

Capacité d'ingestion des ovins laitiers : Effets des principaux facteurs de variation

Caja G., Ferret A., Gasa J., Pérez-Oguez L., Bocquier F., Plaixats J., Oregui L.

in

Barillet F. (ed.), Bocquier F. (ed.).
Nutrition, alimentation et élevage des brebis laitières. Maîtrise de facteurs de production pour réduire les coûts et améliorer la qualité des produits

Zaragoza : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 42

2002

pages 9-36

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=2600053>

To cite this article / Pour citer cet article

Caja G., Ferret A., Gasa J., Pérez-Oguez L., Bocquier F., Plaixats J., Oregui L. **Capacité d'ingestion des ovins laitiers : Effets des principaux facteurs de variation**. In : Barillet F. (ed.), Bocquier F. (ed.). *Nutrition, alimentation et élevage des brebis laitières. Maîtrise de facteurs de production pour réduire les coûts et améliorer la qualité des produits*. Zaragoza : CIHEAM, 2002. p. 9-36 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 42)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Capacité d'ingestion des ovins laitiers : Effets des principaux facteurs de variation

G. Caja*, **F. Bocquier****, **A. Ferret***, **J. Gasa***, **L. Pérez-Oguez***, **J. Plaixats***** et **L. Oregui******

*Unitat de Producció Animal, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB),
08193 Bellaterra, Espagne

**UMR Elevage des Ruminants en Régions Chaudes, ENSA.M-INRA, 2, Place Viala,
34060 Montpellier Cedex 1, France

***Unitat d'Agricultura, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB),
08193 Bellaterra, Espagne

****Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (NEIKER), Granja Modelo de Arkaute,
Apdo 46, 01080 Vitoria-Gasteiz, Espagne

avec la participation de **J.P. Guittard** (LEPA St-Affrique)

RESUME – Ce projet a permis de valider la méthodologie des Unités d'Encombrement mouton (UEm) de l'INRA dans le cas des brebis laitières. Nous avons montré qu'on pouvait obtenir une estimation précise des UEm d'un fourrage en le faisant consommer par des brebis taries élevées en petits lots. De plus, il est tout à fait possible d'utiliser les données mesurées sur des moutons standards ou les prédire à partir de l'analyse chimique et des équations proposées par l'INRA. Dans les conditions d'environnement méditerranéen, la photopériode et la température ambiante moyenne ont peu d'influence sur l'ingestion volontaire des moutons standards. Il n'est donc pas nécessaire, en pratique, de corriger les consommations alimentaires dans les conditions habituelles. Pour la mesure de l'ingestion chez les brebis gestantes et en lactation, l'utilisation des cages à digestibilité ou ingestibilité n'est pas conseillée. L'emploi des dispositifs ou équipements spéciaux qui permettent de maintenir les relations entre brebis (portillons, stabulation en place fixe, petits lots, etc.) ou l'utilisation des marqueurs internes (MSIndigestibles) ou externes (Cr_2O_3) constitue au contraire une bonne solution. On a proposé deux nouvelles équations pour prédire la capacité d'ingestion, et pour estimer le taux de substitution du concentré, des brebis laitières pendant la période de traite à partir du poids vif et de la production de lait standard. Ces équations permettent une meilleure prédiction de l'ingestion même si on sait qu'il est encore possible de les améliorer en augmentant le nombre de données, en tenant mieux compte des autres facteurs. Les grandes différences obtenues avec la prédiction actuelle de l'ingestion ont été observées au cours de la gestation. La comparaison entre races (Lacaune et Manchega) et taille de portée (1 ou 2 agneaux) a montré que les niveaux d'ingestion, très proches entre races, étaient supérieurs à ceux estimés en fin de gestation par l'INRA. La quantité de concentré et la nature du foin utilisé ont eu des effets importants sur l'ingestion. Une réduction de l'ingestion des brebis portant 2 agneaux a été observée au cours des 2 dernières semaines, avec des fourrages de bonne qualité et niveau élevé de concentré. Enfin, le nombre limité de résultats pendant la gestation ne permet pas la généralisation de l'équation de prévision que nous avons établie.

Mots-clés : Ingestion volontaire, encombrement, brebis laitières, ovins, alimentation, température, photopériode.

SUMMARY – "Intake capacity of dairy sheep: Effects of the main variation factors". This project permitted the validation of the Sheep Fill Units (SFU = UEm) methodology developed by the INRA in dairy ewes. We showed that a good estimation of the SFU of a forage is possible when it is given to small groups of dry ewes stabled in pens. Values obtained in standard wethers, or predicted from the results of chemical analysis and equations proposed by the INRA, can also be used with the same aim. In Mediterranean climatic conditions, photoperiod and average daily temperature have small effects on voluntary intake of standard wethers. For this reason the correction of the predicted voluntary intake is not necessary in practical conditions. The use of intake or digestibility crates is not recommended for measuring the voluntary intake of pregnant or lactating dairy ewes. Nevertheless, the use of special equipment allowing the interrelations of ewes (electronic gates, tie-stall, small groups, etc.) or the use of internal (MSIndigestible) or external markers (Cr_2O_3) are good solutions. We proposed two new equations in order to estimate the intake capacity and the substitution rate of concentrate in dairy ewes during the milking period, taking into account live weight and standard milk yield. These equations give a better estimation of the intake although they can be improved by increasing the number of data and taking into account other factors. The highest differences with the present estimations of intake were observed during pregnancy. The comparison between dairy breeds (Lacaune vs. Manchega) and litter size (1 or 2 lambs) showed similar values for intake between them and higher values than the INRA estimations at the end of pregnancy. Only the amount of concentrate and type of hay showed significant effects on intake during pregnancy. A reduction of

intake in ewes carrying 2 lambs was observed during the last 2 weeks when a good quality hay and a high level of concentrate were given. Finally, the small number of experiments carried out during pregnancy restricted the generalization of the equation estimated for prediction.

Key words: *Voluntary intake, fill value, dairy ewes, sheep, feeding, ambient temperature, photoperiod.*

Introduction

Intérêt de l'estimation des quantités ingérées

Dans tous les systèmes d'alimentation pour des animaux en production, l'ingestion volontaire d'aliments est un des principaux facteurs à prendre en considération pour prédire leur état nutritionnel (bilan) et/ou pour optimiser l'utilisation des ressources alimentaires disponibles (ration de base) ou achetées (concentrés, suppléments, etc.). C'est ainsi qu'il faut savoir que la variabilité des consommations alimentaires a un impact beaucoup plus important sur les apports de nutriments que la variabilité des coefficients d'utilisation digestive des constituants de la ration. Dans la pratique, la valeur nutritionnelle d'un aliment dépend plus de son ingestibilité (quantité ingérée lorsqu'il est distribué seul ; INRA, 1988) que de sa valeur nutritive intrinsèque. Inversement, lorsque les animaux sont nourris à volonté, il faut pouvoir formuler une ration dont la densité nutritive permettra de couvrir les besoins en maximisant les consommations de fourrage.

Cette contrainte pour formuler les rations est particulièrement importante dans le cas de l'alimentation des brebis laitières. En effet, malgré les différences importantes de besoins entre brebis d'un même troupeau (Bocquier et Caja, 1993 ; Caja, 1994 ; Bocquier *et al.*, 1995), qui résulte de la dispersion des niveaux de production laitière, des effectifs importants, et le maintien de systèmes d'élevage traditionnels font que l'alimentation des brebis est collective. Dans ces conditions la ration de base, qui est constituée de fourrages, est fréquemment distribuée *ad libitum*. En effet cette partie de la ration est considérée comme peu coûteuse : pâturage, fourrages conservés (foins et ensilages), ou sous-produits. Alors que les aliments concentrés sont formulés pour corriger les insuffisances nutritionnelles de la ration de base. Cette distribution d'aliments concentrés peut se faire soit en mélange avec les fourrages (rations complètes), soit séparément du fourrage (auge ou salle de traite). Il arrive parfois que l'utilisation de fourrages de bonne qualité (foin de luzerne) ou de concentrés de coût élevé (traitement technologique de l'aliment) oblige à répartir les brebis en lots (selon l'état physiologique, le niveau de production ou état corporel). En tous cas, certains systèmes de conduite permettent de répartir les animaux en différents groupes pour mieux ajuster les apports aux besoins, mais malgré cette mise en lot des animaux il subsiste toujours une variabilité élevée des besoins d'ingestion à l'intérieur du groupe (Bocquier *et al.*, 1995).

Le problème se complique encore par le fait que la consommation d'une quantité donnée d'aliment concentré conditionne, pour partie, l'ingestion de fourrage. On parle alors d'un taux de substitution du fourrage par le concentré. L'amplitude de cette substitution dépend de la quantité de concentré, de la qualité de la ration de base, des effets associatifs négatifs du concentré et du stade physiologique, entre autres facteurs.

Pratiquement, le calcul de rations pour les brebis laitières peut être réalisé à l'aide de logiciels informatiques, comme INRATION (Agabriel, 1995), dont l'efficacité pour prédire les apports alimentaires dépend de la fiabilité des informations qui ont été intégrées et en particulier la prédiction des quantités ingérées. Ce point n'était pas correctement traité puisque la plupart des informations contenues dans ce logiciel avaient été obtenues soit sur des moutons de référence (moutons castrés) soit sur des brebis à vocation viande. En ce qui concerne la lactation, les connaissances sur la période d'allaitement des agneaux des brebis allaitantes ne peuvent pas simplement être extrapolées à la période de production des brebis laitières (Bocquier et Caja, 1993).

Pour toutes ces raisons, la prédiction de l'ingestion de fourrage est la pièce maîtresse de l'alimentation des brebis laitières et en particulier pour optimiser la distribution de concentré qui affecte directement les charges et la productivité du système entier. Dans ce projet, certains travaux ont privilégié l'étude de l'animal alors que d'autres se sont intéressés aux aliments.

Pour l'animal, au plan méthodologique, nous avons parfois adopté une démarche analytique lorsqu'il s'est agi de cerner l'influence de certains facteurs. Dans ces cas nous avons mesuré individuellement les consommations volontaires notamment pour évaluer les effets de l'amélioration génétique des brebis et pour comparer l'efficacité alimentaire de deux lignées ou deux races de brebis laitières (cf. Marie *et al.*, *ibid.*).

Etant donnée la complexité de l'étude de l'ingestion et en particulier l'existence d'importantes interactions animal-plante, on a séparé le cas des fourrages conservés (stabulation) de celui des fourrages verts (pâturage). L'ingestion des fourrages verts au pâturage a été traitée dans une autre partie (cf. Ligios *et al.*, *ibid.*).

Capacité d'ingestion et consommation volontaire de fourrage

La capacité d'ingestion (CI) est une estimation théorique (INRA, 1988) de la quantité totale d'aliment que peut consommer un animal dans une situation physiologique déterminée. Par définition la CI est indépendante de la nature et de la qualité des aliments : elle ne dépend que de l'animal. Dans la pratique, cette CI est remplie par des rations constituées d'un mélange de fourrages (F) et d'aliments concentrés (C). Une partie de l'encombrement de l'aliment concentré est prise en compte par le taux de substitution (S) exercé par l'aliment concentré sur la consommation de fourrage.

Le système INRA (1978, 1988) est basé sur l'attribution d'une valeur d'encombrement à chaque aliment (UEm/kgMS). L'herbe de référence (herbe de pâturage : 15% MAT, 25% CB et dMO = 0,77) a une valeur de 1 UEm/kg MS (Unité Encombrement mouton) si elle est ingérée à raison de 75 gMS/kgPV^{0,75} par des moutons standards (mâles castrés de 60 kg, de race Texel) en conditions de stabulation contrôlées (température proche à 19°C et photopériode d'automne-hiver). Ainsi, la CI d'un animal est la quantité de MS qu'il peut ingérer lorsqu'il reçoit, à volonté, cette herbe de référence. Dans la pratique, on peut grâce à des tables (Andrieu *et al.*, 1981 ; INRA, 1988) prédire la valeur d'encombrement d'un fourrage (VEF). Si ce fourrage est distribué seul à des animaux donnés on peut, après avoir mesuré leurs consommations MSI, calculer leur capacité d'ingestion (CI = MSI/VEF) (cf. INRA, 1988).

On peut également, sur des animaux comparables, mesurer l'ingestibilité des fourrages (ING, gMS/kgPV^{0,75}). Le rapport de cette ingestibilité à celle de l'herbe de référence étant l'encombrement de ce fourrage (VEF). Ainsi la VEF = 75/ING. De la même façon, on peut attribuer une VEC (valeur d'encombrement du concentré) qui est VEC = S · VEF.

On peut ainsi écrire que :

$$CI = F \cdot VEF + C \cdot VEC$$

$$CI = F \cdot VEF + C \cdot S \cdot VEF$$

Tenant compte de ces expressions, l'estimation de la CI, ou la prévision de l'ingestion volontaire d'un fourrage (F) dans une situation déterminée, ne peut être faite que si on connaît la valeur VEF, en plus des valeurs de F et C ou C et CI, respectivement pour chaque cas.

Etant donné l'importance de la prédiction de la VEF, il existe des moyens de l'estimer à partir d'analyses chimiques. Il existe actuellement des équations de prédiction qui mettent en relation la composition des principaux fourrages utilisés dans l'alimentation des ruminants avec leur consommation par les moutons standards (Andrieu *et al.*, 1981 ; INRA dans Agabriel 1995 ; PrévAlim dans Baumont *et al.*, 1999).

D'autre part, l'ingestion volontaire chez les ovins est affectée par les conditions d'environnement (principalement photopériode et température ambiante), comme cela a été mis en évidence par divers auteurs chez les moutons standards de races à viande au nord et centre de l'Europe (Bocquier, 1985 ; Thériez *et al.*, 1987 ; Michalet-Doreau et Gatel, 1983 ; Deswynsen *et al.*, 1995) et même pour certaines races laitières (Bocquier *et al.*, 1997). Pour cette raison, la méthodologie INRA (1988) et le logiciel INRAtion utilisent un facteur de correction pour des températures moyennes inférieures à 19°C (Thériez *et al.*, 1987). Cependant, on ne connaît pas la validité de cette correction chez les races de brebis laitières en conditions d'environnement caractéristiques des zones méditerranéennes. En outre,

la CI des brebis peut ne pas être atteinte lorsque les possibilités d'accès à l'auge sont insuffisantes, si la qualité et la quantité d'eau sont inadéquates, si l'alimentation protéique et/ou minérale est inadaptée, s'il y a des problèmes sanitaires et/ou infectieux, si les animaux sont stressés (transports, changements de milieu, transition alimentaire trop rapide, etc.). Dans les travaux qui sont rapportés ci-dessous les animaux sont en situation de pouvoir saturer leur CI ; ils sont nourris à volonté.

Validation du système des Unités d'Encombrement (UEm) chez les brebis laitières

Objectifs

La validité d'utilisation du système UEm de l'INRA pour le cas des brebis laitières se base fondamentalement sur la vérification des points suivants :

(i) La fiabilité de l'estimation de la VEF à partir de la composition chimique du fourrage, par comparaison avec les mesures réalisées directement sur les moutons standards.

(ii) La représentativité de mesures réalisées sur les moutons de races laitières par rapport à celles réalisées sur les brebis de la même race, en alimentation en lots.

Ce travail a été réalisé par l'équipe de l'UAB à Bellaterra, avec des brebis de race Manchega. Elle représente le prolongement des travaux réalisés par Bocquier (1985), Bocquier *et al.* (1987a) et Thériez *et al.* (1987) à Theix, avec des moutons Ile-de-France et des brebis Préalpes du Sud.

La localisation géographique des stations expérimentales impliquées dans ce projet est portée sur la Fig. 1. Sont également portées sur cette figure les coordonnées (latitude et longitude) qui permettent de situer l'influence de la photopériode dans chaque station. Dans tous les cas, les études ont été réalisées dans, ou à proximité, des bassins de production de chacune des races.

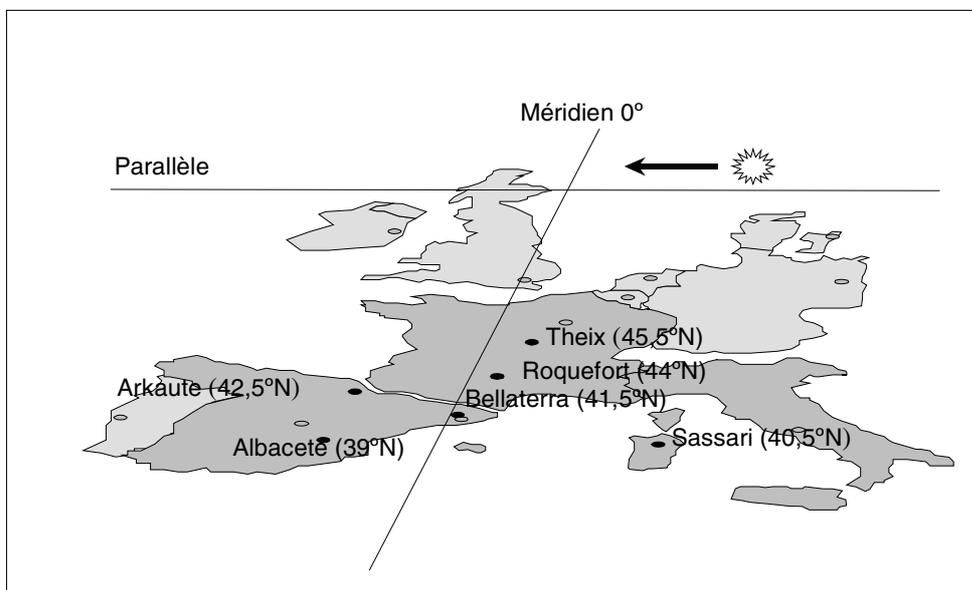


Fig. 1. Localisation géographique et latitude des stations expérimentales.

Relation entre la prédiction chimique et l'ingestion mesurée sur les moutons standards

On a disposé d'un total de 8 fourrages (4 foins de ray-grass italien et 4 foins de luzerne) de qualités extrêmes (bonne, moyenne et mauvaise), qui ont été grossièrement hachés et utilisés, seuls ou en

mélange, dans un total de 9 essais d'ingestibilité (années 1992-94) avec des moutons standards (béliers adultes castrés) de race Manchega. Les foins ont été analysés chimiquement, selon la méthodologie officielle utilisée pour les fourrages (AOAC, 1990). Leurs valeurs théoriques de VEF (UEm/kgMS) et énergie (UFL/kg) ont été calculées à partir des équations proposées par Andrieu *et al.* (1981).

Les résultats de la composition et de la valeur nutritive (Tableau 1), exprimés sur la MS, ont montré une variabilité importante pour les foins de ray-grass (MAT : 6,2-16,0% ; CB : 24,7-38,8% ; UFL : 0,60-0,81 et UEm : 1,14-1,79) et de luzerne (MAT : 13,8-18,9% ; CB : 24,7-40,2% ; UFL : 0,55-0,72 et UEm : 0,99-1,33).

Tableau 1. Composition chimique et valeur nutritive des foins de qualités extrêmes utilisés avec des béliers adultes castrés de race Manchega (moutons standards)

Foin	Ray-grass italien			Luzerne				
	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Moyenne	Bonne		
MS (%)	94,4	91,2	85,6	81,1	84,4	91,9	90,7	85,6
MO (g/kgMS)	913	900	886	881	879	917	898	886
MAT (g/kgMS)	73	62	134	160	138	148	174	189
CB (g/kgMS)	388	367	311	247	402	366	281	247
MELN (g/kgMS)	435	456	426	459	324	401	443	435
FAD (g/kgMS)	467	420	360	259	464	414	356	309
FND (g/kgMS)	737	678	606	512	602	552	481	465
DMO	0,58	0,58	0,54 ^{††}	0,71 ^{††}	0,54	0,56	0,56	0,64
UFL/kgMS [†]	0,63	0,60	0,68	0,81	0,55	0,62	0,69	0,72
UEm/kgMS [†]	1,79	1,71	1,34	1,14	1,33	1,23	1,00	0,99

[†] Calculés à partir des équations proposées par Andrieu *et al.* (1981).

^{††} Détermination directe en cages de digestibilité.

Au total, 12 béliers de race Manchega ont été castrés et logés ensuite individuellement dans des cages conçues spécialement pour l'évaluation de l'ingestibilité des fourrages. Le poids vif et l'état corporel des animaux ont été mesurés hebdomadairement durant toutes les périodes expérimentales ; ils se sont situés respectivement entre 75 et 95 kg et entre 2,3 et 3,1 points d'état corporel. Les périodes de mesure ont varié entre 2 et 4 semaines, selon la disponibilité de fourrage et précédées par au moins une période de 2 semaines d'adaptation pour chaque foin. La consommation d'aliment a été mesurée chaque jour (5 jours/semaine), les quantités offertes ont été ajustées de sorte que le taux de refus soit proche de 15%. Le nombre d'animaux utilisés a varié suivant la disponibilité de fourrage entre 3 et 12 moutons/foin selon les essais. Pour la comparaison des résultats, une seule valeur pour chacun des foins a été utilisée ; elle correspond à la moyenne de tous les animaux et dans toutes les semaines où a lieu l'évaluation de l'ingestion.

Les valeurs moyennes d'ingestibilité obtenues ont varié pour les foins de faible et bonne qualité, respectivement entre 37 et 74 gMS/kgPV^{0,75} pour le ray-grass et entre 67 et 81 gMS/kgPV^{0,75} pour la luzerne, avec des coefficients de variation modérés entre animaux (CVR = 20 à 30%) et entre semaines d'un même essai (CVR = 5 à 20%). Ce qui correspond à des valeurs d'encombrement comprises entre 1,01 et 2,03 UEm/kgMS pour le ray-grass italien et entre 0,93 et 1,20 UEm/kgMS pour la luzerne.

La comparaison des valeurs d'ingestion mesurées sur des moutons et celle estimée à partir de la composition chimique, a présenté des coefficients de corrélation élevés. Les équations obtenues qui sont les suivantes ont été publiées (Caja *et al.*, 1997a) :

$$\begin{aligned} \text{ING mouton} &= -9,21(\pm 8,8 \text{ gMS/kgPV}^{0,75}) + 1,196(\pm 0,243) \text{ ING analyse} \quad (r = +0,88 ; n = 9) \\ \text{UEm mouton} &= -0,37(\pm 0,14) + 1,293(\pm 0,164) \text{ UEm analyse} \quad (r = +0,95 ; n = 9) \end{aligned}$$

En moyenne, les valeurs prédites par les analyses surestiment très légèrement celles mesurées sur des moutons (+1,7%). Bien que dans quelques cas la variation ait été élevée (-15 à 23%) elle a été souvent faible pour les fourrages de bonne qualité. La droite de régression obtenue (Fig. 2) n'a pas été significativement différente de la bissectrice. C'est ainsi qu'aucun type de correction entre les deux systèmes d'estimation de l'ingestion n'est nécessaire pour les fourrages considérés (0,92-2,05 UEm chez les moutons). Dans la pratique, les équations de prédiction proposées par l'INRA pour l'estimation de l'ingestibilité (ou de l'encombrement) des foins de ray-grass et de luzerne, peuvent être considérées comme valables pour la race Manchega et autres races laitières méditerranéennes.

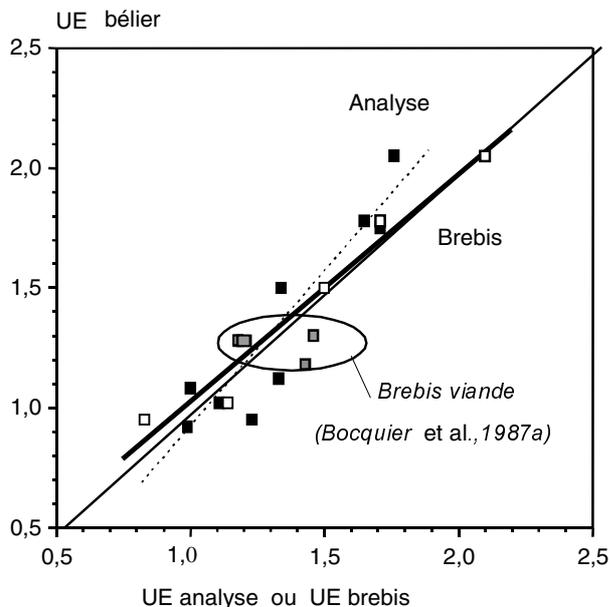


Fig. 2. Relation entre les Unités d'Encombrement mesurées sur béliers et brebis (□, n = 5) ou avec les valeurs prédites d'après l'analyse (■, n = 9).

Comparaison de l'ingestion entre brebis taries et moutons standards

Afin de comparer l'ingestibilité des fourrages par les moutons standards logés individuellement en cages d'ingestion et par les brebis logées en petits lots, on a utilisé 4 fourrages parmi ceux utilisés dans l'expérience précédente (3 foins de ray-grass italien et 1 foin de luzerne) qui ont été distribués seuls ou en mélange durant les années 1992-94.

Pour la réalisation de cette expérience, 38 brebis adultes de race Manchega, non gestantes et taries, sont réparties aléatoirement en 7 groupes et logées en conditions de stabulation en petits lots (5 brebis/lot). Le poids vif et l'état corporel des animaux, mesurés hebdomadairement au cours des périodes expérimentales, ont varié respectivement entre 51 et 65 kg et 2,2 et 3,1 points d'état corporel. Les périodes expérimentales de mesure d'ingestion (durée entre 2-12 semaines) ont été précédées par une période d'adaptation d'une durée de 2 semaines au moins pour chaque foin. L'ingestion a été mesurée chaque jour, les offres ont été ajustées de sorte que les refus soient d'environ 15%, comme pour les autres essais.

Les valeurs d'ingestibilité enregistrées pour les foins de faible et bonne qualité se situent entre 32 et 70 gMS/kgPV^{0,75} pour le ray-grass et à 90 gMS/kgPV^{0,75} pour le foin de luzerne. Les coefficients de variation, entre semaines, d'un même essai ont été inférieurs à ceux observés chez les moutons (CVR = 5 à 10%).

La comparaison des valeurs d'ingestion mesurées sur des brebis en lots et celles mesurées individuellement sur des moutons, montre que les coefficients de corrélation sont élevés ($r = +0,95$ et $r = +0,98$, respectivement). Les équations de régression obtenues ont été publiées (Caja *et al.*, 1997b). Les valeurs mesurées sur des brebis surestiment légèrement celles mesurées sur des béliers

(+2,1%), malgré la différence de poids entre les deux, avec un intervalle de variation compris entre -15 et +10%. La droite de régression obtenue n'étant pas significativement différente de la bissectrice (Fig. 2) ceci permet, dans la pratique, l'utilisation directe de résultats obtenus sur des brebis en petits lots et des moutons de référence.

Ceci confirme les observations de Bocquier *et al.* (1987a) lors d'une comparaison entre des brebis vides de race à viande (Fig. 2) et béliers entiers alimentés exclusivement avec des fourrages (foin et ensilage d'herbe), et lors d'une autre comparaison entre des brebis en début de lactation et des moutons castrés standards alimentés avec du foin et du concentré (les corrections pour les phénomènes de substitution ayant été faites). Ainsi, l'utilisation de nos données, ajoutées à celles de la bibliographie (Bocquier *et al.*, 1987a), permettent d'obtenir les équations de passage entre les mesures sur brebis et sur moutons :

$$\begin{aligned} \text{ING mouton} &= +1,040 \cdot \text{ING brebis} - 3,32 & (r = 0,91 ; \text{RSD} = 7,1 ; n = 9) \\ \text{UE mouton} &= +0,920 \cdot \text{UE brebis} + 0,08 & (r = 0,94 ; \text{RSD} = 0,12 ; n = 9) \end{aligned}$$

Ces équations, ayant des coefficients de corrélation élevés et des pentes voisines de 1,0, ne diffèrent pas significativement de la bissectrice, ce qui confirme l'équivalence des mesures d'ingestibilité des fourrages entre des brebis vides (tarées et non gestantes et logées en petits lots) et des moutons de référence. Ce résultat met également en évidence que l'on peut avantageusement utiliser des brebis vides en petits lots au lieu d'utiliser un dispositif lourd reposant sur des moutons castrés alimentés en cases individuelles. De plus, il faut souligner que ce résultat, qui est très général, a été obtenu malgré l'utilisation d'animaux de races très diverses comme le Texel, Préalpes du Sud, l'Île-de-France et la Manchega. En conséquence, on peut penser qu'il en est de même entre les différentes races de brebis laitières étudiées dans ce projet (Lacaune, Latxa, Manchega et Sarde). Ceci devrait permettre d'utiliser les résultats de nos études à d'autres situations expérimentales.

Conclusions

L'utilisation du système des UEm proposé par l'INRA, pour la prévision de l'encombrement (ou de l'ingestibilité) des fourrages, s'est révélée convenir aux brebis laitières avec les fourrages qui ont été étudiés (foin de ray-grass italien et de luzerne). Nous avons également montré qu'on pouvait obtenir une estimation précise de la valeur d'encombrement d'un fourrage en le faisant consommer par des brebis tarées alimentées en petits lots. Sinon, il est tout à fait possible d'utiliser directement les données mesurées sur des moutons standards ou les valeurs prédites à partir de l'analyse chimique des fourrages et des tables ou équations proposées par l'INRA (Andrieu *et al.*, 1981 ; INRA, 1988) et par le logiciel PrévAlim (Baumont *et al.*, 1999) pour les appliquer à des brebis laitières. En moyenne les valeurs d'ingestibilité prédites par analyses surestimées (1,7%) celles mesurées sur béliers et les mesures sur brebis sont aussi légèrement supérieures (2,1%) à celles obtenues sur béliers. Au total, en accord avec Bocquier *et al.* (1987a) on peut utiliser une de ces trois méthodes pour prédire les UEm des fourrages méditerranéens destinés aux brebis laitières.

Effet des principaux facteurs de l'environnement sur l'évolution de l'ingestion : Mesures des consommations volontaires de moutons standards au cours de l'année

Objectifs

(i) Evaluer la stabilité des mesures d'ingestibilité des fourrages au cours de l'année. Pour cela nous voulions étudier l'influence des facteurs environnementaux (photopériode et température ambiante) en situations méditerranéennes.

(ii) Etablir des équations permettant de corriger les mesures en tenant compte des situations où les animaux sont en dehors de la zone de thermoneutralité.

(iii) Estimer les effets de la tonte, en été, sur l'ingestion.

Ce travail, qui a été réalisé par l'équipe de l'UAB à Bellaterra (Barcelona, Espagne) et à Albacete (Castilla-La Mancha, Espagne), a fait l'objet d'une Thèse Doctorale (Prió, 1996). Pour cela nous avons utilisé des béliers castrés afin d'éviter toutes interférences avec les variations d'activité sexuelle au cours de l'année.

Facteurs de l'environnement étudiés

Ayant pour objectif l'évaluation des effets des conditions du milieu dans la zone méditerranéenne sur l'ingestion volontaire des fourrages chez les ovins laitiers, deux expériences ont été réalisées durant les années 1992-94 en deux régions espagnoles de conditions climatiques très différentes : (i) climat littoral (Barcelone : 42,5°N, 4°E) ; et (ii) climat continental (Albacete : 39°N, 2°O), en utilisant des moutons de référence. Cette comparaison de l'ingestion dans les deux endroits a permis, en plus, de valider les résultats obtenus en dehors de l'aire géographique traditionnelle d'élevage de la race Manchega (Castilla-La Mancha).

Pour la réalisation de ces deux expériences, 12 moutons castrés de race Manchega ont été logés individuellement dans des cages d'évaluation de l'ingestibilité des fourrages. Ces cages ont été situées à l'intérieur (*in*) ou à l'extérieur (*out*) d'une bergerie, pour évaluer les effets de différences de température (T) et d'humidité (H) à même durée d'éclairage. Pour évaluer l'effet de la photopériode, l'expérience réalisée à Barcelone s'est prolongée durant toute l'année, avec 4 périodes expérimentales centrées aux équinoxes (automne 92 et printemps 93) et aux solstices (hiver 92 et été 93). L'expérience réalisée à Albacete a pour objectif d'utiliser les conditions de températures les plus extrêmes, soit donc au cours des solstices de l'hiver 93 et l'été 94.

Les animaux ont été alimentés avec 4 foins de qualités différentes (2 de ray-grass italien et 2 de luzerne), hachés grossièrement et distribués chaque jour avec un niveau de refus proche de 15%. La composition des foins est similaire à celle mentionnée dans l'expérience antérieure pour les ray-grass de qualité moyenne à bonne et pour des luzernes de médiocre qualité (Tableau 1). Les périodes expérimentales ont été organisées suivant un modèle en carré latin avec répétitions (2 foins x 2 logements (*in* et *out*) x 3 moutons/traitement) avec des sous-périodes d'adaptation (1 semaine au logement et 2 semaines au foin) et mesure (1 semaine), de manière que tous les animaux consomment chacun des foins et soient logés dans les 2 situations pour chacun des carrés expérimentaux.

La mesure du poids vif et l'estimation de l'état corporel des animaux ont été réalisées en fin de chaque semaine de mesure. Ils ont présenté respectivement des valeurs comprises entre 76 et 87 kg et entre 2,8 et 2,9 points de note d'état au cours de toutes les expériences réalisées. La longueur de la laine, au niveau dorsal, de chaque bélier a été mesurée en fin de chaque période et la tonte des animaux a eu lieu en fin des carrés latins de l'été (en fin du mois de juillet).

Les valeurs de T et d'H ambiantes ont été enregistrées à l'aide de thermo-hygrographes enregistreurs, thermomètres de maximum-minimum et hygromètres à bulbe humide. Les T (°C) moyennes (*in/out*) enregistrées étaient : à Barcelone – automne (19,1/16,6), hiver (12,7/7,9), printemps (14,7/11,5) et été (23,9/23,9) ; et à Albacete : hiver (5,7/5,1) et été (22,5/23,1). Les H (%) moyennes (*in/out*) ont présenté des valeurs élevées et relativement stables : à Barcelone – automne (80/79), hiver (85/79), printemps (83/78) et été (73/70) ; et plus extrêmes à Albacete – hiver (87/74) et été (58/45). Les températures moyennes (Tm) et les moyennes pondérées calculées à l'aide des thermo-hygrographes, n'ont pas présenté de différences significatives entre les conditions *in* et *out*.

Effet du fourrage, de la période et du logement (*in* versus *out*)

L'analyse de la variance met en évidence des effets significatifs de la période ($P < 0,001$) et de la nature du foin ($P < 0,001$) sur l'ingestion aussi bien à Barcelone qu'à Albacete, et du logement ($P < 0,05$) uniquement à Barcelone où les différences *in-out* étaient les plus marquées (en moyenne : +11%, $P < 0,05$; cf. Fig. 3). Dans toutes les situations, la valeur moyenne de l'ING des foins de luzerne (62 à 80 gMS/kgPV^{0,75}) a été supérieure à celles des foins de ray-grass italien (43 à 76 gMS/kgPV^{0,75}).

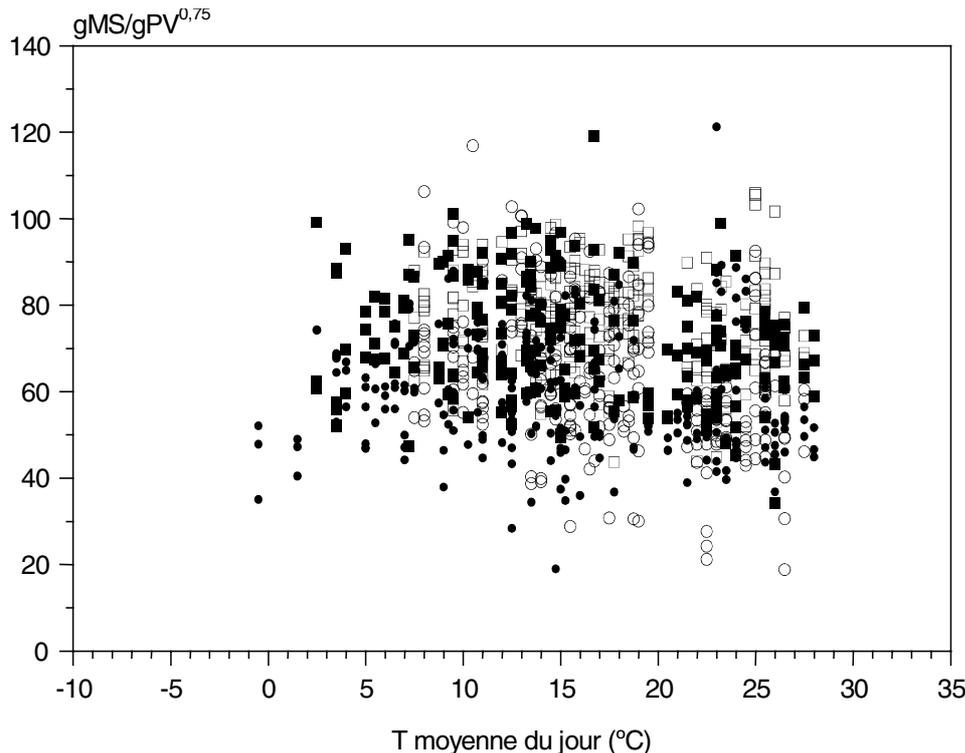


Fig. 3. Comparaison des valeurs d'ingestion des foins de ray-grass italien (○, ●) et luzerne (□, ■) par moutons standard en conditions *in* (○, □) et *out* (●, ■) à Barcelona.

Le type et la qualité du fourrage ont eu une influence très significative sur les différences de consommations volontaires de fourrage par les moutons standards. Les valeurs moyennes de ING et d'encombrement des foins de luzerne (62 à 80 gMS/kgPV^{0,75} ; 0,94 à 1,21 UEm/kgMS) ont été supérieures à celles des foins de ray-grass italien (43 à 76 gMS/kgPV^{0,75} ; 0,99 à 1,74 UEm/kgMS).

L'effet de la période expérimentale n'a pas pu être attribuée aux variations saisonnières de la durée d'éclairement (photopériode) ni à Barcelona, ni à Albacete (Fig. 4). Ceci est en contradiction avec les observations faites sur d'autres races ovines (Michalet-Doreau et Gatel, 1983 ; Bocquier *et al.*, 1990, 1997). Mais outre l'effet de la race ovine Manchega, ce résultat surprenant peut provenir des conditions expérimentales (zone méditerranéenne). En tout état de cause nous attendions des effets bioclimatiques sur l'ingestion de fourrages (Berbigier, 1988).

Effets de la température ambiante

Nous n'avons pas mis en évidence d'effet significatif de la T_m sur l'ingestion. Ceci indique que, dans les conditions de cet essai, les moutons en laine se sont trouvés proches de leur zone de thermoneutralité. L'effet de la T_m n'a été mis en évidence que lorsque les valeurs critiques de la T (inférieures et supérieures) ont été dépassées et avec des fourrages de bonne qualité et lorsque l'épaisseur de la toison était importante.

A l'opposé, l'amplitude thermique au jour de la journée ($\Delta T = T_{\text{maximale}} - T_{\text{minimale}}$, °C) exerce un effet dépressif sur l'ingestion qui est compris entre 3 et 10 gMS/kgPV^{0,75} pour chaque tranche de $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$. Cependant, cet effet n'est significatif que pour les foins de luzerne et le ray-grass de bonne qualité. Les équations obtenues pour l'ING (gMS/kgPV^{0,75}) correspondent à ($P < 0,05$) :

$$\begin{aligned} \text{ING ray-grass (bonne qualité)} &= 79,2 - 0,84 \cdot \Delta T & (r = -0,33 ; n = 48) \\ \text{ING luzerne (toutes qualités)} &= 80,3 - 0,65 \cdot \Delta T & (r = -0,47 ; n = 29) \end{aligned}$$

Dans les conditions bioclimatiques de printemps et d'hiver à Barcelone, les moutons qui ont présenté des ingestions plus élevées (moyenne : +11%, $P < 0,05$) en conditions *in* que *out* pour tous les foins est peut-être due aux amplitudes thermiques réduites.

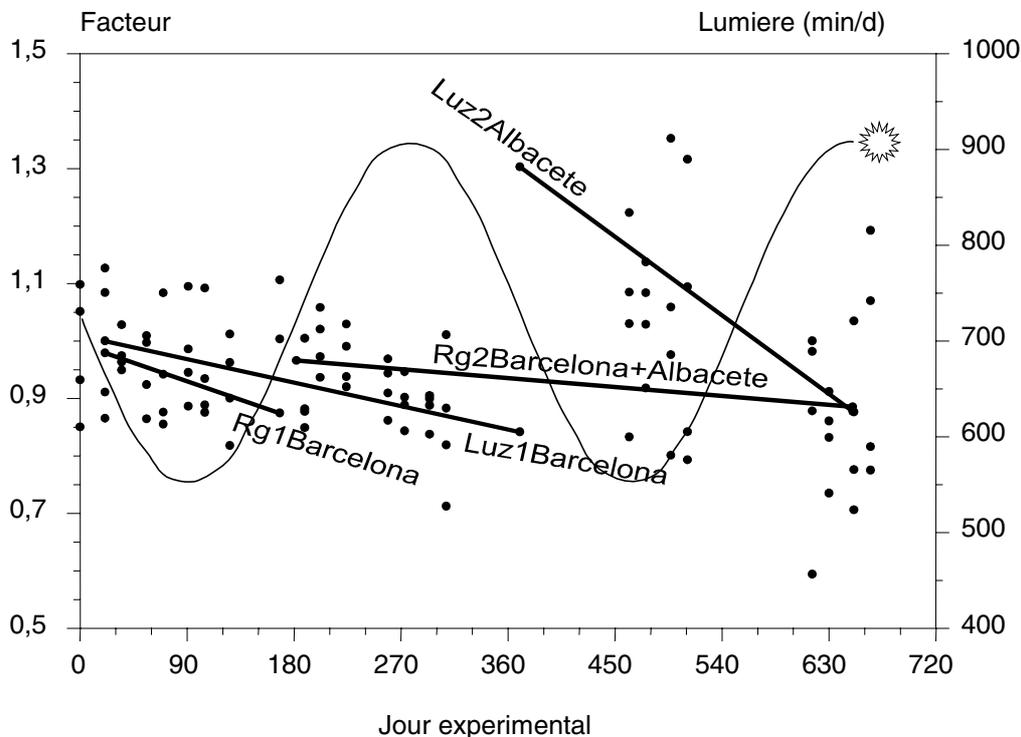


Fig. 4. Evolution de l'ingestion volontaire des foins de ray-grass (Rg) italien et luzerne (Luz) à Barcelone et Albacete au cours de l'année et relation avec la photopériode.

Facteur de correction de l'ingestion avec la température

Afin de comparer le facteur de correction de l'ingestion (F) pour la T_m , proposé par Thériez *et al.* (1987) dans le système INRA (1988) : $MSI(T_m) = MSI(19^\circ\text{C}) \cdot F$; $F = 1,345 - 0,0183 \cdot T_m$ ($r = -0,79$), pour un intervalle compris entre -5 et 19°C , nous avons également attribué la valeur de 1,0 pour ce facteur lorsque les conditions de température ambiantes étaient voisines de 19°C . C'est ainsi que nous avons obtenu la relation suivante ($P < 0,01$) :

$$F = 1,098 - 0,0052 \cdot T_m \quad (r = -0,30; n = 94)$$

Ce facteur de correction (F), est beaucoup moins dépendant de la T_m que celui de Thériez *et al.* (1987), avec une pente de $-0,5\%$ en lieu de $-1,8\%$ par $^\circ\text{C}$, et il n'explique que 10% des fluctuations des consommations de fourrage (Fig. 5). Toutefois, la valeur de cette correction qui fait diminuer l'ingestion avec l'accroissement de la T_m ($F = 1,1$ pour 0°C , et $F = 1$ pour 19°C), est en accord avec celle proposée par Brink (1975) dans le Kansas (USA) pour un intervalle de température proche des conditions méditerranéennes dans le cadre de notre travail (T_m entre 4 et 27°C).

En fait, et de façon analogue à ce qui est proposé par le NRC (1981), dans le cas du foin de luzerne de bonne qualité ($MAT = 189 \text{ g/kgMS}$; Tableau 1) à Barcelone on a pu calculer à l'aide d'une régression linéaire ($P < 0,05$) l'équation de dépendance de l'ING ($\text{gMS/kgPV}^{0,75}$) avec la T_m et la température critique supérieure (T_{cs} , $^\circ\text{C}$) :

$$\text{ING luzerne bonne qualité} = 67,6 + 0,06 \cdot T_m - 2,3 (T_m - T_{cs}) \quad (r = -0,48; n = 32)$$

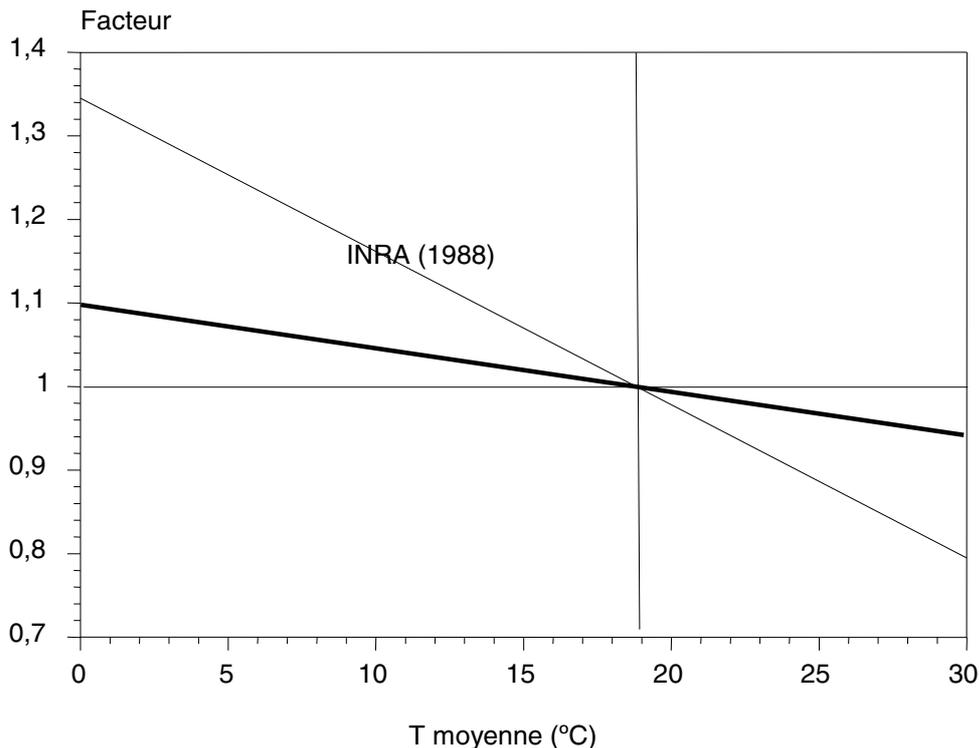


Fig. 5. Comparaison des effets de la température moyenne sur l'ingestion de fourrage : évolution du coefficient multiplicatif (F) chez le mouton castré standard.

Cette équation peut expliquer en partie les différences d'ingestion observées entre saisons avec des fourrages de bonne qualité. La valeur critique supérieure de la T, dans les conditions de ce travail, est assez élevée : $T_{cs} = 18,7^{\circ}\text{C}$. Ainsi, l'ingestion du foin de luzerne a pu rester constante à l'intérieur de l'intervalle de neutralité thermique, mais elle a diminué à raison de $2,3 \text{ gMS/kgPV}^{0,75}$ et par $^{\circ}\text{C}$ quand la T_m dépasse $18,7^{\circ}\text{C}$. Les données disponibles sont insuffisamment nombreuses pour réaliser le calcul de la T_{ci} , mais tout fait penser qu'elle doit être inférieure à 5°C . Ces conclusions permettent d'expliquer les différences entre les facteurs de correction obtenus en climat de montagne (Thériez *et al.*, 1987) et ceux obtenus en conditions plus chaudes (Bellaterra : notre travail ; et Kansas : Brink, 1975). En outre, la production de chaleur plus élevée chez la brebis en gestation ou en lactation, en plus de la bonne qualité de leurs rations et/ou l'utilisation de davantage d'aliments concentrés en comparaison des rations distribuées aux animaux à l'entretien (moutons standards ou brebis vides), fait penser que la valeur des températures critiques (supérieure et inférieure) de ces animaux doivent être comprises entre 0 et 19°C .

Effets de l'humidité

Les corrélations entre T et H sont assez faibles et non significatives, avec une humidité généralement plus élevée dans les situations *in* que *out*, et à Barcelone par rapport à Albacete, comme on pouvait s'y attendre. Cependant, l'humidité relative moyenne n'a pas eu d'effet sur l'ingestion volontaire de fourrages dans nos conditions expérimentales où H a varié entre 45 y 87% (H maxima : 97% et H minima : 19%) à l'échelle de l'année.

Effets de la tonte

Durant l'été, la tonte des moutons a été effectuée à la fin du dernier traitement expérimental (poids moyen de laine : 3,9 kg laine/mouton). Le contrôle de l'ingestion s'est prolongé pendant 4 semaines, en plus des mesures d'indicateurs de l'activité métabolique (température rectale et fréquence respiratoire) et de l'ingestion d'eau et de fourrage. Les résultats obtenus ont été portés au Tableau 2.

Tableau 2. Effets de la tonte sur le comportement alimentaire des moutons standards selon le logement (*in* vs. *out*) et le temps après la tonte

Semaine	T moyenne (°C)		Ingestion de fourrage (gMS/kgPV ^{0,75})		Ingestion d'eau (l/j)		T rectale (°C) [†]	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
-1	24,8	22,9	60 ^a (100) ^{††}	55 ^b (100)	8,4 ^a	4,6	39,6 ^b	39,3 ^a
0 (tonte)								
+1	26,5	26,3	52 ^{ab} (87)	54 ^b (98)	5,0 ^b	5,2	39,4 ^b	38,8 ^b
+2	25,0	25,2	48 ^b (80)	54 ^b (98)	4,2 ^b	5,1	39,4 ^b	38,8 ^b
+3	24,5	24,3	60 ^a (100)	63 ^a (115)	4,9 ^b	4,4	39,1 ^a	38,7 ^b
+4	25,1	25,0	54 ^{ab} (90)	62 ^a (113)	4,8 ^b	4,7	39,3 ^{ab}	38,8 ^b

[†]Moyenne de mesures à 9, 15 et 21 h.

^{††}Pourcentage en relation à avant la tonte.

^{a,b}Les lettres différentes entre colonnes indiquent des différences significatives au seuil de $P < 0,05$.

Chez les moutons logés à l'extérieur (*out*), l'effet de la tonte s'est traduit par une baisse rapide de la température rectale ($-0,5^{\circ}\text{C}$, $P < 0,05$) et de la fréquence respiratoire, alors que l'augmentation d'ingestion (+15%, $P < 0,05$) n'apparaît que 2 semaines plus tard. En revanche, chez les animaux logés à l'intérieur (*in*) la température rectale diminue moins ($-0,2^{\circ}\text{C}$, $P < 0,05$), tout comme la fréquence respiratoire, mais la baisse est plus marquée en terme de consommation d'eau ($-3,4$ l/j) et de fourrage (-20% , $P < 0,05$). Cet effet négatif qui est dépendant du poids de toison collectée après la tonte, indique que la laine s'oppose à la dissipation de chaleur chez les animaux logés à l'intérieur des bâtiments en été.

Conclusions

Dans les conditions d'environnement méditerranéen (continental ou littoral), la photopériode et la température ambiante ont peu d'influence ($< 10\%$) sur l'ingestion volontaire des moutons de référence issus de races laitières. Il n'est donc pas nécessaire de corriger les consommations alimentaires dans les conditions pratiques habituelles (température moyenne entre 4 et 27°C) contenues dans les limites de la zone de thermoneutralité des ovins. En tous cas, l'amplitude thermique du jour (ΔT) paraît avoir plus d'effet sur l'ingestion que la température moyenne. En effet, on observe une réduction de l'ingestion avec l'augmentation de la valeur de ΔT avec des fourrages de bonne qualité.

Estimation de l'ingestion chez les animaux logés en lots

La variabilité individuelle de l'ingestion volontaire d'aliment et sa faible répétabilité entre animaux et entre jours de mesure, oblige à utiliser un nombre élevé d'animaux durant des périodes prolongées. Dans la pratique, les mesures individuelles d'ingestion constituent une des activités expérimentales qui consomment plus de temps et qui conditionnent largement l'agencement des installations expérimentales utilisées dans l'étude des brebis laitières. En outre, la mise en cages individuelles peut modifier le comportement des animaux, habitués à une conduite en groupe (habitudes d'ingestion, compétition pour les auges, sélection d'aliments, etc.) et peut même compliquer la conduite d'élevage (traite en cages individuelles, traite en place, etc.).

Objectifs

Pour ces raisons, l'évaluation de différents dispositifs ou méthodologies nécessaires pour évaluer les consommations individuelles chez les brebis laitières a fait l'objet d'une attention particulière dans ce projet. Les différentes stratégies utilisées par les équipes participantes de ce projet correspondent :

- (i) Individualisation des brebis en cages d'ingestibilité ou de digestibilité (UAB Bellaterra).

(ii) Individualisation des brebis en place fixe et à l'attache (UAB Bellaterra).

(iii) Individualisation de l'ingestion d'aliment moyennant l'utilisation d'équipements sélectifs d'accès contrôlés automatiquement ou portillons électroniques (INRA Theix, INRA La Fage et DAPGV Arkaute). En dehors des traites les animaux sont maintenus ensemble.

(iv) Groupement des animaux en petits lots (UAB Bellaterra ; n = 5). Individualisation de l'ingestion d'aliment à l'aide de marqueurs (INRA Theix, IZCS Sassari et UAB Bellaterra).

L'emploi des marqueurs au pâturage (méthodologie des n-alcane) pour la prévision des quantités d'herbe ingérée a été utilisé par les équipes INRA de Theix et IZCS de Sassari, est présentée et discutée dans la partie concernant le pâturage (cf. Ligios *et al.*, *ibid*).

Effets de l'individualisation des brebis sur la mesure de l'ingestion

L'isolement des animaux en cases comme dans les situations (i) et (ii), pour la mesure de l'ingestion, suppose que la consommation des aliments n'est pas altérée par le comportement des animaux, ce qui n'est pas toujours vrai.

L'emploi des cages à digestibilité pour les brebis en gestation et lactation a été écarté, après une pré-expérience, par suite d'une réduction importante de l'ingestion volontaire d'aliment (-30 à -50%) lorsqu'on utilise des cages conventionnelles. Cette réduction de l'ingestion, malgré son caractère transitoire, est incompatible avec les exigences nutritionnelles de la gestation et de la lactation. A peu près la moitié des brebis provenant du troupeau expérimental ont présenté de graves problèmes d'adaptation aux cages de digestibilité. Ceci nécessite de réaliser un tri préalable des animaux en fonction de leur aptitude à supporter ces contraintes. En tout état de cause, il faut une longue période d'adaptation pour obtenir des valeurs jugées normales. Un autre problème réside dans le nombre de cages élevé nécessaire pour mener à bien ces mesures d'ingestion. En outre, il est difficile de traire les brebis dans ces conditions. Toutes ces contraintes n'ont pas permis d'utiliser les cages pour les brebis en fin de gestation et au cours de la lactation, nous les avons réservées aux mesures de référence avec des brebis tarées ou en début de gestation.

L'individualisation des brebis en place fixe à l'aide de collier et de chaîne a été testée par l'équipe de l'UAB de Bellaterra. Elle constitue une méthode mieux adaptée aux contraintes énoncées ci-dessus. Les brebis sont attachées aux mangeoires d'une stabulation conventionnelle équipée d'abreuvoir individuel et de séparations entre mangeoires. Pour faciliter le nettoyage des animaux et la réalisation de la traite, les brebis sont situées sur une marche (d'environ 1 m de large et 50 cm de hauteur) réalisée avec des bottes de paille haute densité. Ce type de stabulation entravée n'est pas habituel chez les ovins alors qu'il est fréquemment utilisé pour les bovins et les caprins laitiers. Après une courte période d'adaptation (1 semaine), les brebis de races Lacaune et Manchega, semblent s'être parfaitement adaptées. Pour éviter que les brebis ne se fatiguent les périodes à l'attache (1 semaine) ont été alternées avec des périodes de stabulation libre en petits lots (1 semaine). Une transition de 2 jours a été ménagée avant de réaliser les mesures d'ingestion (5 jours). Pour la mesure de la digestibilité, les brebis étaient équipées de harnais mis en place durant les périodes à l'attache et utilisés pour la collecte totale de fèces.

La comparaison des quantités ingérées en conditions de stabulation et en place fixe, par rapport à l'ingestion en stabulation libre (en petits lots de 5 à 6 brebis), a été réalisée avec des brebis en début de gestation. Ces brebis, en 8^{ème} semaine de gestation, étaient de race Lacaune (n = 12) et Manchega (n = 12), elles recevaient 0,3 kg/j de concentré (1,1 UFL et 189 gMAT/kgMS) et du foin de luzerne de bonne qualité (0,66 UFL, 171 gMAT et 1,13 UEm/kgMS) distribué *ad libitum*. L'ingestion de fourrage a été non significativement différente ($P > 0,05$) entre les brebis des deux races (Lacaune : 2,27 kgMS/j ; Manchega : 2,19 kgMS/j) et conditions de logement (place fixe : 2,23 kgMS/j ; stabulation libre : 2,22 kgMS/j) pour des stades de gestation et pour des prolificités similaires (1,3 agneaux/brebis). Ce résultat permet l'extrapolation des mesures d'ingestion à des conditions proches de la pratique et permet en outre de valider, a priori, les résultats qui ont été obtenus en place fixe avec les deux races.

L'utilisation de ce système de stabulation entravée, avec harnais de collecte de fèces a été complétée par la pose de sondes urétrales, pour la collecte d'urine, lors de la comparaison des races

Lacaune et Manchega (cf. Marie *et al.*, *ibid*). Ceci a été réalisé sur 12 brebis de chaque race qui recevaient une ration complète. Toutefois, on a observé des réductions d'ingestion pendant les mesures. Ainsi, et malgré les précautions prises pour la réalisation de ces mesures, les brebis ainsi isolées ont réduit leur ingestion et aggravé leur bilan nutritionnel pendant ces périodes de mesure (Fig. 6). En outre, les brebis Manchega (-21 à -29%) ont été plus affectées par les conditions que les brebis Lacaune (-5 à -6%). Ultérieurement, les consommations sont revenues aux valeurs initiales, et ont même augmenté (Manchega : +24 à +48% ; Lacaune: +11 à +21%) lorsque les brebis ont été placées au sol et en petits lots. En conséquence, les niveaux de couverture des besoins se sont situés, durant les périodes de mesure, entre 95 et 103% et entre 84 et 110%, pour l'énergie, et entre 80 et 86% et entre 84 et 109% pour les protéines, chez les Lacaune et les Manchega respectivement. Entre ces périodes de mesures, les valeurs se sont situées entre 100 et 112% et entre 105 et 116%, des besoins en énergie, et entre 94 et 103% et entre 113 et 121% des protéines, respectivement chez les Lacaune et Manchega. Pour l'interprétation des données, on doit tenir compte de ces conditions expérimentales particulières.

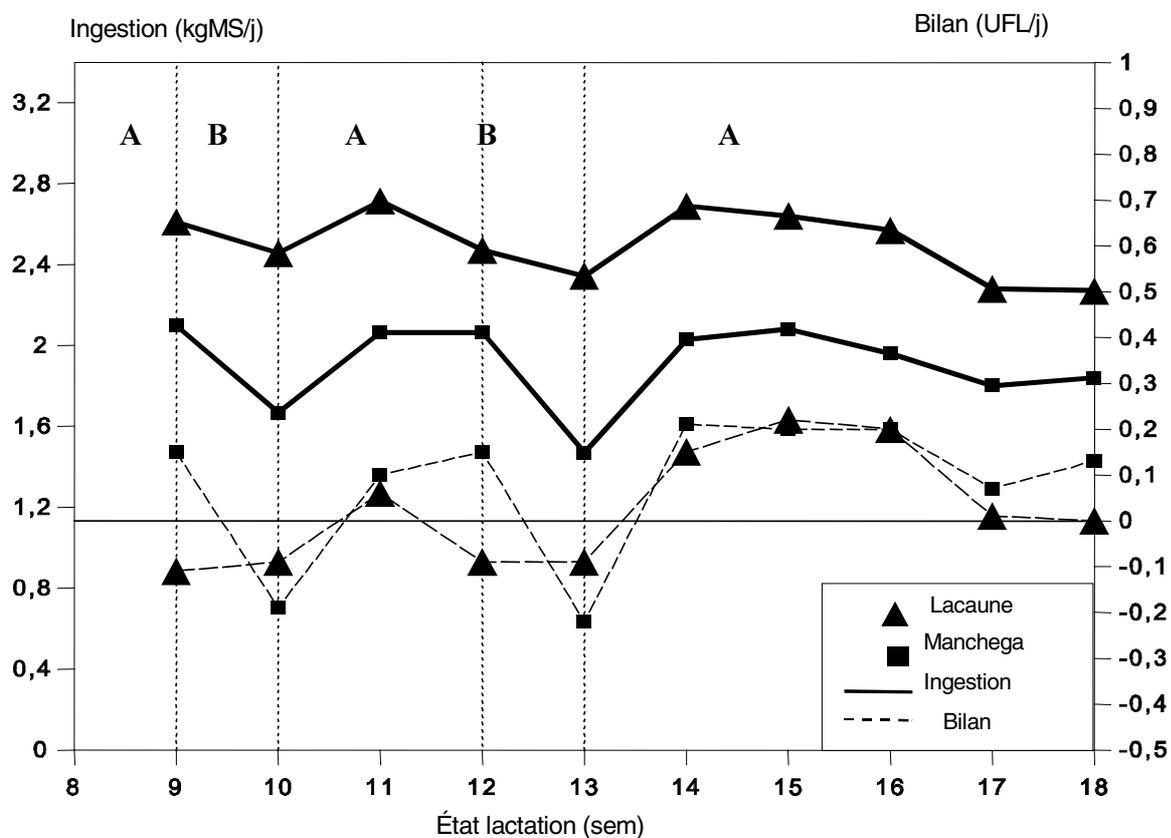


Fig. 6. Variations d'ingestion et niveaux de couverture des besoins énergétiques durant les périodes de mesure selon les conditions expérimentales (A, stabulation libre ; et B, en place fixe avec harnais de collecte de fèces et sonde urinaire) chez les brebis Lacaune et Manchega.

Mesure de l'ingestion à l'aide des mangeoires sélectives automatisées ("portillons électroniques")

La mesure de l'ingestion grâce à l'utilisation de mangeoires sélectives automatisées, afin de ne pas altérer la conduite grégaire des ovins, a été proposée par l'équipe de l'INRA de Theix qui a développé un équipement électronique automatisé et adapté aux brebis laitières en stabulation.

Le dispositif expérimental est basé sur l'emploi de mangeoires individuelles ayant un accès contrôlé par une porte (portillon) pourvue d'une fermeture électromagnétique activée par une clef électronique (transpondeur) située autour du cou de chaque brebis. L'identification de chaque animal

est faite par des unités de radiofréquence pourvues d'antennes situées devant chaque portillon. Les antennes sont latéralement protégées des interférences. Chaque mangeoire est pourvue de séparateurs pour éviter l'accès latéral des animaux non autorisés. Avec une période préalable d'adaptation et de dressage des brebis, le dispositif a été pleinement efficace pour le contrôle individuel de l'ingestion.

L'équipe de l'INRA de Theix a utilisé au total 48 portillons, pour le contrôle de l'ingestion des brebis de race Lacaune élevées en lots (12 animaux), dans les expériences de sous-nutrition énergétique réalisées dans les années 1992-94. Un équipement identique a été installé par la DAPGV de Arkaute en 1993 pour la réalisation des expériences concernant les effets du niveau d'apport de concentré sur 36 brebis de race Latxa (cf. Bocquier *et al.*, *ibid*).

Une autre version de portillons, pourvus de fermeture pneumatique a été adaptée à des mangeoires conventionnelles. Ce système, qui identifie les brebis à l'aide d'un transpondeur miniaturisé en forme de bouton (Nedap) qui est placé à l'oreille des brebis, a été réalisé par l'équipe de l'INRA de la Fage. A l'aide de ces portillons, le contrôle de l'ingestion de 48 brebis Lacaune logées en un seul lot a été réalisé pour la comparaison des lignées de brebis Lacaune depuis 1993 (cf. Marie *et al.*, *ibid*). Avec ce système il faut également une période d'adaptation et dressage des brebis.

Mesure de l'ingestion en petits lots

La mesure de l'ingestion en petits lots, comme alternative aux mesures individuelles, a été proposée par l'équipe de l'UAB dans le cadre de la comparaison de l'ingestion par des brebis vides à celle de moutons de référence (cf. ci-dessus) et pour la mesure de l'ingestion de brebis en gestation et/ou en lactation. Cette méthodologie, caractérisée par la constitution de petits groupes de 5-6 brebis/lot en état physiologique identique (même nombre de fœtus, stade de lactation, etc.), permet l'utilisation des installations existantes. De plus, les mesures se font dans des conditions proches de celles habituellement rencontrées en élevage (compétition à l'auge, traite en place, etc.). Le concentré a été réparti individuellement (moyennant l'utilisation de séparateurs dans les mangeoires de la stabulation ou de la salle de traite) à raison de 1 à 2 fois/jour selon la quantité distribuée. Le fourrage a été réparti 2 fois/jour avec un niveau de refus proche de 15% sur des périodes de mesure de 7 jours. L'ingestion individuelle de fourrage, ou d'une ration complète, a été estimée comme la moyenne de tous les animaux du lot durant une semaine en réalisant au moins 2 répétitions par traitement et période (2 à 4 lots).

Individualisation de l'ingestion à l'aide des marqueurs

La mesure directe de l'ingestion implique que l'animal soit logé individuellement, tel que cela a déjà été discuté. Cet isolement peut provoquer un biais lors du passage dans les conditions réelles de production. Ceci est dû au fait que lorsqu'ils sont logés séparément, les animaux développent des comportements alimentaires anormaux, qui résultent de l'ennui et/ou du stress (Broadbent *et al.*, 1970). Ce phénomène est particulièrement important dans les cages à digestibilité. D'autre part, on doit considérer les facteurs sociaux (imitation, compétition, etc.) comme un aspect important dans l'ingestion (Thériez *et al.*, 1987 ; Forbes, 1995). L'alternative qui consiste à utiliser des petits lots ayant comme principal inconvénient de compromettre l'analyse statistique des résultats.

Pour ces raisons, lorsque l'on utilise des animaux élevés en groupe, l'utilisation de marqueurs (externes ou internes) peut être une technique adaptée pour estimer l'ingestion et la digestibilité individuelle de la ration (Cochran *et al.*, 1986). En effet, l'utilisation simultanée d'un marqueur externe et d'un marqueur interne peut permettre ces deux déterminations. Malgré tout, des précautions doivent être prises pour l'utilisation de cette technique permettant d'estimer la digestibilité et l'excrétion fécale, il est nécessaire de vérifier un certain nombre de points concernant le type de rations, d'animaux et d'environnement (Judkins *et al.*, 1990).

Ainsi, l'équipe de l'UAB de Bellaterra a réalisé un travail durant les années 1993-94 pour évaluer la fiabilité de 4 marqueurs internes. Lignin Acid Détergent (LAD), MS Indigestible (MSInd), FAD Indigestible (FADInd) et LAD Indigestible (LADInd), pour l'estimation de la digestibilité de la MS (dMS). La MSInd, FADInd et LADInd ont été obtenues après l'introduction du matériel correspondant dans un

sachet de nylon (en triple exemplaire) après un séjour d'une semaine dans le rumen d'une vache fistulée. Parallèlement, on a étudié la fiabilité de l'emploi de l'oxyde de chrome (Cr_2O_3) comme marqueur externe dans la prédiction de l'excrétion fécale.

Les marqueurs ont été dosés pour permettre un total de 43 bilans de digestibilité avec 4 fourrages (3 foin de ray-grass italien : bonne, moyenne et mauvaise qualité ; et 1 foin de luzerne de qualité moyenne ; Tableau 1) distribués, hachés et *ad libitum*, seuls ou avec différents niveaux de concentré (0,2, 0,4 et 0,6 kg/j) à des brebis de race Manchega logées dans des cages à digestibilité. La composition du foin de ray-grass a varié entre 8,1 et 16,0% MAT, et entre 25,9 et 36,9% FAD ; celle de la luzerne a été de 18,1% MAT et de 35,2% FAD (Tableau 1). Le concentré, à base d'orge entière et farine de soja, a varié entre 17,5 et 18,7% MAT, et entre 5,4 et 16,2% FAD.

La digestibilité a été estimée par la relation des concentrations du marqueur interne [Mi] dans l'aliment (a) ingéré et dans les fèces (f) excrétés, selon la formule (Le Du et Penning, 1982) :

$$d = 1 - ([\text{Mi}]_a / [\text{Mi}]_f)$$

L'excrétion journalière de fèces (F) peut être prédite moyennant l'utilisation d'un marqueur externe (i.e. Cr_2O_3) avec des doses constantes (dans ce cas : 1 g/j) :

$$F = 1 / [\text{Cr}_2\text{O}_3]_f$$

L'estimation de la digestibilité (d) et de l'excrétion fécale (F) dans le cas d'animaux qui reçoivent une quantité constante de concentré (C, g/j), moyennant l'emploi d'un marqueur interne et un autre externe, conduisent à l'estimation de la quantité d'aliment (A, gMS/j) ingérée problème, normalement un fourrage, qui correspond à l'expression :

$$A = (1 \text{ g/j} \cdot [\text{Mi}]_f) - ([\text{Mi}]_c \cdot [\text{Cr}_2\text{O}_3]_f \cdot C) / ([\text{Mi}]_a \cdot [\text{Cr}_2\text{O}_3]_f)$$

Etant donné les faibles taux de récupérations des FADInd et LADInd, et leur grande variabilité, ils n'ont pas été utilisés comme marqueurs internes dans cette expérience. D'autre part, la LAD a présenté une faible corrélation ($r = -0,05$) pour la prédiction de la dMS des rations de luzerne, c'est la raison pour laquelle elle a également été écartée. Seule, la MSInd a permis une prédiction satisfaisante de la dMS avec des coefficients de corrélation élevés et coefficients de variation modérés, pour les rations de ray-grass ($r = +0,91$; CV = 4,7%) et luzerne ($r = +0,95$; CV = 5,9%). Les récupérations du Cr_2O_3 sont excellentes pour les deux foins et quels que soient les niveaux de concentré. La prédiction de l'excrétion fécale a été similaire pour les deux cas. Pour ces raisons, on peut utiliser une seule équation pour la prédiction de l'excrétion fécale (F, gMS/j) de toutes les rations :

$$F = 26,28 + 0,952 \cdot (1 / [\text{Cr}_2\text{O}_3]_f) \quad (r = 0,97; \text{RSD} = 38,5 ; n = 28)$$

Dans ce cas, l'équation de prédiction explique 95% de la variation de l'excrétion réelle dans les fèces, pour un intervalle compris entre 300 et 1000 gMS fécale/j. D'autre part, comme la pente et l'ordonnée à l'origine ne sont pas significativement différentes de 1 et de 0, respectivement, le F obtenu par le Cr_2O_3 peut être considéré comme réaliste. Ainsi, l'utilisation simultanée du Cr_2O_3 (marqueur externe) et MSInd (marqueur interne), pour l'estimation des quantités d'aliments consommés (A, gMS/j) selon la formule ci-dessus conduit aux équations suivantes de prédiction de l'ingestion *in vivo* de fourrage (ING, gMS/j) :

$$\begin{aligned} \text{ING ray-grass} &= 294 + 0,803 \cdot A & (r = 0,90 ; \text{RSD} = 113 ; n = 17) \\ \text{ING luzerne} &= 424 + 0,771 \cdot A & (r = 0,98 ; \text{RSD} = 163 ; n = 10) \end{aligned}$$

Les coefficients de variation de l'ingestion au sein des groupes obtenus avec chacune de ces équations, ont été de 9 et 11% respectivement pour les rations de ray-grass et luzerne. Leurs erreurs d'estimation de l'ingestion (différences minimales détectées) ont été faibles et leurs valeurs ont été comparables à celles rapportées par d'autres auteurs (Bocquier *et al.*, 1995).

Conclusions

L'estimation individuelle de l'ingestion volontaire d'un aliment chez les brebis laitières est très

complexe, en comparaison aux autres ovins, étant donné les contraintes de comportement et de conduite. L'utilisation des cages à digestibilité n'est pas conseillée chez les brebis en gestation et en lactation en raison des problèmes discutés ci-dessus. L'alternative plus intéressante réside dans l'emploi de mangeoires à accès individualisé (portillons) avec lesquels, une fois les brebis habituées, on peut contrôler des nombres importants de brebis (jusqu'à 48 brebis/groupe). Comme autre possibilité, il y a la stabulation entravée ou même l'emploi de petits lots homogènes (5 à 6 brebis/lot) qui peut présenter un grand intérêt si, en particulier, on utilise simultanément des marqueurs. Parmi les 5 marqueurs internes testés, les valeurs de récupération les plus élevées ont été observées avec la MSIndigestible et l'oxyde de chrome. Ces marqueurs ont permis d'étudier, chez la brebis gravide, les principaux facteurs de variation pendant cette période. En outre, l'utilisation simultanée de deux marqueurs permet l'estimation de la digestibilité (dMS, dMO) des rations, ce qui est utile pour calculer des bilans individuels.

Ingestion des brebis durant la période de traite

Avant l'exécution de ce projet, la prédiction de la CI des brebis laitières pendant la lactation était assez incertaine (Bocquier et Caja, 1993). En effet, soit on pouvait utiliser une équation obtenue il y a longtemps sur les brebis traitées (Bocquier *et al.*, 1987b), soit des équations obtenues sur des brebis allaitantes. Dans ce dernier cas, le volume et/ou la composition du lait étaient connus avec une grande incertitude. De plus, compte tenu de la brièveté de la lactation des brebis allaitantes (5 à 10 semaines) par rapport à des brebis traitées (5 à 6 mois), les extrapolations ne paraissaient pas satisfaisantes.

L'équation de prédiction de la CI (UEm/j) qui était proposée par l'INRA (1988) et qui est utilisée dans le logiciel INRAtion (version 2,6), utilise le poids vif (PV ; kg) et la production laitière brute (PLB ; l/j) des brebis. Cette équation, qui a été obtenue sur des brebis Lacaune au cours des années 80 (Bocquier *et al.*, 1987b) est la suivante :

$$CI = 0,020 \cdot PV + 0,29 \cdot PLB + 1,056 ; \quad VEC = 0,52 \cdot S \quad (n = 31 ; r = 0,91)$$

Cette équation montre une dépendance peu marquée entre la production de lait et l'ingestion, attribuant au terme indépendant presque 25% de la CI d'une brebis de 60 kg qui produit 1,5 l/j de lait. L'application pratique d'une telle équation s'est avérée problématique dans un certain nombre de cas, car les quantités prédites ne correspondaient pas aux valeurs mesurées (Bocquier *et al.*, 1993). Ceci est également le cas pour d'autres races de brebis laitières méditerranéennes ayant des productions laitières moyennes (0,5 à 1,0 l/j). Dans ces situations cette équation surestime les consommations volontaires de fourrage, alors que pour les brebis avec des niveaux de production élevés (>2 l/j) la CI semble au contraire sous-estimée.

Objectifs

Pour ces raisons d'application pratique, l'établissement de nouvelles équations de prédiction de la CI des brebis laitières, ont été faites sur des lots de brebis de petite taille (5 à 6 brebis/lot) ou de taille moyenne (10 à 24 brebis/lot).

Les équipes qui ont directement participé à la fourniture de données sont les suivantes : DAPGV de Arkaute (années 1993-94), LEPA de Saint-Affrique (1992, 93, 94 et 95), INRA de Theix (1993-94), INRA La Fage (1993) et UAB de Bellaterra (1993-94). D'autres données, obtenues plus récemment (1994-95) dans le cadre du CNBL (Comité National Brebis Laitières) de France ont été intégrées aux données ci-après.

Mesure de l'ingestion des brebis laitières en lot pendant la période de traite

On a disposé de la matière sèche ingérée (MSI) de la ration de base, de différents lots (6-24 brebis/lot) de brebis laitières traitées et/ou tarées conduites en bergerie. Les brebis traitées (70 lots) étaient de race Lacaune (52 lots), Manchega (12 lots) et Latxa (6 lots) et les brebis tarées (5 lots) étaient toutes de race Manchega. Les rations de base ont été constituées de foin de graminées, luzerne et ensilage d'herbe. En plus on a disposé des données obtenues avec des rations mélangées

(RM) chez des lots de primipares de race Lacaune (8 lots) et d'adultes de race Manchega (4 lots) qui ont été utilisées pour la vérification de la qualité de la prédiction de l'ingestion du fourrage (Tableau 3).

Tableau 3. Principales caractéristiques des résultats utilisés pour le calcul de l'ingestion des brebis laitières durant la période de traite

Equipe participant et localisation des essais	Race brebis (brebis/lot)	Lots et méthode [†]	VEF de la ration base (UE/kgMS)	Quantité concentrée (kg/j)	Lait standard (l/j)
DAPGV (Arkaute, Espagne)	Latxa (10)	6 (P)	1,69	0,3-0,9	0,8-1,2
INRA Theix (Confédération, France)	Lacaune (24)	6 (L)	1,05-1,09	0,4-1,0	1,3-1,7
INRA Theix-LEPA (Saint-Affrique, France)	Lacaune (24)	40 (L)	1,15-1,38	0,3-1,2	1,3-2,3
INRA Theix (Unotec, France)	Lacaune (24)	6 (L)	1,22-1,23	0,5-0,7	1,6-2,0
INRA La Fage (France)	Lacaune (24)	8 (P)	1,09-1,13 (RM) ^{††}	0,3-0,6	1,2-1,9
UAB (Bellaterra, Espagne)	Lacaune (6)	2 (L)	1,18 (RM)	1,0-1,1	1,5-1,8
	Manchega (6)	12 (L)	1,65	0,6-0,8	0,5-0,9
	Manchega (6)	2 (L)	1,18 (RM)	0,7-0,9	0,7-1,0
	Manchega (6)	5 (L)	1,00-1,79	0	0
Total (sans RM et taries)	–	70	1,05-1,69	0,3-1,1	0,5-2,0
Total RM	–	12	1,09-1,18	0,3-1,1	0,7-1,9
Total taries	–	5	1,00-1,79	0	0

^{††}Méthode de mesure de l'ingestion (P = portillons, L = lot)

^{††}RM = ration mélangée.

Chaque lot a été formé à partir d'un ensemble homogène de 6-24 brebis au même stade de lactation. Dans la plupart des essais, différents niveaux d'apport de concentré ont été distribués, ce qui a permis de calculer des taux de substitution entre le fourrage et le concentré. La PLB a été standardisée (PLS) sur la base de l'énergie (5 MJ/l de lait) à partir des taux butyreux (TB, g/l) et protéiques (TP, g/l) en utilisant l'équation suivante (Bocquier *et al.*, 1993) établie sur des laits de brebis Lacaune :

$$PLS = PLB \cdot [0,0071 \cdot TB + 0,0043 \cdot TP + 0,222]$$

Des valeurs semblables étant obtenues avec l'équation de Molina *et al.* (1991), établie sur des données de brebis Manchega, nous avons utilisé l'équation ci-dessus pour toutes les standardisations de ces essais.

Comme on peut l'observer sur le Tableau 3 les rations de base utilisées ont présenté une plage de variation de la VEF assez large : de 1,05 à 1,69 UEm/kgMS. Les données sont un peu déséquilibrées puisqu'on trouve souvent les valeurs d'encombrement les plus élevées dans les rations des brebis espagnoles et que les brebis Lacaune ont disposé de rations moins encombrantes. De même, la plage de variation des quantités de concentrés distribués aux brebis a été également très large (de 0,3 à 1,2 kg/j) entre lots et/ou entre expériences. Les valeurs moyennes du PV et PLS se sont situées entre 63 et 83 kg et entre 0,46 et 2,25 l/j, respectivement pour les races espagnoles et françaises.

Pour calculer la CI (UEm) des brebis, nous avons procédé par régression multiple en utilisant des variables qui permettent de tenir compte de la plupart des facteurs de variation de l'ingestion chez les ruminants laitiers. Ainsi la quantité d'unités d'encombrement de fourrage ingéré (MSI, VEF) a été mise en relation avec, d'une part, des variables zootechniques (PV et PLS) et d'autre part avec les autres caractéristiques de la ration (C, S et VEF), selon les équations :

$$[MSI \cdot VEF] = a \cdot PV + b \cdot PLS - (c + d \cdot VEF) \cdot VEF \cdot C$$

$$[MSI \cdot VEF] + (c + d \cdot VEF) \cdot VEF \cdot C = a \cdot PV + b \cdot PLS$$

Où a, b, c et d, sont des coefficients obtenus par régression, en forçant l'équation à passer par zéro. Dans cette dernière équation on peut mettre en évidence la CI et le taux de substitution :

$$CI = a \cdot PV + b \cdot PLS ; S = c + d \cdot VEF$$

Avec ce type de résolution il faut forcer les équations à passer par zéro car sinon il n'est pas possible de répartir objectivement le terme constant entre la CI et le taux de substitution S, ce qui peut conduire ultérieurement à des problèmes d'interprétation de la signification biologique des coefficients. En outre, cette contrainte permet d'obtenir une CI nulle lorsque le poids vif et la PLS sont nuls.

Au moins deux modes de calcul différents permettent de résoudre ce problème de terme constant. La première manière (A) consiste simplement à calculer directement l'équation en forçant le terme constant à être nul. La seconde (B) consiste à appliquer une contrainte supplémentaire qui est des brebis équivalentes (PV) mais taries (PLS = 0), qui devraient avoir des CI conformes à celles calculées par l'INRA (CI = 0,075 UEm/kgPV^{0,75}). Cette hypothèse a été validée par l'UAB à Bellaterra sur des brebis Manchega taries. Pour cela 5 lots de brebis taries ont été intégrés dans les données aux côtés de ceux des brebis en lactation. On aurait pu intégrer également, une contrainte supplémentaire permettant d'obtenir une CI asymptotique (CI_{max}), indépendante de la PLS pour des productions très élevées (PLS > 5 l/j), comme cela a été proposé pour la vache laitière (Faverdin, 1992). Cette contrainte n'apparaît pas fondée dans la plage de variation des PLS (moyennes par lots) dont nous disposons.

(A) Premier mode de calcul (n = 70 ; R² = 0,99 ; CV = 9,5%) :

$$[MSI \cdot VEF] = 0,0285 \cdot PV + 0,638 \cdot PLS - (-0,243 \cdot VEF + 0,834) \cdot VEF \cdot C$$

(P<0,001) (P<0,001) (P<0,05) (NS)

$$CI_A = 0,0285 \cdot PV + 0,638 \cdot PLS ; S_A = 0,834 - 0,243 \cdot VEF$$

(B) Second mode de calcul (n = 75 ; R² = 0,99 ; CV = 7,9%) :

$$[MSI \cdot VEF] = 0,0255 \cdot PV + 0,754 \cdot PLS - (-0,374 \cdot VEF + 0,958) \cdot VEF \cdot C$$

(P<0,001) (P<0,001) (P<0,05) (NS)

$$CI_B = 0,0255 \cdot PV + 0,754 \cdot PLS ; S_B = 0,958 - 0,374 \cdot VEF$$

Les coefficients de détermination très élevés (R² = 0,99) résultent directement du mode de calcul avec restriction sur le terme constant. En conséquence il n'est pas réaliste de considérer les coefficients de variation résiduels (CV, %) pour juger de l'étroitesse de la prévision des relations. En revanche, il est intéressant de considérer les conséquences du choix de mode de calcul sur les termes des équations de régression. Ainsi, les coefficients qui relient la CI au PV sont positifs et très voisins (A : 0,029 et B : 0,026), ce dernier permet d'obtenir une CI inférieure lorsque les productions laitières sont faibles, ce qui correspond mieux au cas des brebis laitières méditerranéennes (Caja *et al.*, 1997b,c). En outre, ce coefficient est tout à fait comparable à celui obtenu précédemment (0,020) pour les brebis laitières en utilisant la PLB (Bocquier *et al.*, 1987b ; INRA, 1988) et avec celui calculé plus récemment par Bocquier *et al.* (1997) sur des brebis Lacaune seules (0,024). Au contraire, les coefficients de la PLS sont assez différents selon le mode de calcul (A : 0,638 et B : 0,754) et très supérieurs à celui obtenu précédemment (0,29 ; Bocquier *et al.*, 1987b ; INRA, 1988) et logiquement plus faible que celui obtenu sur les Lacaune seules (0,90 ; Bocquier *et al.*, 1997). Les différentes équations peuvent être comparées directement dans le cas d'une brebis de 70 kg de PV.

Ainsi, les prédictions de la MSI des fourrages par les équations A et B sont à peu près équivalentes. Il apparaît toutefois que les prévisions des consommations de rations mélangées (RM) sont meilleures avec le mode de calcul B pour les PLS basses (Latxa et Manchega), alors que pour les productions laitières fortes (Lacaune) l'utilisation de l'équation A semble préférable.

Comme en pratique les distributions de concentré sont, en partie, dépendantes des niveaux de productions laitières il faut simultanément tenir compte des effets de la substitution pour comparer les modes de calculs A ou B. Ainsi il apparaît que selon le mode de calcul, à même encombrement de

fourrage (VEF), la substitution plus faible (S_A) est associée au coefficient le plus faible qui le relie avec la PLS ($A : 0,638$). Inversement, avec le coefficient le plus fort sur la PLS ($B : 0,754$) on trouve des substitutions plus élevées (S_B ; Fig. 7). Ces équations (CI et S) ont permis d'améliorer la prévision de l'ingestion même si on sait qu'il est encore possible de les améliorer en augmentant le nombre de données, en tenant mieux compte du stade de lactation, de l'engraissement et de la parité des brebis.

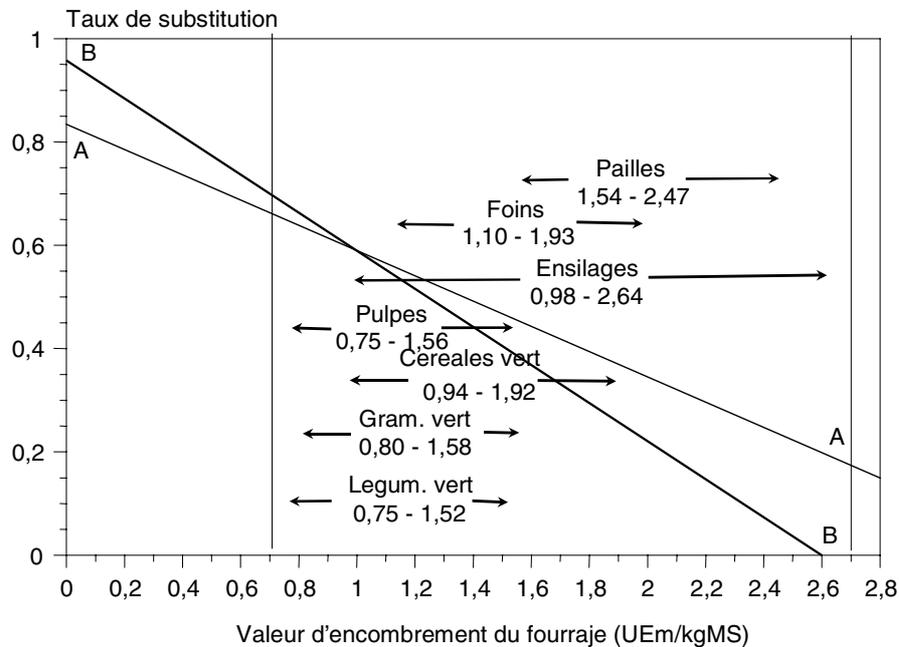


Fig. 7. Equations de prédiction du taux de substitution du fourrage/concentré pour des brebis laitières pendant la période de traite.

Conclusions

L'utilisation de nombreuses données sur l'ingestion de fourrage, obtenues dans des conditions expérimentales variées sur des lots de brebis de races différentes, a permis de proposer deux nouvelles équations de prédiction de la CI (UEm) durant la période de traite. Pour des brebis méditerranéennes ayant des productions laitières comprises entre 0,5 et 2,3 l/j, l'équation recommandée est la suivante :

$$CI = 0,0255 \cdot PV + 0,754 \cdot PLS ; S = 0,958 - 0,374 \cdot VEF$$

Les valeurs d'ingestion obtenues sont plus élevées que celles de l'équation précédente (INRA, 1988) et le taux de substitution est également plus élevé qu'avant. L'équation proposée fournit un ajustement acceptable, mais tend à proposer des ingestions très élevées lorsque la PLS est supérieure à 2 l/j. Parallèlement, pour des productions inférieures à 0,5 l/j, l'ingestion calculée serait inférieure à celle de l'INRA (1988). Cependant, l'équation actuelle est valable avec des RM, aussi bien pour des brebis de race Latxa, Lacaune ou Manchega.

Ingestion des brebis laitières durant la gestation

On considère généralement que l'ingestion de la brebis en gestation est constante durant les premiers mois de gestation, et ses besoins nutritifs sont similaires à ceux des périodes d'entretien (NRC, 1985 ; INRA, 1988). La situation est clairement différente au cours des dernières semaines de gestation lorsque les besoins sont accrus de près de 50% pour les brebis portant un seul agneau et ils sont multipliés par deux lorsque les brebis portent deux (ou plus) agneaux (Bocquier *et al.*, 1987b ;

INRA, 1988 ; Bocquier et Caja, 1993 ; Caja, 1994). En fait, dans le même temps l'ingestion volontaire a tendance à décroître (INRA, 1988 ; AFRC, 1993). Il en résulte que les recommandations de l'INRA (1988) appliquées au cas des brebis gestantes de race Manchega (1,4 agneaux et un poids total de la portée de 6 kg), conduit à une augmentation des densités énergétique et protéique de la ration de 0,41 UFL et 33 gPDI/kgMS pour l'entretien, à 0,90 UFL et 95 gPDI/kgMS pour ces brebis en fin de gestation (Caja, 1994).

La diminution de l'ingestion en fin de gestation peut avoir deux origines. La première explication serait de nature physique, et correspondrait à la réduction du volume ruminal qui résulte de l'accroissement du volume utérin. La seconde explication se baserait sur des modifications des équilibres hormonaux de fin de gestation (Forbes, 1970). Malgré cela, l'alimentation des brebis doit être adaptée car cette période correspond également à la période de démarrage de la future lactation et elle est, par conséquent, très importante pour des brebis laitières.

En outre, comme nous l'avons déjà signalé (Bocquier et Caja, 1993), les prévisions d'ingestion de fin de gestation selon l'INRA (1988) et établies par Bocquier *et al.* (1987a), ne sont pas totalement satisfaisantes ni pour les brebis des races Manchega ni pour les Lacaune (Bocquier et Caja, 1993). Cela provient pour partie du fait que les résultats utilisés ont été obtenus sur des brebis de races ovines britanniques à viande, logées en cages individuelles, sans qu'on sache si on pouvait les appliquer aux brebis laitières élevées en groupe.

Cette équation de prévision de la CI (UEm/j ; Bocquier *et al.*, 1987a), en fonction du poids vif (PV, kg) de la brebis après la mise-bas, du nombre de fœtus (N) et du poids total de la portée à la naissance (PN, kg), est la suivante :

$$CI = 0,172 - 0,190 \cdot N + 0,065 \cdot PN + 0,019 \cdot PV$$

avec un taux de substitution du concentré (S_i) variable selon le stade de gestation (entre -6 et -1 semaines) et la valeur d'encombrement du fourrage (VEF, UEm/kgMS) :

$$\text{Période 1 (-6 à -5 semaines)} : S_1 = 1,56 - 1,02 \cdot \text{VEF}$$

$$\text{Période 2 (-4 à -3 semaines)} : S_2 = 1,05 \cdot S_1$$

$$\text{Période 3 (-2 à -1 semaines)} : S_3 = 1,10 \cdot S_1$$

Comme on le constate ci-dessus, on considère que S_i augmente avec l'avancement de la gestation, ce qui a pour effet de réduire les consommations volontaires de fourrages, comme cela a été décrit dans la réalité.

Objectifs

Pour établir des équations chez les brebis laitières, l'équipe de l'UAB de Bellaterra a réalisé deux expériences (1992-93), afin d'étudier l'ingestion volontaire au cours de la seconde moitié de la gestation chez les brebis de race Manchega nourries en petits lots. Dans cette étude, on a évalué plus particulièrement les effets de la taille de portée, du niveau de concentré et du type de fourrage. En complément, on a réalisé en 1994 une troisième expérience pour comparer, dans les conditions de Barcelone, des brebis multipares de races Lacaune et Manchega afin de vérifier si les résultats trouvés précédemment chez la brebis Manchega étaient transposables à d'autres races.

Effets du niveau de concentré et de la prolificité

Au total, 120 brebis multipares de race Manchega ont été synchronisées au début de l'été 1992, à l'aide d'éponges vaginales de FGA (14 jours) et 400 UI de PMSG par voie intramusculaire. Après diagnostic par échographie, qui a été réalisé deux fois (40 et 65 jours après la lutte), on a choisi 60 brebis qui ont été réparties en deux lots (30 brebis/lot), équilibrés suivant l'âge, le poids et état corporel et en fonction du nombre de fœtus. Le schéma expérimental était factoriel 2 x 2 (nombre de fœtus x niveau de concentré). Les brebis ont été alimentées en petits lots (5 brebis/lot) au 70^{ème} jour de gestation. Elles ont reçu *ad libitum* un foin haché de ray-grass italien de bonne qualité (Tableau 1 : 0,81 UFL, 16% MAT et 1,14 UEm) avec un niveau de refus proche de 15%. Le concentré (94,5% orge

entier, 4% farine de soja-44 et 1,5% CVM) a été distribué individuellement dans une mangeoire pourvue de séparateurs latéraux et un système auto-bloquant, une seule fois/j pour le niveau bas (0,3 kg/j) et deux fois/j pour le niveau haut (0,6 kg/j). L'ingestion volontaire a été contrôlée durant 5 jours/semaine durant les 9 semaines précédant l'agnelage. On a également enregistré deux fois par mois, et après agnelage, le PV et l'état corporel des brebis ainsi que le poids des agneaux à la naissance.

L'ingestion moyenne de foin de ray-grass, durant les 9 semaines de contrôle, a été de 1,51 et 1,43 kgMS/j (-5,3%, ns) respectivement pour les brebis recevant 0,3 et 0,6 kg/j de concentré (Tableau 4). Les ingestions totales de MS ont été respectivement de 1,78 et 1,97 kgMS/j (+10,7%, $P < 0,05$). Malgré une différence de MSI totale ingérée, l'ingestion de fourrage en fin de gestation (9 semaines) n'a pas été affectée par le niveau de concentré, contrairement à ce qui a été rapporté par Orr et Treacher (1984). L'effet marqué de l'augmentation du taux de substitution en fonction du stade de gestation et la chute consécutive de l'ingestion de fourrage, signalée aussi par Tissier *et al.* (1977), a été uniquement mise en évidence pour l'ingestion de foin pendant les deux dernières semaines de gestation, qui a été significativement inférieure ($P < 0,05$) chez les brebis recevant 0,6 kg/j de concentré. En considérant seulement les 6 dernières semaines de gestation, on observe que la moyenne totale de MSI a été de 1,77 et 1,90 kgMS/j, pour les brebis supplémentées respectivement avec 0,3 et 0,6 kg/j de concentré. Ces valeurs sont supérieures à celles proposées par les différents systèmes actuels de rationnement des ovins (NRC, 1985 ; INRA, 1988 ; AFRC, 1993). Même si le niveau de concentré n'a pas affecté significativement ni l'évolution du PV, ni l'état corporel des brebis, ni le poids des agneaux à la naissance.

En ce qui concerne l'effet de la taille de la portée sur l'ingestion, la consommation de foin et l'ingestion totale de MS n'ont pas été affectés significativement par la taille de la portée (1 ou 2 agneaux). En effet, les brebis portant des simples ont consommé 1,47 kgMS/j de foin et 1,87 kgMStotal/j et celles qui portaient des doubles 1,48 et 1,88 kgMS/j. Ces résultats sont en accord avec ceux publiés par Tissier *et al.* (1975) et par Orr et Treacher (1989, 1990).

L'évolution de l'ingestion volontaire de fourrage ne se différencie que pendant les dernières semaines avant l'agnelage et on observe une diminution de la consommation de foin pour part des brebis portant deux agneaux (94,5% de celle des simples). En fait, cette diminution est provoquée par la baisse de consommation de fourrages chez les doubles supplémentées avec 0,6 kg/j de concentré. Etant donné que l'ingestion totale de MS n'est pas affectée par la prolificité, tout indique qu'il s'est produit une différence de bilan énergétique entre types de brebis. En effet, les pertes de poids au cours des 9 semaines qui précèdent l'agnelage sont supérieures ($P < 0,05$) chez les brebis doubles. Cependant, et dans tous les cas, la variation de l'état corporel des brebis n'a pas été significative.

Tableau 4. Effets de la taille de la portée et du type de foin sur l'ingestion des brebis de race Manchega en fin de gestation

	Semaines avant agnelage											Moyenne
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Prolificité												
1 agneau	63,9	56,9	59,6	63,3	66,1	67,0	66,4	67,9	65,5	65,9	65,9	64,0 ± 0,9
2 agneaux	60,7	56,3	57,2	62,3	63,4	64,8	63,3	62,0	60,8	57,8	55,6	60,8 ± 0,9
Type de foin												
Ray-grass	54,5	52,3	53,1	56,1	57,5	58,9	56,2	57,9	55,2	54,3	53,8	55,4 ± 0,6
Luzerne	65,1	60,8	63,6	69,5	72,0	73,4	73,5	72,0	71,1	69,4	67,8	68,9 ± 1,2
Ecart-type résiduel	4,1	7,6	7,7	4,3	4,5	2,2	4,1	3,3	4,0	2,2	5,6	10,1
Signif. ($P <$)												
Prolificité	0,568	0,909	0,675	0,770	0,437	0,158	0,353	0,061	0,175	0,006	0,061	0,167
Type de foin	0,022	0,188	0,125	0,012	0,010	0,001	0,004	0,004	0,005	0,001	0,025	0,003

Effet du type de fourrage et de la prolificité

Dans un autre essai réalisé à l'UAB en 1993, on a étudié l'effet du type de fourrage (foin de ray-grass ou de luzerne) et de la prolificité (1 ou 2 agneaux) sur l'ingestion en fin de gestation chez les

brebis de race Manchega recevant un seul niveau d'aliment concentré (0,6 kg/j). Dans ce cas, on a utilisé un total de 100 brebis multipares conduites de façon semblable à celles de l'autre essai. Après un double diagnostic de gestation par échographie (40 et 60^{ème} jours après la lutte), on a choisi 48 brebis qui ont été réparties en 2 groupes équilibrés de 24 brebis, l'un regroupant les brebis portant un agneau et l'autre pour des brebis porteuses de deux agneaux. Le schéma expérimental était un factoriel 2 x 2 (nombre d'agneaux x type de foin).

Les brebis ont été maintenues en stabulation en petits lots (6 brebis/lot) et alimentées *ad libitum* avec différents types de foin, présentés sous forme hachée, suivant le traitement expérimental (foin de ray-grass italien ou de luzerne) et de 0,6 kg/j de concentré (66,5% orge, 29,7% farine de tournesol-33, 3,4% minéraux et 0,4% CVM) distribué 2 fois/j dans des mangeoires pourvues de séparateurs individuels. La composition nutritive des foin a été (Tableau 1) : pour le foin de ray-grass – 8,1% MAT et 1,44 Uem – et pour la luzerne – 18,1% MAT et 1,12 Uem. Les contrôles expérimentaux ont été les mêmes que ceux réalisés dans l'autre essai : chaque jour, pendant les 11 semaines précédant la parturition, l'ingestion de fourrage a été mesurée.

L'ingestion moyenne de fourrage (Tableau 5) durant toute la période expérimentale a été pour le foin de ray-grass de 1,31 kgMS/j et pour la luzerne de 1,80 kgMS/j. Ce qui correspond à une différence de 37% (25% si l'on tient compte des différences de PV entre les brebis des deux lots). Ainsi, l'ingestion de fourrage avec le même niveau d'apport de concentré, a été fortement affectée par la nature du foin. La moindre résistance du foin de légumineuse à la réduction de la taille des particules durant la mastication, due à son faible contenu en cellulose brute et son faible temps de rétention dans le rumen peut expliquer la valeur élevée de l'ingestion volontaire de ce foin par rapport à celle de graminée (Minson, 1990). En outre, la réduction prévisible de la distension du rumen, due à l'accroissement du volume utérin, s'est traduite par une réduction de l'ingestion chez les brebis qui ont consommé du foin de légumineuse (luzerne) de bonne qualité (dMS = 56,7). Cependant, cette diminution n'a pas été observée chez les brebis qui ont reçu un foin de graminée (ray-grass) de digestibilité semblable (dMS = 55,8).

La variation du PV, entre le début de l'expérience et les mesures *post-partum*, a été significativement affectée ($P < 0,001$) par le type de foin. Ainsi, les brebis ayant consommé le foin de luzerne ont gagné du poids, alors que celles qui ont consommé le foin de ray-grass n'ont pratiquement pas changé de poids. Toutefois, le type de foin n'a pas affecté la variation de l'état corporel, malgré une certaine tendance à déposer davantage de réserves adipeuses chez les brebis recevant du foin de luzerne. Etant donné que le poids des agneaux à la naissance n'a pas été affecté par le type de fourrage, les différences d'ingestion volontaire avec les changements du PV et d'état corporel indiquent, encore une fois, des variations du bilan énergétique des brebis. Il faut signaler aussi, dans cette expérience, que la prolificité n'a pas affecté de manière significative l'ingestion volontaire de fourrage. C'est ainsi que les brebis portant des simples ont consommé 1,61 kgMS/j, alors que celles qui portaient des doubles ont consommé 1,50 kgMS/j de foin (93% de celles des simples).

Tableau 5. Effet de la nature du foin et la taille de la portée sur l'ingestion de fourrage des brebis laitières de race Manchega au cours des 6 dernières semaines de gestation (avec 0,6 kg/j de concentré)

	Foin de ray-grass		Foin de luzerne		Effet ($P =$)	
	Simple	Double	Simple	Double	Foin	Portée
Ingestion de fourrage						
KgMS/j	1,35	1,36	1,89	1,62	0,001	NS
gMS/kgPV ^{0,75}	56	55	72	66	0,003	NS
Taux de passage (/h)	0,060	0,056	0,072	0,067	0,001	NS
Poids après mise-bas (kg)	69,4	71,7	78,2	71,4	0,076	NS
Poids total portée (kg)	4,9	7,6	4,2	7,5	NS	0,001
Variations de la brebis						
PV (kg)	2,8	-2,2	10,0	2,2	0,001	0,001
NEC	0,27	0,15	0,53	0,14	0,083	NS

L'ingestion, au cours des 6 dernières semaines, est restée stable pour les brebis simples, alors qu'on observe une diminution significative ($P < 0,01$) d'ingestion chez les brebis doubles au cours des 2 dernières semaines de gestation. En considérant l'ensemble des facteurs de variation étudiés ici (prolificité et type de foin), on peut observer que la diminution a été surtout importante chez les brebis recevant du foin de luzerne. De plus, la variation de PV des brebis a été aussi affectée par la taille de la portée. En effet, les brebis simples ont gagné du poids, alors le poids des doubles a été maintenu. Une tendance analogue a été observée pour l'état corporel. Dans ce cas, en utilisant les résultats de consommation des deux types de foin, individualisée par l'utilisation des marqueurs, l'équation de prévision de la CI (UEm) au cours des 6 dernières semaines avant l'agnelage est la suivante :

$$CI = 0,304 - 0,004 \cdot N - 0,049 \cdot PN + 0,027 \cdot PV \quad (r = 0,58)$$

Dans cette équation apparaissent la taille (N, nombre d'agneaux) et poids de la portée (PN, kg) et le poids de la brebis après la parturition (PV, kg).

La prédiction de l'ingestion est améliorée quand on tient compte du stade de gestation et que l'on distingue les foins selon leur nature. Cependant, les valeurs des R^2 se situent alors entre 0,45 et 0,46, ce qui est insuffisant pour la prédiction de l'ingestion. Surtout que ces équations reposent sur un nombre assez faible d'observations (1 niveau de concentré, 2 types de foin, faible nombre de brebis), ce qui doit pousser à une certaine prudence avant de généraliser l'utilisation de ces résultats.

Effet de la race des brebis sur les différences d'ingestion au cours de la gestation

L'expérience réalisée à l'UAB de Bellaterra en 1994 au cours des 8 dernières semaines de gestation est rapportée ci-dessous. L'étude de l'effet du mode de logement des animaux (comparaison des quantités ingérées en stabulation et en place fixe, par rapport à l'ingestion en stabulation libre en petits lots) n'a pas permis de mettre en évidence de différences significatives entre les brebis des deux races Lacaune et Manchega. Pour cela, nous avons utilisé des brebis gestantes (8 dernières semaines) de race Lacaune ($n = 12$) et Manchega ($n = 12$), alimentées avec 0,3 kg/j de concentré (1,1 UFL et 189 gMAT/kgMS) et foin de luzerne de bonne qualité (0,66 UFL, 171 gMAT et 1,13 UEm/kgMS) distribué *ad libitum*. Ces brebis étant d'ailleurs tout à fait comparables en ce qui concerne le PV à l'agnelage (74,1 et 76,4 kg, respectivement), l'état corporel (resp. 2,9 et 3,0 points) et la prolificité (resp. 1,25 et 1,36 agneaux/brebis).

L'ingestion de fourrage a été non significativement différente ($P > 0,05$) entre les brebis des deux races (Lacaune : 2,27 kgMS/j ; Manchega : 2,19 kgMS/j) pour des stades de gestation et des prolificités similaires (1,3 agneaux/brebis). Ces résultats principalement obtenus sur des brebis Manchega peuvent donc être extrapolés à la brebis Lacaune.

Conclusions

L'ingestion volontaire de fourrage par les brebis laitières durant les deux derniers mois de gestation, n'a pas été affectée significativement par la taille de la portée entre 1 et 2 agneaux. On a observé seulement une légère dépression de l'ingestion dans les deux semaines qui précèdent l'agnelage. Cet effet a été plus marqué chez les brebis supplémentées avec un haut niveau de concentré et recevant un fourrage facilement dégradable dans le rumen comme le foin de luzerne. L'effet du niveau de concentré sur l'ingestion volontaire s'est traduit par une ingestion plus élevée de MS totale pour des brebis supplémentées avec un niveau élevé de concentré, sans pour autant diminuer la quantité moyenne de fourrage ingéré. L'ingestion volontaire a été supérieure chez les brebis recevant du foin de luzerne par rapport à celles qui recevaient du ray-grass. Cette ingestion plus élevée s'est traduite uniquement par une augmentation du poids vif des brebis en fin de gestation. En comparant des brebis Lacaune et Manchega, dans des conditions physiologiques semblables, on n'a pas observé de différences significatives entre races. Par contre, les valeurs d'ingestion observées ont été supérieures à celles proposées par le système INRA (1988). L'élaboration de nouvelles équations de prédiction de l'ingestion durant la gestation était donc nécessaire.

Conclusions générales

Ce projet a permis de valider, grâce à la coopération des équipes participantes (DAPGV Arkaute, INRA Theix et Toulouse, LEPA de Saint-Affrique, UAB Bellaterra), le système des UEm proposé par l'INRA aux brebis laitières. D'une façon générale, et exception faite de quelques particularités posées par les conditions de l'environnement et les systèmes spécifiques d'exploitation, les résultats et conclusions peuvent servir à toutes les races de brebis qui ont été utilisées (Latxa, Lacaune et Manchega). Toutefois, la généralisation de ces résultats à la race Sarde n'est pas fondée compte tenu de ses caractéristiques particulières (petit format, productions élevées, alimentation à base de fourrages verts, etc.).

Au cours de la réalisation de ce projet, nous avons échangé de nombreuses techniques et méthodes de travail. Les approfondissements méthodologiques ont permis de mettre au point des manières de travailler qui sont adaptées aux brebis laitières. On a, de plus, cherché à simplifier les mesures qui sont souvent très lourdes et coûteuses. Au total, ceci a permis d'effectuer des comparaisons directes des résultats obtenus et l'élaboration de conclusions plus générales.

En ce qui concerne l'étude de la capacité d'ingestion des brebis laitières, les résultats obtenus chez les moutons standards, brebis vides et/ou prédis à partir des analyses chimiques des fourrages, sont tout à fait comparables. La notion d'UEm a été validée pour des valeurs d'encombrement de 0,92-2,05 unités. Les fluctuations des facteurs environnementaux n'ont pas affecté significativement l'ingestion des animaux de référence dans les conditions méditerranéennes et la correction des effets de la température ambiante n'est pas nécessaire.

Pour la mesure de l'ingestion chez les brebis gestantes et en lactation, l'utilisation des cages à digestibilité n'est pas conseillée alors que l'emploi des dispositifs ou équipements spéciaux qui maintiennent les animaux logés en lot ou qui permettent leurs interactions (portillons, stabulation en place fixe, petits lots, etc.) constitue une bonne solution. L'utilisation des marqueurs internes (MSIndigestibles) ou externes (Cr_2O_3) est aussi efficace pour l'individualisation des données d'ingestion de fourrages et pour le calcul de la digestibilité de la ration.

On a proposé deux équations pour prédire la capacité d'ingestion des brebis laitières pendant la période de traite, pour des niveaux de concentré compris entre 0,3 et 1,2 kg/j et de lait standard entre 0,5 et 2,3 l/j, et pour estimer le taux de substitution du concentré avec les fourrages de valeur d'encombrement compris entre 1,05 et 1,69 UEm. Par rapport aux équations disponibles (INRA, 1988), ces nouvelles équations ont tendance à prédire une ingestion plus élevée pour les brebis les plus laitières et plus faible chez les brebis les moins laitières, ce qui semble mieux convenir aux brebis de races méditerranéennes.

Avec les résultats présents, les plus grandes différences de prédiction de l'ingestion par rapport à celles de l'INRA (1988) ont surtout été observées au cours de la gestation. La comparaison directe Lacaune et Manchega en état physiologique comparable, a montré que les valeurs d'ingestion sont comparables durant le dernier tiers de gestation. L'ingestion moyenne ne semble pas différente entre les brebis portant 1 ou 2 agneaux. Seules la quantité de concentré (0,3 et 0,6 kg/j), et la nature du foin utilisé (ray-grass ou luzerne) ont eu des effets importants sur les valeurs d'ingestion en fin de gestation. Une réduction de l'ingestion chez les brebis gestantes portant 2 agneaux a été observée, avec des hauts niveaux d'ingestion de fourrage de qualité et un haut niveau de concentré, uniquement au cours des 2 dernières semaines de gestation. Enfin, le nombre limité d'expériences réalisées en fin de gestation et de niveaux de concentré utilisés, limite actuellement la généralisation de l'équation de prévision de l'ingestion déterminée.

Perspectives

Les équations et conclusions obtenues seront proposées aux entités et organismes concernés pour qu'elles soient intégrées dans les recommandations officielles et systèmes d'appui technique (programme INRAtion) pour le calcul des rations de brebis laitières.

Pour la suite des recherches sur ces aspects de l'ingestion volontaire chez les brebis laitières, nous proposons une série de points qui ont une grande importance, à court et moyen terme, pour l'amélioration de la compétitivité et l'optimisation des systèmes productifs :

(i) Evaluation de l'ingestion des principaux fourrages et sous-produits utilisés pour les éleveurs des brebis laitières, avec une attention particulière aux produits locaux qui sont utilisés traditionnellement et peuvent être responsables des caractéristiques du lait et produits laitiers en Appellation d'Origine. Alternativement, avec la possibilité d'utiliser les fourrages déshydratés traités technologiquement, il en résulte qu'il est très important d'évaluer leurs effets sur la production de lait et ses dérivés. Dans ce sens, il paraît très utile de disposer de résultats d'ingestibilité de ces aliments particuliers.

(ii) Etant donné la grande incertitude dans l'estimation de la capacité d'ingestion et des intervalles de validité limités, il est nécessaire de continuer l'étude, profitant du progrès méthodologique et du développement des équipements réalisés dans le cadre de ce projet. Une attention particulière doit être accordée à l'étude des facteurs capables de permettre d'accroître les quantités ingérées de fourrage de faible qualité tout en minimisant les apports d'aliments concentrés. Il est également important de cerner les effets du milieu chez les animaux en production. On doit aussi signaler que les brebis laitières doivent pouvoir supporter des conditions de températures extrêmes et spécialement la chaleur.

(iii) L'étude des facteurs régulateurs des effets de substitution du concentré sur le fourrage, particulièrement ceux qui se réfèrent aux effets associés et à l'état physiologique des animaux. Dans ce sens, il peut être intéressant d'étendre la plage de validité des équations qui ont été obtenues à des stades physiologiques particuliers : la fin de gestation ou les brebis fortes laitières. De plus les comparaisons entre les consommations en stabulation et au pâturage devraient être enrichissantes.

Références

- AFRC (1993). *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. CAB International, Wallingford.
- Agabriel, J. (1995). *INRAtion, version 2,60 : Logiciel d'Aide au Rationnement des Ruminants*. INRA Département Elevage et Nutrition des Animaux. ENSAD-CNERTA, Dijon.
- Andrieu, J., Demarquilly, C. et Wegat-Litré, E. (1981). Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages. Dans : *Prévision de la Valeur Nutritive des Aliments des Ruminants*, Demarquilly, C. (éd.). INRA publications, Versailles, pp. 343-580.
- AOAC (1990). *Official Methods of Analysis*, 15th edn. AOAC, Washington DC.
- Baumont, R., Champciaux, P., Agabriel, J., Andrieu, J., Andrieu, J., Aufrère, J., Michalet-Doreau, B. et Demarquilly, C. (1999). Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : PrévAlim pour INRAtion. *INRA Prod. Anim.*, 12 : 183-194.
- Berbigier, P. (1988). *Bioclimatologie des Ruminants Domestiques en Zone Tropicale*. INRA, Paris, 237 pp.
- Bocquier, F. (1985). *Influence de la photopériode et de la température ambiante sur certains équilibres hormonaux et sur les performances zootechniques de la brebis en gestation et en lactation*. Thèse de Docteur-Ingénieur, INA Paris-Grignon, 105 pp.
- Bocquier, F., Barillet, F., Guillouet, P. et Jacquin, M. (1993). Prévision de l'énergie du lait de brebis à partir de différents résultats d'analyses : Proposition de lait standard pour les brebis laitières. *Annales de Zootechnie*, 42 : 57-66.
- Bocquier, F. et Caja, G. (1993). Recent advances on nutrition and feeding of dairy sheep. Dans : *Proceedings of the 5th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants*, Kukovics, S. (éd.), Budapest, pp. 580-607.
- Bocquier, F., Guillouet, Ph. et Barillet, F. (1995). Alimentation hivernale des brebis laitières : Intérêt de la mise en lots. *INRA Prod. Anim.*, 8 : 19-28.
- Bocquier, F., Guittard, J.P., Vacaressse, C., Van Quackebeke, E., Delmas, G., Guillouet, Ph., Lagriffoul, G., Morin, E. et Arranz, J.M. (1997). Estimation de la capacité d'ingestion et des phénomènes de substitution fourrage/concentré chez les brebis Lacaune conduites en lots : Compilation des données obtenues sur des rations à base d'ensilage. *Rencontres Recherches Ruminants*, 4 : 75-78.
- Bocquier, F., Kann, G. et Thériez, M. (1990). Relationships between secretory patterns of growth hormone, prolactin and body reserves and milk yield in dairy ewes under different photoperiod and feeding conditions. *Animal Production*, 51 : 115-125.

- Bocquier, F., Ligios, S., Molle, G. et Casu, S. (1997). Effets de la photopériode sur la production, la composition du lait et sur les consommations volontaires chez la brebis laitière. *Ann. Zootech.*, 46 : 427-438.
- Bocquier, F., Thériez, M. et Brelurut, A. (1987a). Utilisation du foin par la brebis. Dans : *Les Fourrages Secs : Récolte, Traitement et Utilisation*, Demarquilly, C. (éd.). INRA publications, Paris, pp. 423-455.
- Bocquier, F., Thériez, M. et Brelurut, A. (1987b). Recommandations alimentaires pour les brebis en lactation. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70 : 199-211.
- Brink, D.R. (1975). *Effect of ambient temperature on lamb performance*. MSc Thesis, Kansas State University, Manhatam.
- Broadbent, P.J., Mcintosh, J.A.R. et Spence, A. (1970). The evaluation of a device for feeding group-housed animals individually. *Anim. Prod.*, 12 : 245-252.
- Caja, G. (1994). Valoración de las necesidades nutritivas y manejo de la alimentación de ovejas lecheras de raza Manchega. Dans : *Ganado Ovino. Raza Manchega*, Gallego, L., Torres, A. et Caja, G. (éds). Mundiprensa, Madrid, pp.137-159.
- Caja, G., Bocquier, F., Perez-Oguez, L. et Oregui, L. (1997a). Mesure de la capacité d'ingestion durant la période de traite des brebis laitières de races méditerranéennes. *Rencontres Recherches Ruminants*, 4 : 84.
- Caja, G., Bocquier, F., Pérez-Oguez, L. et Oregui, L. (1997b). Predicción de la capacidad de ingestión de ovejas lecheras de razas mediterraneas para su racionamiento durante el ordeño. Dans : *XXII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovítecnica y Caprítecnica*. Tenerife (Espagne), 6-8 octobre 1997, p. 1.
- Caja, G., Pérez-Oguez, L., Plaixats, J., Prio, P., et Bocquier, F. (1997c). Validation de la valeur d'encombrement des fourrages estimée soit à partir de l'analyse chimique soit par mesure directe sur des béliers castrés ou des brebis taries de race laitière. *Rencontres Recherches Ruminants*, 4 : 83.
- Cochran, R.C., Adams, D.C., Wallace, J.L. et Galyean, M.L. (1986). Predicting digestibility of different diets with internal markers : Evaluation of four potential markers. *J. Anim. Sci.*, 63 : 1476.
- Deswynsen, A.G., Desprès, L., Beckers, F., Fisher, V. et Amouche, E.H. (1995). Effect of daylength on voluntary intake, extent of digestion and chewing behaviour in housed sheep. *Ann. Zootech.*, 44(Suppl.) : 259.
- Faverdin, P. (1992). Alimentation des vaches laitières : Comparaison des différentes méthodes de prédiction des quantités ingérées. *INRA Production Animale*, 4 : 271-282.
- Forbes, J.M. (1970). The voluntary food intake of pregnant and lactating ruminants: A review. *Br. Vet. J.*, 126 : 1-11.
- Forbes, J.M. (1995). Physical limitation of feed intake in ruminants and its interactions with other factors affecting intake. Dans : *Ruminant Physiology : Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*, Engelhardt, W., Leonhard-Marek, S., Breves, G. et Giesecke, D. (éds), Proceed. 8th International Symposium on Ruminant Physiology. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, p. 626.
- INRA (1978). *Alimentation des Ruminants*, Jarrige, R. (éd.). INRA publications, Versailles, 597 pp.
- INRA (1988). *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins*, Jarrige, R. (éd.). INRA publications, Paris, 471 pp.
- Judkins, M.B., Krysl, L.J. et Barton, R.K. (1990). Estimating diet digestibility : A comparaison of 11 techniques across six different diets fed to rams. *J. Anim. Sci.*, 68 : 1405-1415.
- Le Du, Y.L.P. et Penning, P.D. (1982). Animal based techniques for estimating herbage intake. Dans : *Herbage Intake Handbook*, Leaver, J.D. (éd.). British Grassland Institute Publications, pp. 37-75.
- Michalet-Doreau, B. et Gatel, F. (1983). Evolution au cours de l'année des quantités de foin ingérées par des béliers castrés. *Ann. Zootech.*, 37 : 151-158.
- Minson, D.J. (1990). *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press, Inc., San Diego, California.
- Molina, M.P., Caja, G., Torres, A. et Gallego, L. (1991). Energía bruta de la leche de ovejas de raza Manchega y bases para su estandarización energética. *ITEA, Prod. Animal*, 11(volumen extra, tomo I) : 277-279.
- NRC (1981). *Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals*. National Academy Press, Washington, D.C., 151 pp.
- NRC (1985). *Nutrient Requirements of Sheep*, 6thedn. National Academic Press, Washington.
- Orr, R.J. et Treacher, T.T. (1984). The effect of concentrate level on the intake of hays by ewes in late pregnancy. *Anim. Prod.*, 29 : 89-98.
- Orr, R.J. et Treacher, T.T. (1989). The effect of concentrate level on the intake of grass silages by ewes in late pregnancy. *Anim. Prod.*, 48 : 109-120.

- Orr, R.J. et Treacher, T.T. (1990). The performance of ewes offered diets containing different proportions of perennial ray-grass and white clover silage in late pregnancy. *Anim. Prod.*, 51 : 143-153.
- Prió, P. (1996). *Ingestión Voluntaria en Ovino: Efecto del Medio Ambiente y Variación durante la Gestación*. Facultat de Veterinaria, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 203 pp.
- Thériez, M., Bocquier, F. et Brelurut, A. (1987). Recommandations alimentaires pour les brebis à l'entretien et en gestation. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70 : 185-197.
- Tissier, M., Thériez, M. et Molénat, G. (1975). Evolution des quantités d'aliment ingérées par les brebis à la fin de la gestation et début de la lactation. Incidences sur leurs performances. I. Etude de deux rations à base de foin de qualité différente. *Ann. Zootech.*, 24 : 711-727.
- Tissier, M., Thériez, M. et Molénat, G. (1977). Evolution des quantités d'aliment ingérées par les brebis à la fin de la gestation et début de la lactation. Incidences sur leurs performances. II. Ration à base d'ensilage de maïs et de foin distribuée à volonté. *Ann. Zootech.*, 26 : 149-166.