au comportement sélectif de tri au pâturage des ruminants, leurs caractéristiques propres intra et inter espèces (besoins physiologiques, anatomie...), mais aussi les modalités de conduite des animaux (disponible fourrager, fréquence, durée de pâturage...).
- La prise en compte des caractéristiques du fourrage proposé, celles d'ordres chimiques ou physiques, la présentation sur pied du fourrage, déterminent également la préhension par l'animal. Mais les caractéristiques des graminées tropicales en C4 sont encore mal connues et encore moins leurs effets sur l'alimentation.
- Enfin, pour pérenniser l'alimentation au pâturage, il faudrait trouver un équilibre entre production et consommation de fourrage de qualité. Il faudrait donc mettre en évidence les modalités de gestion agronomique et de conduite animale 'efficaces' sur le long terme.

Dans le cadre de cette problématique, mon programme de recherche s'organise autour de 3 objectifs et étapes ❶ la mise en évidence des caractéristiques des couverts prairiaux tropicaux qui optimisent l'ingestion et la digestibilité de la ration des ruminants, ❷ l'évaluation des modalités de conduite des animaux qui renforce l'impact positif des caractéristiques du fourrage sur la consommation par les ruminants,❸ l'évaluation de l'impact du pâturage sur la reconstitution de la biomasse après pâturage.

Pour atteindre ces objectifs, ma démarche est de mesurer simultanément, d'une part les caractéristiques physiques et chimiques du fourrage proposé sur pied et d'autre part, le comportement alimentaire, l'ingestion et la digestibilité des animaux. Les modèles animaux (bovins, ovins, caprins) et fourragers (une graminée à talle, *Dichanthium sp* ou Petit Foin et une graminée stolonifère, *Digitaria decumbens* ou Pangola) ont été définis au cours des différentes expérimentations avec les autres chercheurs de l'URZ. La conduite à l'attache (une aire de pâturage pour un animal) facilite dans un premier temps les mesures par individu.

Les essais pâturage ont nécessité des investigations méthodologiques

I -Travaux méthodologiques

I.1 - Recherche d'indicateurs pertinents de l'état du couvert prairial

Nous avons recherché les relations entre différentes caractéristiques du couvert (hauteur et biomasse, hauteur et longueur totale, longueur de feuille et biomasse feuillue...) afin d'en isoler un petit nombre, indicateurs de l'état du couvert. Nous avons étudié des couverts à *Dichanthium* et *Digitaria,* à 2 niveaux d'irrigation et de fertilisation et à 3 stades de repousse (14, 21 et 28 jours).

Les corrélations entre les paramètres mesurés varient selon les graminées testées, les traitements agronomiques et les stades de repousse. Il semble donc difficile pour un fourrage donné de prédire certaines caractéristiques à partir d'autres. Aussi l'allègement des mesures sur les fourrages pâturés, doit être recherché *via* des innovations techniques (cf. I.2,4,5). Les données récoltées contribuent néanmoins à accroître une base de données sur la morphogénèse de ces 2 types de graminées, dont la connaissance est nécessaire à la conduite du pâturage (Cruz & Boval, 2000).

I.2 - Détermination automatisée de la composition morphologique des prairies

La détermination classique de la composition morphologique des fourrages, par tri manuel étant laborieuse (± 90 mn pour 100 g de fourrage frais), nous avons tenté d'automatiser la détermination de ce paramètre. Nous avons utilisé une «colonne INRA» conçue pour le triage des semences (société S.R.C). La séparation des feuilles, tiges et débris, coupés en brins de taille comparable, est basée sur la différence de densité des brins. Des essais ont été réalisés à la S.R.C avec du *Dichanthium* et du *Digitaria*, pour lesquels nous avions estimé par tri manuel la composition morphologique.

Les fractions collectées après passage dans la colonne, sont significativement corrélées aux fractions estimées par tri manuel. La S.R.C améliore actuellement la fiabilité (réglage de la soufflerie) et la souplesse d'utilisation de la colonne. Elle travaille en parallèle à la mise au point d'un 'couteau' pour automatiser la coupe des brins de fourrage frais.

I.3 - Mise au point de la méthode des index fécaux pour des caprins et ovins alimentés avec du *Digitaria decumbens*

Un essai de digestibilité a été conduit avec des boucs et béliers à l'auge, alimentés quotidiennement avec du *Digitaria decumbens* fraîchement coupé et à un stade de repousse évoluant en continu de 14 à 70 jours. Cet essai a été réalisé en association avec H. Archimède (Archimède *et al.*, 2000).

Parmi tous les composés fécaux testés (MAT, ADF, NDF et ADL), c'est la teneur en MAT qui prédit le mieux la digestibilité de la MO pour les boucs et béliers. C'est avec un modèle de type a-b/MAT que l'erreur résiduelle est la plus faible (figure 1). Un tel modèle avait déjà été mis en évidence pour les bovins alimentés avec du *Dichanthium sp* (Boval *et al.*, 1996a). Des données de thèse non exploitées et obtenues avec des taurillons pâturant également du *Digitaria decumbens* (figure 2) ont été compilées à celles-ci sur petits ruminants. L'ensemble de ces données fournissent des éléments intéressants de comparaison

dans l'alimentation de caprins, ovins et bovins en conditions tropicales (Boval *et al.*, 2001, soumis).

Fig.1 - Evolution de la DMO avec la MAT fécale de boucs et béliers alimentés avec *Digitaria decumbens*

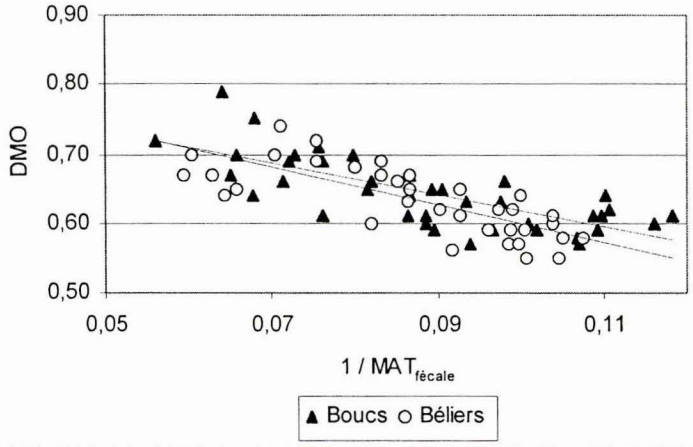
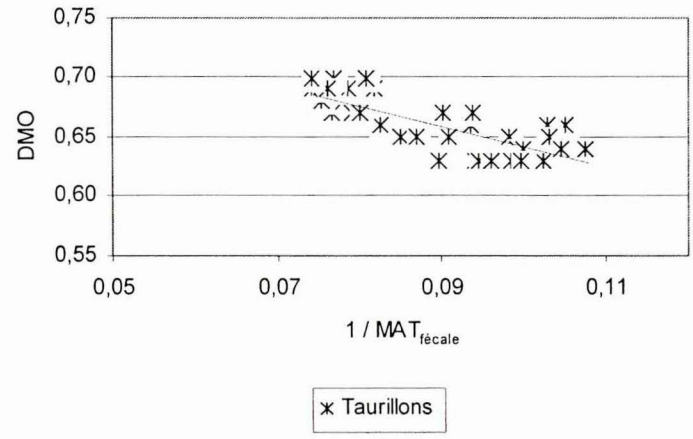


Fig.2 - Evolution de la DMO avec la MAT fécale de taurillons Créoles alimentés avec *Digitaria decumbens*



I.4 - Mesure automatisée du comportement alimentaire

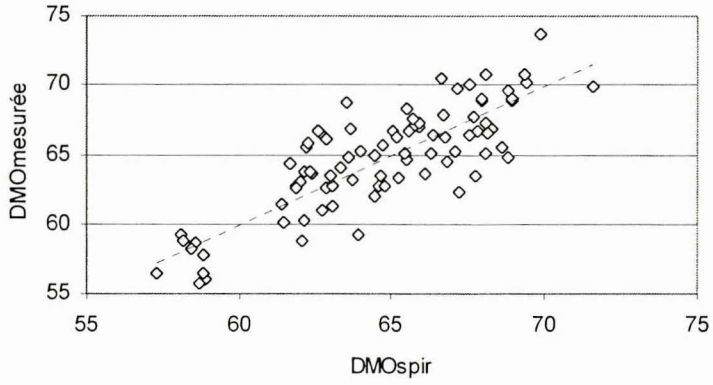
M. Rutter chercheur de l'IGER (Institute of Grassland and Environmental Research, North Wyke, UK) a testé à l'URZ des appareils d'enregistrement automatique du comportement alimentaire. Ces appareils distinguent les mouvements de mâchoire pour la préhension, la mastication mérycique, et ruminale, ce qui est irréalisable *de visu*. Le logiciel GRAZE, conçu aussi par l'IGER, facilite en plus la qualité et la rapidité d'analyse des enregistrements.

Des appareils ont été acquis et adaptés pour des **bovins** en 1998. Les enregistrements réalisés en octobre 1998 ont été concluants. En juin 1999, des appareils supplémentaires ont été acquis pour des **ovins** et des **caprins**. Les enregistrements ont été concluants et sont en cours d'analyse.

I.5 - La spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR)

Une collaboration est en cours avec P. Lecomte du CIRAD pour tester l'intérêt de la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) pour la prédiction de la digestibilité et l'ingestion de fourrages tropicaux. Les premiers échantillons de fèces analysés fournissent des pistes intéressantes pour la prédiction de la digestibilité (figure 3), mais aussi des quantités ingérées. Par ailleurs, outre la prédiction de la composition chimique du fourrage, la SPIR semble pouvoir prédire également la composition morphologique du fourrage. L'analyse de ces premiers résultats se poursuit. D'autres échantillons seront analysés pour confirmer le potentiel du SPIR pour l'expérimentation au pâturage.

Fig.3 - DMO de taurillons alimentés avec Dichanthium sp ou Digitaria decumbens, en fonction de la DMO prédite par la SPIR (Spectrométrie dans le proche IF)-



II – Quelles caractéristiques de couverts prairiaux tropicaux optimisent l'ingestion et la digestibilité de la ration des ruminants ?

Pour étudier les caractéristiques des couverts prairiaux qui déterminent l'alimentation, j'ai choisi de faire varier ces caractéristiques par des traitements agronomiques classiquement utilisés par les éleveurs. Cette démarche permet d'avoir en parallèle :

- des réponses quant à la gestion des prairies permettant de mettre en relation gestion agronomique, caractéristiques du fourrage produit et potentiel pour l'alimentation animale (cf II-1) ;
- une gamme de variation des caractéristiques du couvert qui soit vraisemblable et dont l'analyse va permettre de mettre en évidence les lois générales qui régissent les relations Herbe-Animal (cf II-2).

Trois essais ont été conduits avec des génisses Créoles à l'attache, pâturant une prairie à *Dichanthium* sp à même disponibilité, en faisant varier la fertilisation au cours d'exploitations successives (Essai 1), les stades de repousse, au cours d'exploitations successives (Essai 2) et à différentes saisons (Essai 3). La prairie est caractérisée par la hauteur, la biomasse, la masse volumique, la composition chimique et morphologique et par la mesure de plants (longueurs totales, des tiges et des feuilles). Le comportement alimentaire est

estimé *de visu* ou à l'aide des 'recorders'[a], les quantités ingérées et la digestibilité de la MO (MOi et dMO) sont mesurées par la méthode des index fécaux.

II.1 - Impact de la gestion agronomique sur les caractéristiques d'une prairie de *Dichanthium sp* et sur l'ingestion et la digestibilité pour des génisses Créoles

Effet de la fertilisation

L'ingestion comme la digestibilité, augmentent de 9 % en moyenne avec la fertilisation azotée. La digestibilité évolue par ailleurs au cours des exploitations successives des parcelles (de 8 %) alors que l'ingestion reste stable.

Contrairement à d'autres études, le gain d'ingestion n'est pas dû à la plus grande disponibilité et la teneur en MAT de l'herbe. L'ingestion a surtout été déterminée par l'encombrement du rumen (figure 4) et secondairement par la teneur en MAT de l'herbe. Le gain de digestibilité s'explique surtout par les caractéristiques physiques du couvert, la biomasse feuillue (figure 5) et le nombre de feuilles accru avec les passages successifs (Boval *et al.*, 2000).

Fig.4 - Evolution de la MO ingérée non digestible (ndOMi) et digestible (dOMi) avec l'ingestion de génisses Créoles au pâturage

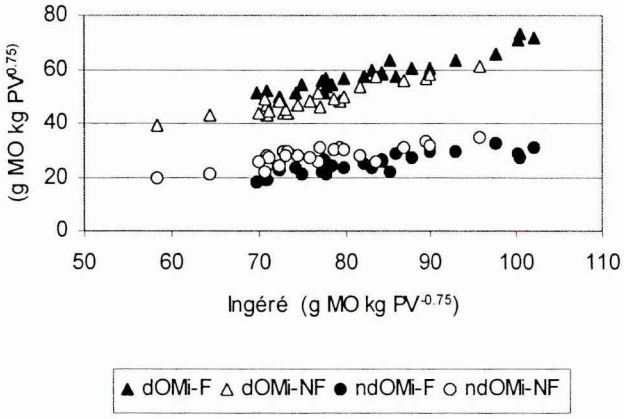
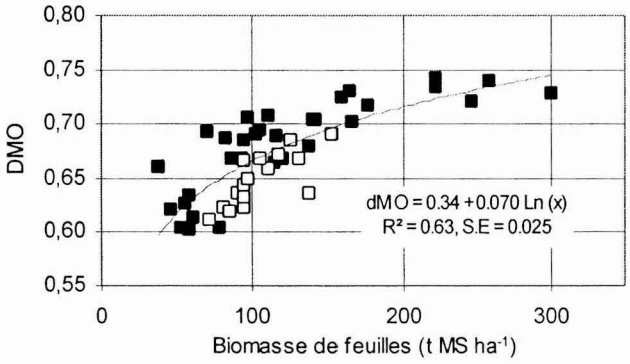


Fig.5 - Evolurion de la DMO de génisses Créoles au pâturage, avec la biomasse de feuilles, mesurée dans des couverts fertilisés (F) ou non (NF)



[a] Recorder ou appareil automatique d'enregistrement du comportement alimentaire, évoqué en I-A-4.

Effet de l'âge de repousse (14 vs 28 jours) en saison sèche ou humide

En saison sèche, les génisses ingèrent davantage d'herbe à 28 jours de repousse (70 g MO/kg $P^{0.75}$), alors que la digestibilité est supérieure de 2 à 3 points à 14 jours (64 g MO/kg $P^{0.75}$), quelle que soit la saison considérée. Mais c'est à J28 que la quantité ingérée digestible résultante est la plus grande (48 vs 45 g MO/kg $P^{0.75}$, à J28 et J14 respectivement).

A J14, la capacité d'ingestion ne semble pas atteinte, les quantités de MO non digérées (19 g MO/kg $P^{0.75}$)sont faibles comparées aux 25 g MO/kg $P^{-0.75}$ estimées dans des essais précédents (Boval *et al.*, 1996b, 2000). Par ailleurs la taille de bouchée est plus faible à J14 (-30 % par rapport à J28), pour des durées de pâturage comparables. La préhension d'herbe par coup de mâchoire est vraisemblablement limitée par la trop faible masse volumique du couvert à J14 par rapport à J28 (3.9 *vs* 4.2 kg MS/m^3), et il n'y a pas de compensation par l'augmentation de la durée de pâturage.

Après 7 mois d'exploitation des mêmes parcelles (Essai 3), en **saison humide**, les quantités ingérées digestibles diminuent fortement par rapport à la saison sèche (45 et 40 à J28 et J14 respectivement) et l'écart d'ingestion entre J28 et J14 se creuse. Ainsi les exploitations successives des mêmes parcelles diminuent le potentiel de la prairie pour l'alimentation (contrairement à l'essai fertilisation) pour les 2 stades.

En conclusion, la fertilisation induit à la fois un gain d'ingestion et de digestibilité, en augmentant la masse volumique d'un fourrage feuillu. Une exploitation précoce à J14, améliore la digestibilité (2 à 3 points) mais limite l'ingestion quotidienne, contrairement à des résultats obtenus à l'auge (7). La présentation sur pied du fourrage modifie en effet les modalités de préhension par l'animal, comparé à une présentation en bac. Ainsi c'est à J28 et 50 UN ha^{-1}, que l'on enregistre les plus fortes quantités de MO digestibles. On n'atteint cependant pas les valeurs maximales d'ingestion et de digestibilité (103 g MO/kg $P^{-0.75}$ et 0.76) déjà mesurées à J21 et à 50 UN ha^{-1}, pour des génisses pâturant aussi *Dichanthium sp* (Boval *et al.*, 1996b). Il existe donc une marge de progrès du potentiel d'un même fourrage pour l'alimentation, que l'on peut exploiter *via* la gestion appropriée du pâturage et que l'étude directe des relations Herbe-Animal contribue à révéler.

II.2 - Analyse des relations Herbe-Animal

L'analyse d'une base de donnée incrémentée par chacun des essais contribue à la compréhension des relations Herbe-Animal et permettra d'être plus proposant quant au type de couvert à faire pâturer.

La 1ère analyse de l'ensemble de ces données montre que l'ingestion est d'abord déterminée par la longueur et le nombre des feuilles (figure 6). La digestibilité est davantage influencée par la fraction de débris dans le couvert ou par la fraction des feuilles combinée à un indice de nutrition azotée[b] (figure 7).

[b] L'indice de nutrition azoté (INN) est l'expression du niveau de nutrition azotée permis par le milieu et combine la biomasse produite et la teneur en azote du fourrage.

Fig.6 - MOI mesurée et MOI prédite à partir de la longueur et du nombre de feuilles, pour des génisses Créoles au pâturage

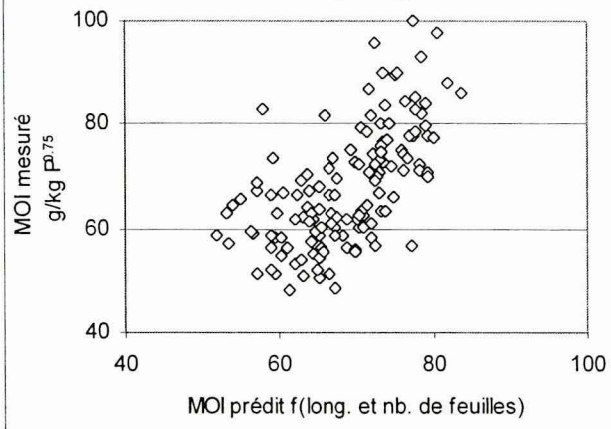
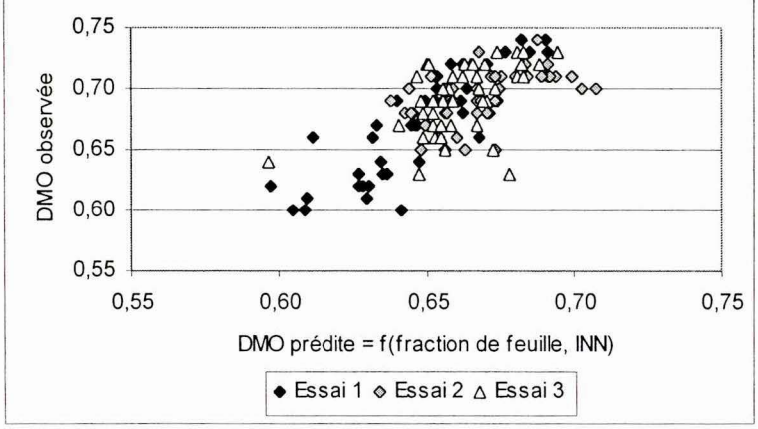


Fig.7 - DMO mesurée comparée à la DMO prédite à partir de la fraction de feuille et de l'INN de la prairie, pour des génisses Créoles au pâturage



Ainsi les caractéristiques chimiques et physiques déterminent la digestibilité et l'ingestion et ne peuvent être considérées séparément. Il faut arriver à mettre en évidence **quel paramètre et/ou combinaison de paramètres influencent en priorité le comportement alimentaire, l'ingestion et la digestibilité, pour un couvert avec des caractéristiques données, et avec quelles valeurs seuils**, déterminent le comportement alimentaire (durées de pâturage, rumination, fatigue masticatoire), mais surtout l'ingestion et la digestibilité du fourrage pâturé. L'analyse se poursuit.

II.3 - Perspectives de recherche

Dans les 2 années à venir, en parallèle du travail de publication, j'envisage d'élargir **la connaissance des relations Herbe-Animal** dans d'autres conditions de pâturage et avec des petits ruminants, en travaillant avec mes collègues, sur leurs dispositifs. J'aborderai ainsi l'alimentation au pâturage à une autre échelle temporelle et spatiale que celles de mes précédentes expérimentations, tout en optimisant la charge de travail et en contribuant à accroître la connaissance des facteurs de variation des données recueillies par dispositif.

Je souhaite **étendre la mesure des variables fourragères et animales** et la mesure de l'encombrement au pâturage, en collaboration avec H. Archimède. L'encombrement apparaît en effet comme un facteur déterminant l'ingestion et est estimé pour l'instant *via* la quantité d'indigestible excrétée.

J'aborderai les autres étapes de mon programme de recherche, une fois terminée la diffusion scientifique des acquis quant à l'impact de variants agronomiques sur l'ingestion et aux relations Herbe-Animal, tout d'abord **l'évaluation des modalités de conduite des animaux (❷)** et ultérieurement **l'évaluation de l'impact du pâturage sur la reconstitution de la biomasse après pâturage (❸)**, qui va nécessiter de renforcer les compétences en agronomie à l'URZ. Mais ces objectifs sont liés et ils pourront être poursuivis en parallèle dans certaines expérimentations. En effet, il faudra faire le choix de modalités de conduite animale données pour évaluer l'impact de l'animal sur la prairie ; à l'inverse, les résultats d'impact de l'animal sur la prairie contribueront à réorienter la conduite animale.

Section III - DYNAMIQUES DIGESTIVES ET OPTIMISATION DE LA VALORISATION DES BIOMASSES FIBREUSES

1. Introduction

L'optimisation de la valorisation des biomasses fibreuses a été abordée sous 2 angles :

- Augmenter l'ingestion des biomasses fibreuses : La variabilité de l'ingestion des fourrages tropicaux et des principaux paramètres de la dynamique digestive ont été abordés. Parallèlement, la cellulolyse microbienne et la dégradation physique ont été étudiées comme principaux facteurs limitant l'ingestion.

- L'orientation des fermentations microbiennes : L'objectif est de réduire les pertes de nutriments lors de la digestion. L'angle d'approche a été d'étudier l'intérêt et l'impact de l'élimination des protozoaires du rumen.

2. Augmenter l'ingestion des biomasses fibreuses

2.1 - Présentation du sujet

Notre objectif principal est d'identifier, au niveau du réticulo-rumen, les facteurs limitants des quantités de matière organique digestible ingérées. Cela m'a conduit à tester 2 hypothèses. La première hypothèse de travail fut de considérer que la composition chimique (azote, glucides solubles, minéraux) des fourrages tropicaux classiquement utilisés ne permet pas un développement optimum de la population microbienne et de la capacité cellulolytique du rumen (Leng, 1990). En conséquence, les digestibilités ruminale et gastro-intestinale seraient faibles. La seconde hypothèse fut de considérer que conjointement ou indépendamment de l'hypothèse 1, la fibrosité (teneur et caractéristiques physico-chimiques des glucides pariétaux) des fourrages tropicaux, même exploités à un stade relativement jeune, entraîne une forte résistance à la mastication, donc à la réduction de taille des particules alimentaires dans le rumen (Poppi, 1981). Ce facteur limitant affecterait principalement l'ingestion (faible vitesse de vidange du rumen, fort encombrement) et secondairement la digestibilité (limitation de la surface spécifique des particules alimentaires défavorables à la cellulolyse). En conséquence, les quantités de matières organiques digestibles ingérées seraient limitées à des seuils relativement bas. L'intérêt de cette hypothèse tient à la physiologie particulière des graminées tropicales en C4 caractérisées par une maturation plus rapide que les graminées tempérées en C3 (Wilson, 1994). Pour un même âge de repousse, le fourrage tropical est physiologiquement plus vieux que le fourrage tempéré.

2.2 - Principaux résultats

- ***Variabilité de l'ingestion et de la digestion des fourrages***

La gamme de variation de l'ingestibilité des fourrages tropicaux est très large. Les fourrages valorisés jeunes (moins de 28 jours d'âge de repousse) ont des ingestibilités comparables (> 75 g/kg $P^{0.75}$) à celles des bons fourrages récoltés en zone tempérée (Archimède *et al.*, 2000).

La diminution de l'ingestibilité des fourrages, l'augmentation du temps moyen des particules alimentaires dans le rumen sont rapides relativement à la digestibilité quand la repousse du fourrage augmente (Archimède *et al.,* 2000, 2002).

Des changements qualitatifs dans la maturation du fourrage interviennent avant 28 jours de repousse. La réduction physique de taille des particules (effort de mastication) et ses conséquences sur le taux de renouvellement du rumen (0.044 à 0.023 h^{-1}) semblent fortement conditionner l'ingestion des fourrages avec leur vieillissement.

➢ ***Capacité cellulolytique du rumen facteur limitant de la digestion ?***

L'évolution, avec l'âge de repousse du fourrage, de l'activité enzymatique (totale et spécifique) des principaux enzymes responsables de la cellulolyse a été étudiée. Il n'y **aurait** pas de variation significative de l'activité enzymatique entre 14 et 56 jours d'âge de repousse (Archimède *et al.*, 2002). Le niveau de dégradation d'un fourrage témoin (dégradabilité in sacco) ne **varierait** pas quand il est placé dans des ''contextes fermentaires ruminaux'' de fourrages évoluant entre 14 et 56 jours d'âge de repousse (Archimède *et al.*, 2002).

L'ingestion et la digestibilité des fourrages classiquement utilisés ne sont pas augmentés par la supplémentation (apport de glucide, azote, feuilles d'arbres fourragers). Nos résultats (Archimède *et al.*, 1999, 2000) semblent indiquer *que la* ***capacité cellulolytique du rumen ne serait pas le premier facteur limitant de l'ingestion et la digestion.***

➢ ***Dégradation physique des fourrages premier facteur limitant de la digestion ?***

L'ingestibilité (MSIpm, g/kg $P^{0.75}$) des fourrages est fortement expliquée par le temps de séjour (TS, heures) des particules alimentaires dans le rumen.

$$MSIpm\ (g/kg\ P^{0.75}) = 86.8 - 0.562 * TS, \quad r^2 : 0.80$$

Comme d'autres auteurs (Mc Leod and Minson, 1988), nous avons mis en évidence que la mastication était le principal moteur de la réduction de taille des particules alimentaire (Archimède *et al.,* 2001). La vitesse de réduction de taille des particules alimentaires conditionne le temps de séjour des particules dans le rumen. Nos résultats montrent que l'effort de mastication, temps nécessaire pour mastiquer un gramme de fourrage, double quand les animaux ingèrent des fourrages variant de 14 à 56 jours d'age de repousse : 45 à 69 minutes/g MSI.

2.3 - Discussion générale et perspectives : facteurs limitants de la digestion et de l'ingestion des biomasses fibreuses

Des gains significatifs d'ingestibilité et de digestibilité ne pourraient être obtenus qu'avec des fourrages exploités à de plus jeunes stades végétatifs (< 28 jours d'âge de repousse) que ceux classiquement pratiqués.

L'ingestibilité est le principal facteur de variation de la matière organique digestible ingérée. L'effort de mastication nécessaire à la réduction de taille des particules et en conséquence au renouvellement du rumen serait le principal facteur limitant l'ingestion des fourrages exploités classiquement (28-42 jours d'âge de repousse). Cependant, nous ne

possédons pas encore tous les éléments permettant de valider définitivement cette dernière hypothèse. Pour se faire nous envisageons dans un délai de 3 à 4 ans (projet de thèse) :

1) de réaliser une analyse quantitative de la bibliographie traitant de digestion des fourrages tropicaux ;

2) de réaliser des essais complémentaires (*in vivo* et/ou *in vitro*) pour confirmer la place prépondérante de la dégradation physique dans la limitation de l'ingestion pour mieux décrire les mécanismes contribuant à l'encombrement du rumen.

De plus, nous allons tester au pâturage, en collaboration avec M. Boval, certains résultats obtenus à l'auge dont les conclusions pourraient être modifiées du fait des contraintes de la préhension de l'herbe.

3. Orientation des fermentations microbiennes ruminales

3.1 - Le contexte scientifique

La réduction des pertes au cours de la digestion (méthane, protéolyse bactérienne...) contribue à optimiser la valorisation des biomasses fibreuses en augmentant le flux de «nutriments» disponibles pour les fonctions métaboliques de production. Les protozoaires du rumen sont responsables de plus de 30 % de la protéolyse bactérienne. Leur élimination (défaunation) permet d'accroitre jusqu'a 30 % les performances animales (Demeyer *et al.*, 1981 ; Bird and Leng, 1985 ; Moate, 1989 ; Navas, 1991). Les résultats de la bibliographie concernant la défaunation sont variables en fonction de la nature des rations et du potentiel de production des animaux. Les caractéristiques des fourrages de la zone tropicale (ratio azote/énergie digestible) en font théoriquement de bons modèles biologiques pour tester les effets de la défaunation. De plus, certaines feuilles d'arbres tropicaux contiennent des substances défaunantes qui pourraient être introduites dans des systèmes d'alimentation transférables chez des éleveurs. Au cours des 2 dernières années nous avons engagé un projet d'étude (Thèse de Maguy Eugène) sur l'intérêt de l'élimination des protozoaires du rumen.

3.2 - Le projet

Les objectifs principaux sont : 1) identifier les contextes alimentaires (gamme de rations) pour lesquels la défaunation présente un intérêt zootechnique ; 2) quantifier et expliquer les réponses zootechniques à la défaunation dans des conditions d'élevage.

Des essais d'engraissement (agneaux en croissance) et de digestion (béliers canulés du rumen et duodénum) sont programmés sur 12 rations permettant de tester 2 hypothèses de travail : 1) le ratio azote/énergie digestible des rations consommées serait le facteur déterminant de l'effet de la défaunation ; 2) la nature de l'énergie (paroi, amidon, sucre) pondère les résultats observés.

3.3 - Premiers résultats

Le projet de thèse est bien avancé :

- Une base de données bibliographiques sur l'effet de la défaunation sur les performances zootechniques et la digestion a été constituée en vue d'une analyse quantitative (en cours).
- Huit des 12 rations expérimentales ont été étudiées à ce jour.
- Des gains moyens de croissance de 10 à 20 % sur les animaux faunés comparativement aux défaunés ont été enregistrés sur des rations mixtes et à base de fourrage.
- La dégradation des protéines d'origine bactérienne a été significativement réduite avec la défaunation.
- L'ampleur de la cellulolyse microbienne n'a pas été affectée par l'élimination des protozoaires du rumen.