

Evaluation des besoins d'entretien (en énergie et en azote) de la race ovine Ouled Djellal

Par :

Melle HADJEM Naima.

Promoteur M^r TRIKI S. Maître de conférence **Co-promoteur** : M^r FRIQUI M.
Chargé de cours

Soutenue le 10/12 /2006.

Jury: **Président de jury** : M^r YAKHLEF H. Maître de conférence **Examineur** : M^{me} CHABACA
R.Maître de conférence : M^r GHOZLANE F. Maître de conférence

Table des matières

Remerciements . .	1
Résumé .	3
Summery . .	5
ص خ لم . .	7
INTRODUCTION .	9
1. MATERIEL ET METHODES .	13
1.1. MATERIEL . .	13
1.1.1. Les animaux . .	13
1.1.2. Les aliments . .	14
1.2. METHODES . .	15
1.2.1. Déroulement des essais .	15
1.2.2. Mesures et calculs . .	15
2 Résultats et discussions .	21
2.1 Calcul des besoins d'entretien en énergie et en azote .	21
2.1 1 Besoins d'entretien en énergie .	21
2.1.2. Calcul des besoins d'entretien en azote .	23
3. DISCUSSION GENERALE .	31
CONCLUSION .	35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .	37
Annexes . .	41
Annexe 1 :Poids des animaux au début et fin de l'expérimentation . .	43
Annexe 2 : Quantité de paille ingérée en matière sèche par kg de poids métabolique. .	44
Annexe 3 : Evaluation de la digestibilité de la MS, MO et la MAT. .	45
Annexe 4 : Evaluation de la digestibilité de la MO. .	46
Annexe 5 : Evaluation de la digestibilité de la MAT. .	47
Annexe 6: Evaluation de la MSI, MOI au cours de la période expérimentale. .	47

Annexe 7: Evaluation de la MAI, MADI au cours de la période expérimentale. .	48
Annexe N° 8 : Estimation des besoins énergétiques d'entretien chez les ovins .	49
Annexe 9 : Pertes d'azote endogène urinaire et fécale chez les ovins (ARC, 1965 [1]; AFRC, 1993 [2]) obtenues par régression .	49
Annexe 10 : Corrélation entres les paramètres par les trois méthodes .	51
Annexe11 : Besoins d'entretien en kcal/kg P0.75 chez les caprins, bovins et ovins rapportés par SAUVANT et MORAND-FEHER, 1996 [1] .	52

Remerciements

Au terme de ce modeste travail réalisé au département de Zootechnie de l'Institut National Agronomique d'EL HARRACH, **Je tiens à remercier : M^r YAKHLEF H**, maître de conférences à l'INA et chef du département de Zootechnie pour tous les moyens qu'il a mis à notre disposition afin de bien mener ce travail et de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

M^{me} CHABACA R, maître de conférences à l'INA pour avoir accepté d'examiner ce travail.

M^r GHOZLANE F, maître de conférence à l'INA qui a accepté de faire partie du jury. Je témoigne en particulier ma profonde reconnaissance à **M^r TRIKI S**, maître de conférences à l'INA directeur de cette thèse, pour sa présence quotidienne au cours de l'expérimentation et sa disponibilité ; qu'il trouve ici toute ma reconnaissance et ma gratitude. **M^r FRIOUI M**, chargé de cours à l'INA (Alger), co-directeur de thèse pour ses conseils et son aide. Je remercie aussi tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail. **Mes remerciements vont aussi également à :** Toute ma famille pour m'avoir soutenue et donner la force de faire cette thèse.

Résumé

Notre travail s'est intéressé à l'évaluation des besoins d'entretien en énergie et en azote du mouton de la race Ouled Djellal.

L'essai est effectué en atelier de digestibilité durant 05 mois sur des ovins âgés de 08 mois. Afin d'évaluer les besoins d'entretien de la race Ouled Djellal en énergie et en azote nous avons utilisé : la méthode alimentaire par régression, le model des bilans, la méthode factorielle.

- Les résultats obtenus par la méthode alimentaire par régression pour l'entretien sont :
- $0,028 \text{ UFL/kg P}^{0,75}$ et $22,03 \text{ g MOD/kg P}^{0,75}$, ces valeurs sont comparables aux recommandations de l'INRA (1978) à moins de 15% ;
- Les résultats obtenus concernant les besoins d'entretien en azote sont de l'ordre de $2,02 \text{ g MAD/ kg P}^{0,75}$ soit moins de 17% comparativement à la valeur recommandée par l'INRA (1978) ;
- La méthode des bilan et factorielle ne sont pas de bonnes estimateurs des besoins azotés.

Au terme de ces résultats, les besoins d'entretien en énergie et en azote de notre race est légèrement inférieurs à ceux des ovins de races améliorées.

Mots clé : Besoins nutritionnels ; entretien ; énergie ; azote ; mouton ; race Ouled Djellal

Summery

Our work was interested in the assessment of the maintenance needs in energy and in nitrogen of the sheep of the race Ouled Djellal.

The test is done in shops of digestibility on ovine aged of 08 months during 05 months. In order to value the maintenance needs of the race Ouled Djellal in energy and in nitrogen we used: the food method by regression, the model of the balances, the factorial method,

- The results gotten by the food method for maintenance are:
- 0,028 UFL/kg P^{0,75} and 22,03 g MOD/kg P0,75S, these values are comparable to the recommendations of the INRA (1978) to less than 15%;
- The results gotten concerning the maintenance needs in nitrogen are the order of 2,02 g MAD / P0,75 kg is less 17% compared to the value recommended by the INRA (1978);
- The method of the balance and factorial are not of housemaids valuers of the nitrogenous needs.

To the term of these results, the maintenance needs in energy and in nitrogen of our race would be slightly lower to those of the ovine of races improved.

Words key : Nutritional needs ; maintenance ; energy ; nitrogen ; sheep ; race Ouled Djellal

ص خلم

عملنا اهتم بدراسة الاحتياجات للصيانة من الطاقة والأزوت لخرقان سلالة أولاد جلال. لتقدير الاحتياجات للصيانة لسلالة (أولاد جلال) من الطاقة والأزوت استعملنا الطرق التالية :

- طريقة التغذية المتراجحة
- الطريقة التقويمية
- طريقة التحليل العاملي

إن النتائج المتحصل عليها بطريقة التغذية للصيانة هي :

- ﴿ بالنسبة للطاقة تحصلنا على 0.028 المقطرة بوحدة علف حليب و 22.2 غ بوحدة مواد عضوية هضمية في الكيلوغرام النسي. هذه النتائج تبدو اصغر نسبة ب 15% لتوصيات المعهد الوطني للبحث الزراعي الفرنسي.
- ﴿ بالنسبة للأزوت والمقتر بوحدة مواد ازوتية هضمية 2.02 غ مادة ازوتية هضمية في الكيلوغرام النسي تبقى صغيرة ب 15% مقارنة لتوصيات المعهد الوطني للبحث الزراعي الفرنسي .
- ﴿ فيما يخص نموذج بالتقويمات والتحليل العاملي فهما لا يعتبران بموازل مناسبة لتقسيم الاحتياجات للصيانة من الأزوت .

في ختام هذا العمل نستنتج أن الاحتياجات للصيانة من الطاقة والأزوت لسلالة أولاد جلال اقل من الاحتياجات للأغنام الصنف المسن .

مفاتيح : الاحتياجات الغذائية ، الصيانة ، الطاقة ، الأزوت ، الخنم، سلالة أولاد جلال

INTRODUCTION

Le système d'élevage ovin dans les zones steppiques en association avec la transhumance en zone céréalière a constitué de tout temps la source principale de son alimentation. Aujourd'hui, la société pastorale a subi d'importantes transformations socioéconomiques, et une importante régression du nomadisme qui ne subsiste que de façon sporadique. Seuls 20 % du cheptel ovin steppique sont concernés par la transhumance (BEDRANI, 1984).

Cette sédentarisation a conduit à une surexploitation des parcours de la steppe qui n'arrivent plus à subvenir aux besoins des troupeaux malgré une surutilisation de l'orge (20 à 67 % des besoins) (BOUKHOBZA, 1982 et BEDRANI *et al.*, 1993). Cette situation pourrait conduire, à terme, à un élevage plus sédentaire qui nécessite une alimentation rationnelle en bergerie.

Alimenter rationnellement les animaux consiste à compenser les dépenses d'entretien et de production grâce à des apports alimentaires sans carence et sans excès. Il s'agit donc de fournir à l'animal en quantité suffisante une ration nutritive et équilibrée (GADOUD *et al.*, 1992).

La connaissance des besoins nutritionnels et la capacité d'ingestion des animaux, ainsi que la valeur nutritive et l'ingestibilité des aliments sont indispensables pour calculer une ration en fonction d'objectifs de production. Elles sont également utilisées pour orienter le choix des productions de l'exploitation.

Les premières tables françaises de référence ont été élaborées dans les années 40

par LEROY; elles utilisent la notion d'énergie nette qui est convertie en unité fourragère (UF) et les matières azotées digestibles (MAD). Ces tables ont servi de base à l'enseignement et à la vulgarisation jusqu'aux années 70. Par la suite, compte tenu de l'évolution du progrès des connaissances sur les besoins des animaux et leur utilisation digestive et métabolique des aliments et de l'évolution des techniques d'alimentation et d'élevage des animaux domestiques, ces tables ont été révisées et complétées.

En 1965, l'Agricultural Research Council (ARC) rassemble dans un ouvrage les informations disponibles sur les besoins nutritionnels des ruminants.

En 1970, DEMARQUILLY et WEISS publient les tableaux de la valeur des fourrages et donnent pour la première fois la composition chimique, la valeur nutritive et l'ingestibilité des fourrages en fonction de l'espèce végétale, du stade de végétation et du mode de conservation.

L'étape suivante a constitué une avancée plus importante; une véritable rénovation des bases de l'alimentation des ruminants. Elle a été principalement conduite par l'équipe du Centre de Recherche Zootechnique et Vétérinaire de Theix sous la direction de JARRIGE; elle s'est traduite par la sortie en 1978 d'un ouvrage intitulé « Alimentation des ruminants »

Une nouvelle édition de cet ouvrage, actualisée, complétée est publiée en 1988 sous le titre « Alimentation des bovins, ovins, et caprins ». La même année, l'INRA de France a mis au point le logiciel INRATION de calcul automatique et d'analyse des rations sur micro-ordinateur. La dernière version date de 1995; elle intègre de nouvelles caractérisations des aliments dans le calcul des rations concernant notamment les acides aminés et les minéraux. En 1995, paraît également nutrition des ruminants domestiques « ingestion et digestion », ouvrage de synthèse présentant l'état actuel des connaissances scientifiques sur le sujet.

Le système des unités fourragères (UF) consiste à calculer pour chaque aliment, la quantité d'énergie que l'animal qui l'ingère est capable d'utiliser pour la croissance et l'entretien des tissus ou de produire sous forme de lait (énergie nette) et de l'exprimer en unité fourragère, par comparaison à la valeur énergétique nette d'un kg d'orge de référence égale par définition à 1 UF (DEMARQUILLY et *al.*, 1996).

Ce système est adopté dès 1915 par les pays scandinaves nécessitant des essais d'alimentation dans lesquels on mesurait, pour chaque aliment, la quantité d'énergie fixée par abattage ou produite par analyse. Ces mesures s'avèrent coûteuses et peu rapides.

Dans les années 40, Leroy introduit en France un mode de calcul simple basé sur des mesures indirectes de la production de chaleur des animaux en chambre calorimétrique. Ainsi, la valeur UF des aliments est calculée à partir de la teneur en matière organique digestible qui, multipliée par le coefficient 3.65 donne la teneur en énergie métabolisable. De celle-ci, on déduit la perte moyenne d'énergie observée au cours de l'utilisation des aliments par les animaux (extra chaleur de 1 Kcal/g de MSI). Dans ce système, on néglige les variations de la valeur calorifique de la matière organique digestible et celles des pertes sous forme de gaz et d'urines suivant la composition de la matière organique digestible. Aussi, la perte d'extra-chaleur ne tenait pas compte des différences entre les espèces, les fonctions (entretien, lactation,

croissance, engraissement) et l'alimentation.

En 1957, le développement technologique et en particulier l'électronique, a permis la réalisation de chambres calorimétriques permettant ainsi des mesures automatisées et précises des dépenses énergétiques des animaux d'une part, et d'autre part, l'amélioration des connaissances sur la composition chimique du gain de poids des ruminants en croissance et en finition et sur leurs particularités dans l'utilisation de l'énergie (travaux réalisés à l'INRA de Theix (ROBELIN, 1978 et 1981)). Ceci a permis de prévoir les besoins des animaux selon la race, le sexe, le type de production, le poids et le gain de poids.

Cet ensemble de connaissances a permis de mettre au point de nouveaux systèmes d'appréciation de la valeur énergétique des aliments et des besoins des animaux. Ce nouveau système adopte une démarche analytique qui repose sur une charpente physiologique solide, qui s'appuie pour chaque aliment sur la connaissance de sa teneur en énergie brut (EB), de la digestibilité de l'énergie (d E), du coefficient de transformation de l'énergie digestible en énergie métabolisable (EM/ED) et enfin des rendements (k) d'utilisation de l'énergie métabolisable en énergie nette, selon la fonction : $EN = EB \times d E \times (EM/ED) \times k$ (INRA, 1978). La valeur de k varie suivant que l'énergie sert à convertir les besoins d'entretien (km), de lactation (kl) ou d'engraissement (kf).

On dispose ainsi pour chaque aliment de deux valeurs UF : Une pour la lactation (UFL) qui est valable pour les femelles laitières et les animaux à l'entretien ou en croissance faible ou modérée, l'autre, pour la viande (UFV) concernant les animaux à croissance rapide, intégrant à la fois les rendements d'utilisation de l'énergie métabolisable pour l'entretien et la croissance. Les valeurs UF des aliments ont été légèrement modifiées en 1988, pour tenir compte des améliorations apportées dans l'estimation de l'énergie brute des aliments concentrés et dans le calcul de la digestibilité de l'énergie à partir de la matière organique de ces aliments (INRA, 1988).

En ce qui concerne l'azote, dans la plupart des pays, les apports alimentaires et les besoins des animaux en azote ont longtemps été exprimés en matières azotées digestibles (MAD) qui correspondent aux matières azotées ingérées moins les matières azotées excrétées dans les fèces.

- Ce mode d'expression simple souffre de plusieurs limites en particulier :
- Le rôle primordial des microbes dans le rumen (sur l'efficacité digestive globale, les remaniements protéiques, l'ingestion) dont il convient d'une part, de satisfaire les besoins énergétiques et azotés d'autre part et d'estimer les effets sur la fourniture de protéines à l'animal.
- La part relative des différentes substances azotées : l'ammoniac dont l'utilité est nulle et les acides aminés qui, seuls contribuent à satisfaire les besoins azotés de l'animal.
- La composition en acides aminés dont certains peuvent être limitants.

Pour pallier à ces inconvénients, des adaptations avaient parfois été adoptées (équivalent protéique, MAD corrigées, recommandations MAD différentes selon les régions).

Ainsi, l'INRA de France a développé en 1975 un nouveau système d'évaluation de la

nutrition azotée appelé PDI (Protéine Digestible dans l'Intestin) qui a été diffusé par JARRIGE et *al.* (1978). Celui-ci est basé sur l'estimation conjointe des protéines alimentaires (PDIA), microbiennes (PDIM) digérées dans l'intestin grêle et dont la somme constitue la valeur PDI. Il attribue à chaque aliment deux valeurs azotées potentielles selon que l'énergie (PDIE) ou l'azote (PDIN) disponible dans le rumen est le facteur limitant de l'activité microbienne.

Ce nouveau système a été adopté ou adapté par un certain nombre de pays européens, alors que d'autres pays ont gardé la structure de base dans leurs systèmes proposés plus récemment.

En Algérie, les tables que nous utilisons pour le rationnement ont été estimées pour les fourrages cultivés ou spontanés des pays du Nord (notamment la France) et les besoins nutritionnels ont été calculés sur des races améliorées.

Ces besoins sont-ils plus élevés, égaux ou moins élevés pour les races algériennes ?

Il semble donc intéressant de déterminer ces valeurs dans les conditions algériennes.

Pour essayer de répondre à cette question, des programmes de recherche ont été initiés au département de zootechnie à l'INA. Ces programmes visent particulièrement la connaissance de la valeur alimentaire des fourrages cultivés et spontanés d'Algérie et de déterminer les besoins nutritionnels des races ovines dans les conditions algériennes.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. MATERIEL

Cette étude a été réalisée à l'atelier de digestibilité du département de zootechnie de l'Institut National Agronomique d'Alger et a nécessité 5 mois pour mener les essais en atelier de digestibilité (du 04 Mars au 02 Août 2005) et 2 mois pour effectuer les analyses fourragère au laboratoire.

1.1.1. Les animaux

L'étude a porté sur 12 ovins mâles non castrés de race Ouled Djellal âgés d'environ 08 mois et pesant en moyenne 50.23 kg (tableau 1 et annexe 1). C'est un mouton haut sur patte, sa laine est blanche et jarreuse avec une queue fine. Sa viande possède un léger goût de suint (TURRIES, 1976 ; CHELLIG, 1992). La tête blanche possède souvent un cornage fin, les oreilles sont pendantes. Il présente des qualités exceptionnelles pour la production de laine, soit 2.5 kg pour le bélier et 1.5 kg pour la brebis. A la naissance, le poids moyen de l'agneau est de 3.5 kg, celui des adultes est de 80 kg pour le bélier et 50 kg pour la brebis.

Les animaux proviennent d'un élevage en bergerie de LATRACO, centre de

BIRTOUTA d'Alger. A leur réception, ils ont été identifiés, déparasités et placés dans des boxes individuels

1.1.2. Les aliments

1.1.2.1. Aliments grossiers

La paille utilisée est la paille d'orge cultivée non traitée de la variété WAHA provenant de Khemis Meliana cultivée en sec. La culture a reçu une fumure azotée à raison de 80 unités/ha. Les graines ont été récoltées au stade de maturation au début du mois de Juin. Les pailles ont été ramassées le jour même et conditionnées en bottes de densité moyenne soit 17 kg.

1.1.2.2. Le concentré

Le concentré utilisé est composé de 78% de maïs, 10% de tourteau de soja, 10% de son, 1% CMV et 1% de Na Cl.

La composition chimique du fourrage grossier est obtenue à partir des analyses réalisées tous les mois sur des échantillons prélevés toutes les semaines puis cumulés. La composition du concentré est obtenue par calcul (la valeur nutritive des constituants du concentré utilisé tiré des tables de l'INRA, 1978). Le tableau 2 rapporte la composition chimique du fourrage grossier et du concentré.

		En % de MS			
	MS (%)	MO	MAT	MM	ADF
Paille d'orge	92.4	90.5 ± 0.07	5.30 ± 0.11	9.50 ± 0.32	46.97 ± 1.23
Concentré	86.36	97.00	15.3	3.00	-

Tableau 2 : Composition chimique du fourrage grossier et du concentré.

1.1.2.3. Les minéraux et vitamines

La composition chimique du complément minéral vitaminé est consignée dans le tableau 3.

Tableau 3 : Composition chimique du complément minéral vitaminé (C.M.V.ONAB, 1998).

Vitamine / 100kg	en UI	Minéraux	g / 100kg
A	150.10 ⁶	Cu	120
-	-	Ca	6
D3	20.10 ⁶	Fe	600
-	-	Mg	3600
-	-	Zn	1440
E	0.3.10 ⁶	I	1440
-	-	Se	15

Concernant les vitamines, Il s'agit d'un complexe vitaminique de commerce « VITAVIA » dont la composition apparaît dans le tableau 4.

Tableau 4 : Composition chimique du complexe vitaminique « VITAVIA » par 100 ml.

Vitamines	Unité
Vitamine A	1000 000 UI
Vitamine B ₃	500 000 UI
Vitamine E	500 mg
Vitamine B ₁	200 mg
Vitamine B ₂	50 mg
Vitamine B ₆	80 mg
Vitamine PP	400 mg
Vitamine C	1000 mg
Acide pantothénique	100 mg
Excipient Q.S.P	100 ml

1.2. METHODES

1.2.1. Déroulement des essais

Pour mesurer les quantités ingérées, les animaux sont placés dans des boxes individuels, cimentés et paillés (photo1). Les boxes mesurent environ 2m/1m et sont pourvus d'abreuvoirs et de mangeoires.

Les aliments sont distribués deux fois par jour (9^h et 16^h) pendant 5 mois (tableau 5).

Quatre mâles sont périodiquement placés dans les cages à métabolisme (Photo 2) pour mesurer la digestibilité de la ration et le bilan azoté.

Tableau 1 : Régime alimentaire des animaux

Aliment	Distribution
Paille d'orge non traitée	A volonté
Concentré	400 g / j / animal
Eau	A volonté
Vitamine	2 ml / 1 fois / mois / animal

1.2.2. Mesures et calculs

1.2.2.1. L'ingestibilité

La mesure de l'ingestibilité est réalisée en continue pendant 5 mois (du mois de mars au mois d'août 2005) après 15 jours d'adaptation des animaux aux régimes dans les boxes individuels.

Les quantités de matière sèche volontairement ingérées (à 0.1g près) sont calculées par différence entre les quantités de matière sèche des aliments distribuées et celles refusées selon l'expression suivante: $QMSI = QMSD - QMSR$

QMSI: quantité de matière sèche ingérée exprimée en g /A/j.

QMSD: quantité de matière sèche distribuée exprimée en g /A/j.

QMSR: quantité de matière sèche refusée exprimée en g /A/j.

Les résultats obtenus ont été exprimés en g de MSI par $kg P^{0,75}$ et par jour (Annexe 2).



Photo. 1 : Mise en place des moutons dans des boxes individuels.



Photo. 2 : Mise en place des moutons dans des cages à métabolisme

1.2.2.2. La digestibilité

La digestibilité de la matière organique (d MO) et des matières azotées totales (d MAT) de la ration totale est mesurée par la méthode de récolte totale des fèces des animaux pendant 10 jours; le bilan azoté est mesuré en même temps.

Le calcul de la digestibilité de la MO et des MAT est donné par l'expression suivante :

CUD app (%) =	$\frac{\text{Ingéré} - \text{excrété}}{\text{Ingéré}}$
---------------	--

Les résultats obtenus apparaissent dans les annexes 3 - 4 et 5.

La composition chimique de la paille (MS, MM, MAI et MADi) est déterminée pour chaque échantillon en triple selon les procédures de l'AOAC (1975). Les résultats obtenus se retrouvent dans l'annexe 6 et 7.

Les valeurs énergétiques et azotées du concentré sont obtenues par calcul à partir des données tirées des tables de l'INRA (1978).

Le schéma 1 rapporte les différentes étapes de l'expérimentation.

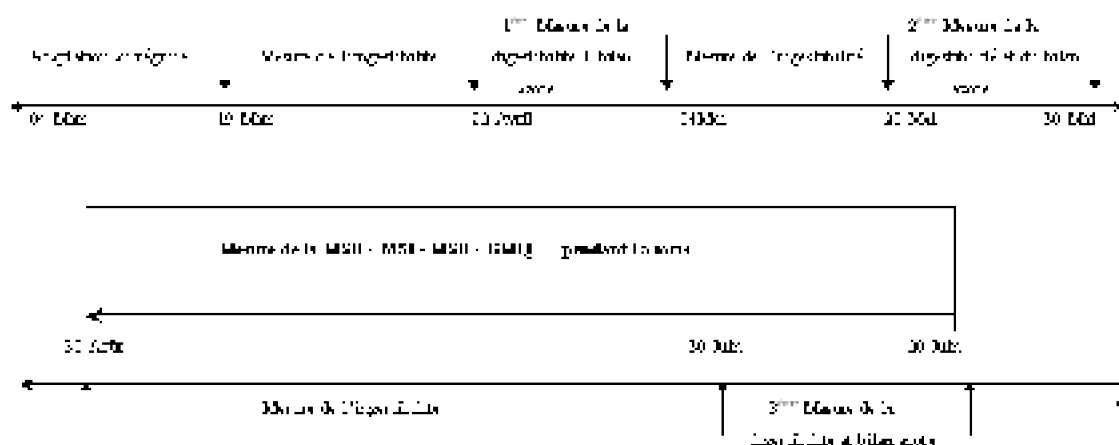


Schéma 1 : Déroulement de l'expérimentation

1.2.2.3. Evaluation des besoins énergétiques et azotés d'entretien

A partir des données issues des essais d'alimentation (UFLL, MODI, MADI, NI et ND) et du poids des animaux (exprimés en poids vif ou en $P^{0.75}$), nous avons établi des modèles de régressions simples : $Y = a + bx + \sum$

Y : variable à prédire

X : variable prédictrice

a et b : coefficient

\sum : erreur du modèle

Ou régressions multiples ::

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon$$

Y : variable à prédire

x_1, x_2 et x_3 : variable prédictrice

\sum : erreur du modèle

Ces modèles permettent d'évaluer directement les besoins d'entretien (UFL, MOD, MAD) ou de calculer un paramètre constitutif des besoins d'entretien notamment dans le cas de la méthode factorielle.

Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel statistique XLSTAT (2005).

1.2.2.3.1. Evaluation des besoins énergétiques d'entretien

De la relation énergétique (exprimée en UFL ou en MOD) et le GMQ (en g), nous avons posé les équations suivantes :

$$UFL = a \text{ GMQ} + b$$

$$\text{MODI} = a \text{ GMQ} + b \text{ } \} \text{Pour un GMQ nul}$$

Le GMQ est exprimé en g/j/animal.

1.2.2.3.2. Evaluation des besoins azotés d'entretien

Trois méthodes sont utilisées: la méthode alimentaire par régression, la méthode des bilans et la méthode factorielle.

1. La méthode alimentaire par régression

Les variables utilisées sont : NI, ND, GMQ et MADI

$$\text{MADI} = a \text{ GMQ} + b \text{ pour un GMQ nul}$$

$$\text{MADI} = a \text{ NI} + b$$

$$\text{MADI} = a \text{ ND} + b \text{ Pour un NI et ND} = 0$$

Pour rechercher une meilleure estimation des besoins d'entretien en MAD, l'ADF des rations est introduite comme seconde variable prédictrice.

2. La méthode des bilans

A partir du bilan azoté, nous avons également calculé les besoins d'entretien.

$$\text{ND} = a \text{ BN} + b \text{ pour un bilan azoté nul}$$

ND et le BN sont exprimés en g d'N/A/j.

3. Méthode factorielle

Les besoins azotés d'entretien peuvent être aussi calculés par la méthode factorielle selon l'expression :

$$\text{BE} = \text{Azote endogène urinaire (NUE)} + \text{Azote fécal métabolique (NFm)} + \text{Azote des phanères (NPP)}$$

i) Evaluation de l'azote urinaire endogène (NUE)

NUE est calculé en premier lieu à l'aide des équations suivantes :

$$\text{NUE} = a \text{ NI} + b$$

$$\text{NUE} = a \text{ ND} + b \text{ Pour un NI et ND} = 0$$

En second lieu, le paramètre poids métabolique $P^{0.75}$ est introduit pour éventuellement affiner l'estimation :

$$\text{NUE} = a \text{ NI} + b P^{0.75} + c$$

$$\text{NUE} = a \text{ ND} + b P^{0.75} + c \text{ Pour NI et ND} = 0$$

NUE, NI et ND sont exprimés en g/j/A ou g/j/kg $P^{0.75}$.

ii) Evaluation de l'azote fécal métabolique (NFm)

NFm est calculé en premier lieu à l'aide des équations suivantes :

$$\text{NFm} = a \text{NI} + b$$

$$\text{NFm} = a \text{ND} + b \text{ } \} \text{Pour NI et ND} = 0$$

NFm, NI et ND sont exprimés en g/A/j.

D'autres estimateurs sont introduits dans ces équations telles la MOND, la MODI, la MSI et le $P^{0.75}$ pour rechercher la meilleure estimation possible de la valeur de NFm.

$$\text{NFm} = a \text{NI} + b P^{0.75} + c$$

$$\text{NFm} = a \text{ND} + b P^{0.75} + c \text{ } \} \text{Pour NI et ND} = 0$$

NUE, NI et ND sont exprimés en g/j/A ou g/j/kg $P^{0.75}$.

iii) Evaluation des pertes azotées par les phanères (NPP)

Ces pertes n'ont pas été mesurées; aussi, nous avons retenu celles rapportées par l'ARC (1965) et utilisées également par BRUN BELLUT (1986) soit $\text{NPP} = 0.02 \text{ g d'N/kg } P^{0.75} / \text{j}$.

2 Résultats et discussions

2.1 Calcul des besoins d'entretien en énergie et en azote

2.1 1 Besoins d'entretien en énergie

Les calculs sont effectués dans un premier temps en tenant compte uniquement de nos essais (PNT) sur 12 sujets, et dans un deuxième temps de l'ensemble des essais réalisés à l'INA sur 60 sujets les résultats apparaissent dans le tableau 7.

Equations	N	P	R ²	Besoin d'entretien en énergie
Notre essai (PNT)				
UFL = 0.003 GMQ + 1 549 ± 0.038 (1) 0.01 0.055	12	0.02	0.414	0.028 UFL/Kg P ^{0.75}
MCD = 2.504 GMQ + 427 399 ± 29.005 (2) 0.608 42.093	12	0.016	0.45	22.03 g MOD/Kg P ^{0.75} Soit 30.49 kcal/Kg P ^{0.75}
Essais réalisés à l'INA				
UFL = 0.002 GMQ + 1 489 ± 0.059 (3) 0.0004 0.032	60	0.0002	0.20	0.0356 UFL/Kg P ^{0.75}
MCD = 0.54 GMQ + 382.064 = 91.403 (4) 0.570 29.495	60	0.039	0.05	27.86g MOD/Kg P ^{0.75} Soit 101.79 kcal/Kg P ^{0.75}

Tableau 7 : Evaluation des besoins d'entretien en énergie

UFL: Unité fourragère lait (g/animal/j), GMQ: Gain moyen quotidien (g/j)

MOD: Matière organique digestible (g/animal/j)

L'équation 1 donne un besoin de 0.028 UFL/kg P^{0.75} et 41% des variations du GMQ sont expliqués par les UFL ingérées; cette valeur est inférieure de 15 % par rapport à celle rapportée par l'INRA (1978).

Exprimés en MOD g/kg P^{0.75} soit 22,02 g restent toujours faibles à la recommandation de l'INRA (1978) lorsque le modèle 2 est utilisé soit 26g MOD g/kg P^{0.75}.

En ce qui concerne l'ensemble des essais réalisés à l'INA qui portent sur 60 animaux, les besoins d'entretien obtenus sont de 0.035 UFL/kg P^{0.75} et 27.86 g MOD/ kg P^{0.75} (équations 3 et 4). Ces valeurs sont supérieures à celles recommandées par l'INRA (1978) soit 0,033 UFL/kg P^{0.75} et 26 g MOD/ kg P^{0.75} avec respectivement 8 % et 7 %. Cependant, ces résultats sont peu corrélés avec le GMQ puisque le R² est faible avec 30 et 25 % respectivement pour les UFL et les MOD.

La différence des résultats obtenus dans nos essais par rapport à ceux obtenus à l'INA peut s'expliquer par la différence des régimes alimentaires. En effet, une ration riche en constituants membranaires (paille de céréales dans nos essais) augmente la durée de la rumination, de la fermentation, de la digestion et du même coup les dépenses énergétiques d'entretien (WEBSTER et al., 1976 ; JARRIGE et MORAND-FEHER, 1978). Ainsi, BREIREM (1953) cité par TRIKI (2003) rapporte une augmentation de la dépense énergétique d'un point quant la teneur en cellulose de la ration augmente de 0.6 %.

Par ailleurs, nos résultats exprimés en UFL/kg P^{0.75} (0,028) ou en MOD g/ kg P^{0.75} (22,02) restent faibles par rapport à la moyenne rapportée en littérature obtenue sur des

ovins en bergerie avec des essais d'alimentation en cage individuelle (0.031 ± 0.005 UFL/kg $P^{0.75}$ et $24,69 \pm 4.41$ g MOD/kg $P^{0.75}$) et mettant en relation la variation de poids et les quantités d'énergie ingérés.

Avec d'autres méthodes de calcul, les valeurs varient de 20.46 à 34.85 g MOD/kg $P^{0.75}$ et 0.026 à 0.044 UFL/kg $P^{0.75}$. Ces résultats sont généralement plus élevés que ceux obtenus par des mesures en chambre respiratoire rassemblé par VAN ES (1972) cité par TISSIER et al.(1978) soit 24.69 contre 20.08g de MOD/ kg $P^{0.75}$ (Annexe 8).

2.1.2. Calcul des besoins d'entretien en azote

2.1.2.1. Méthode alimentaire par régression

- Besoins azotés exprimés en MAD g/ kg $P^{0.75}$

Les détails des données utilisées sont consignés dans le tableau 6 et les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 8.

Equations	N	P	R ²	Besoin d'entretien en azote	
Notre essai (PNT)					
$MAD = 0.128 GMQ + 19.289 \pm 845$ $0.049 \quad 2.387$	(5)	3	0.027	0.40	2.03 gMAD/Kg $P^{0.75}$
$MAD = -0.010 GMQ + 5.400 ADF - 25.006 \pm 0.402$ $0.016 \quad 0.429 \quad 1.272$	(6)	12	0.0001	0.96	2.36 gMAD/Kg $P^{0.75}$
Essais réalisés à l'INA					
$MAD = 0.020 GMQ + 33.956 \pm 5.827$ $0.024 \quad 1.880$	(7)	60	0.0001	0.57	2.52 gMAD/Kg $P^{0.75}$
$MAD = 0.215 GMQ - 3.20 ADF + 25.10 \pm 5.213$ $0.021 \quad 0.83 \quad 12.811$	(8)	60	0.0001	0.66	2.44 gMAD/Kg $P^{0.75}$

Tableau 8 : Evaluation des besoins d'entretien en azote

MAD: Matières azotées digestibles (g/animal/j), GMQ: Gain moyen quotidien (g/j)

ADF: Acid detergent fiber (g/animal/j)

L'équation qui relie les quantités MAD aux GMQ réalisés par les animaux dans nos essais rapporte pour un GMQ nul (équation 5) des besoins en azote de 2.03 g MAD/ kg $P^{0.75}$., 40 % des variations du GMQ sont expliqués par les MAD ingérées. Cette valeur est inférieure de 17% par rapport aux recommandations de l'INRA (1978) qui est de 2.52 g/kg $P^{0.75}$.

L'introduction d'ADF dans le modèle améliore le R² de 40 à 96%. Pour un GMQ nul, les besoins d'entretien en azote calculés par l'équation 6 sont de 2.36 g/kg $P^{0.75}$ contre 2.52g pour l'INRA (1978).

Lorsque les besoins sont calculés à partir de l'ensemble des essais réalisés à l'INA

(60 animaux), la valeur est de 2.47 et 2.44 g MAD/ kg P^{0.75} respectivement pour les équations 7 et 8. L'introduction de l'ADF dans l'estimation des besoins d'entretien améliore le R² de 52 à 66 %. Les valeurs trouvées dans l'ensemble des essais effectués à l'INA sont de 2.47 g/kg P^{0.75}; celles-ci sont comparables à celles rapportées par l'INRA (1978), soit 2.52 g/kg P^{0.75}.

2.1.2.2. Méthode des bilans

Dans ce modèle, le calcul des besoins azotés d'entretien est obtenu par extrapolation de l'équation de régression : ND = a BN + b (ND et BN sont exprimés en g/j/A).

Les équations obtenues pour les différents essais sont rapportées dans le tableau 9.

Le détail de calcul des besoins d'entretien en azote par la méthode des bilans est consigné dans le tableau 10.

Equations	N	P	R ²	Besoin d'entretien en azote
Nos essais (PNT)				
ND = 0.168 BN + 5.741 ± 0.705 0.502 1.161	(9)	10	0.75	0.355 gN/KgP ^{0.75} ou 2.22g MAD
Essais réalisés à l'INA				
ND = 0.570 BN + 5.451 ± 1.384 0.390 0.475	(10)	44	0.0001	0.418 gN/KgP ^{0.75} ou 2.61g MAD

Tableau 9 : Evaluation des besoins d'entretien en azote.

ND: Azote digéré (g/j/A); BN: Bilan azoté (g/j/A)

Lorsque le bilan azoté est nul, les besoins d'entretien dans notre essai sont de 0.355g d'N/kg P^{0.75} soit 2.22g MAD/kg P^{0.75}. Cette valeur est inférieure de 12 % par rapport à celle obtenue par l'INRA (1978) qui est de 2.52 g MAD/ kg P^{0.75}.

Les besoins d'entretien pour l'ensemble des essais sont de l'ordre de 0.418 g d'N/kg P^{0.75} soit 2.61 g MAD/ kg P^{0.75}. 49 % des variations du bilan azoté sont expliqués par l'azoté digéré (équation 10). Cette valeur est supérieure de 4 % par comparaison à celle recommandée par l'INRA (1978).

Tableau 10 : Données utilisées pour le calcul des besoins d'entretien en azote (méthode des bilans)

Lots	N° Animal	NI (g/A/j)	ND (g/A/j)	NE (g/A/j)	BN (g/A/j)
	1	13,51	6,37	11,40	2,10
	2	12,66	5,97	11,03	1,63
	3	14,90	7,03	13,14	1,77
PNT	4	13,24	6,24	10,74	2,50
	5	13,23	6,24	10,85	2,38
	6	18,22	8,59	16,12	2,10
	7	15,10	7,12	11,77	3,34
	8	16,22	7,64	15,14	1,08
	9	16,06	7,57	13,50	2,57
	10	17,80	8,39	14,94	2,86
Moyenne ± ET		15,09 ± 1,86	7,12 ± 0,88	12,86 ± 1,89	2,23 ± 0,61
	11	10,82	5,94	8,25	2,57
	12	11,32	6,21	6,41	4,91
	13	10,65	5,84	6,62	4,03
	14	10,22	5,71	6,82	3,40
FVA	15	13,89	7,62	7,18	6,71
	16	14,98	8,22	10,58	4,41
	17	20,73	11,37	11,43	9,30
	18	17,13	9,40	9,14	7,98
	19	16,85	9,25	8,71	8,14
	20	18,12	9,94	9,43	8,69
	21	19,77	10,85	9,79	9,98
	22	25,12	13,78	14,38	10,74
	23	12,74	7,02	9,93	2,81
	24	9,85	5,43	6,34	3,51
	25	10,19	5,61	6,45	3,74
	26	13,00	7,16	9,45	3,55
	27	12,17	6,70	8,99	3,18
	28	13,77	7,53	10,60	3,17
FVA	29	13,68	7,54	7,69	5,99
	30	16,98	9,35	13,12	3,86
	31	18,15	10,00	13,39	4,76
	32	20,12	11,03	15,38	4,74
	33	20,34	11,21	14,31	6,03
	34	21,12	11,64	14,48	6,64
	35	13,41	7,39	9,01	4,40
	36	17,28	9,20	12,33	4,93
	37	12,82	6,82	6,96	5,85
	38	16,20	8,62	12,97	3,18
	39	16,09	8,56	11,15	4,94
PTNH ₃	40	15,59	8,30	8,19	7,39
	41	18,67	9,93	12,66	6,00
	42	13,95	7,43	7,82	6,12
	43	17,34	9,23	12,57	4,77

	44	14,52	7,72	9,42	5,09
Moyenne \pm ET		15,42 \pm 3,37	8,15 \pm 1,91	10,69 \pm 2,80	4,72 \pm 2,33

NI : Azote ingéré, ND : Azote digéré, NE: Azote excrété, BN : Bilan azoté

2.1.2.3. Méthode factorielle

Les besoins d'entretien en azote sont calculés en additionnant les différentes pertes en azote dans les fèces, les urines et les phanères selon le modèle suivant:

$$BE = NUE + NFm + NPP.$$

1- Calcul de l'azote urinaire endogène (NUE)

L'azote urinaire endogène représente l'azote remis en circulation suite au turn-over des protéines. Théoriquement, on peut l'estimer par extrapolation de modèle de régression reliant l'azote excrété dans les urines à l'azote ingéré (NI) et l'azote digéré (ND). Nous introduisons le poids métabolique pour affiner l'estimation de NUE.

Dans le cas de nos essais sur 10 sujets, l'azote endogène urinaire (NUE) est moyennement expliqué par l'azote ingéré (NI) et (ND) puisque R^2 à 5% est de 52 % (équations 11 et 12). L'introduction du poids métabolique a permis d'améliorer le R^2 d'environ 25 % (équations 13 et 14) (tableau 12).

Pour l'ensemble des essais réalisés à l'INA sur 44 animaux, ni le NI, ni le ND ne sont de bons estimateurs de NUE ($R^2 = 14$ et 7%) selon les équations 15 et 16.

Cependant, l'introduction du poids métabolique dans les équations 17, 18 a permis d'améliorer le R^2 ($R^2 = 45$ et 46 %), mais le R^2 reste toujours faible. Ce cas de figure a été rapporté par TRIKI (2003).

Comparativement à une compilation de 28 valeurs rapportées par l'ARC (1965) et l'AFRC (1993), une variation de 0.023 à 0.17g / kg $P^{0.75}$ et une moyenne de 0.10 \pm 0.04 a été rapporté. Seuls les résultats de ELLIOTT et TOPPS (1964) cité par l'ARC (1965) se rapprochent à ceux de notre essai (0,01 g N/kg $P^{0,75}$).

L'ensemble des résultats (n = 44), l'équation 16 donne une valeur comparable à celle rapportée par TURK et al., (1934), SINGH et MAHADEVAN (1968) cité par l'AFRC (1993) (Annexe 9).

Pour nos essais, compte tenu des résultats internationaux, nous avons adopté la valeur de 0.01 g d'N/ kg $P^{0.75}$ pour le calcul des besoins d'entretien.

Le détail de calcul des besoins d'entretien en azote par la méthode factorielle est consigné dans le tableau 11.

Tableau 11 : Données utilisées pour calculer les besoins en azote par la méthode factorielle.

LOTS	N	P ^{0,75}	MSI	NI	ND	MOND	NU	NF
	1	19.89	939,76	13,51	6,37	431,92	3,37	8,03
	2	19.71	850,38	12,66	5,97	394,62	3,64	7,39
	3	19.48	1026,53	14,90	7,03	468,98	4,02	9,12
	4	18.18	877,27	13,24	6,24	410,53	4,68	6,06
PNT	5	19.92	902,60	13,23	6,24	418,79	4,05	6,80
	6	19.48	1361,35	18,22	8,59	617,07	6,05	10,07
	7	18.94	960,54	15,10	7,12	442,72	4,71	7,06
	8	18.59	1222,00	16,22	7,64	557,29	4,50	10,64
	9	19.48	1176,96	16,06	7,57	541,12	4,03	9,47
	10	20.87	1414,27	17,80	8,39	642,04	4,76	10,18
MOY		19.45	1073,16	15,09	7,12	492,51	4,38	8,48
+ ET		□ 0,71	□ 206,04	□ 1,96	□ 0,93	□ 89,98	□ 0,75	□ 1,62
	11	9,51	614,19	10,82	5,94	244,52	2,15	6,10
	12	10,97	631,30	11,32	6,21	254,04	0,73	5,68
	13	9,36	577,92	10,62	5,83	227,13	1,44	5,18
	14	8,85	542,01	10,22	5,61	210,28	2,16	4,65
	15	11,23	880,80	13,89	7,62	346,96	0,86	6,31
FVA	16	11,41	960,18	14,98	8,22	377,58	2,73	7,84
	17	13,94	1093,82	20,73	11,38	424,66	2,92	8,51
	18	11,23	866,72	17,13	9,40	336,81	2,00	7,14
	19	11,20	842,94	16,85	9,25	327,39	2,30	6,41
	20	11,60	928,84	18,12	9,95	360,31	2,23	7,20
	21	13,10	1046,53	19,77	10,85	407,72	1,90	7,89
	22	15,66	1382,26	25,12	13,79	535,95	3,71	10,68
	23	13,77	690,26	12,74	7,02	262,26	5,46	4,46
	24	13,00	459,62	9,85	5,43	174,81	2,52	3,82
	25	13,00	457,71	10,19	5,62	174,56	2,97	3,47
	26	13,75	706,95	13,00	7,17	268,69	2,72	6,73
	27	13,50	682,16	12,17	6,71	259,53	2,25	6,70
FVA	28	13,14	788,30	13,77	7,59	299,85	4,09	6,50
	29	13,14	791,63	13,68	7,54	300,73	0,84	6,85
	30	13,70	875,88	16,98	9,36	334,78	4,78	8,33
	31	15,00	935,67	18,15	10,01	438,82	5,21	8,18
	32	15,09	1070,10	20,12	11,09	408,23	7,04	8,34
	33	15,31	1079,18	20,34	11,21	412,06	3,39	9,42
	34	15,88	1155,05	21,12	11,64	442,81	4,71	9,71
	35	13,70	634,69	13,41	7,39	242,50	3,32	5,69
	36	15,66	916,61	17,28	9,20	323,03	3,85	8,47
	37	10,43	571,77	12,82	6,82	201,75	1,82	5,14
	38	14,05	844,48	16,20	8,62	306,90	5,12	7,85
PTNH ₃	39	13,64	831,83	16,09	8,56	293,29	2,75	8,39
	40	13,86	775,95	15,59	8,30	269,80	1,27	6,91
	41	15,78	1025,97	18,67	9,93	355,63	3,07	9,59
	42	10,67	647,28	13,95	7,43	223,20	0,66	6,15

	43	14,63	906,90	17,34	9,23	314,09	3,92	8,94
	44	11,45	690,23	14,51	7,72	236,91	2,44	6,98
MOY		14,43	878,12	15,42	8,15	352,79	3,25	7,39
+ ET		□ 3,27	□ 233,44	□ 3,37	□ 1,91	□ 114,57	□ 1,49	□ 1,79

$P^{0.75}$: Poids métabolique; MSI: Matière sèche ingérée, MOND: Matière organique non digérée ; NI: Azote ingéré, ND: Azote digéré, NU: Azote urinaire, NF: Azote fécale.

Equations	N	P	R ²	N g/kg P ^{0.75}
Nos essais (PNT)				
NI.F. = 0.275 NI + 0.224 ± 0.151 (11) 0.094 1.424	10	0.015	0.52	0.71 g N/kg P ^{0.75}
NUE = 0.534 ND - 0.224 ± 0.551 (12) 0.199 1.424	10	0.015	0.52	0.31 g N/kg P ^{0.75}
NUE = 0.276 NI - 0.280 P ^{0.75} + 5.526 + 0.525 (13) 0.085 0.217 4.142	10	0.034	0.52	0.284 g N/kg P ^{0.75}
NUE = 0.535 ND - 0.280 P ^{0.75} + 5.526 = 0.510 (14) 0.185 0.207 4.142	10	0.034	0.55	0.284 g N/kg P ^{0.75}
Essais réalisés à l'INA				
NUE = 0.158 NI + 0.656 ± 1.555 (15) 0.067 0.994	44	0.011	0.145	0.045 g N/kg P ^{0.75}
NUE = 0.207 ND - 1.568 ± 1.315 (16) 0.116 0.757	44	0.081	0.071	0.11 g N/kg P ^{0.75}
NI.F. = 0.190 NI + 0.280 P ^{0.75} - 2.151 ± 1.982 (17) 0.054 0.058 0.995	44	0.7701	0.457	0.28 g N/kg P ^{0.75}
NUE = 0.164 ND - 0.301 P ^{0.75} - 2.206 = 2.012 (18) 0.090 0.056 1.046	44	0.0001	0.455	0.30 g N/kg P ^{0.75}

Tableau 12: Quantité de l'azote endogène urinaire

NUE: Azote urinaire excrété; ND: Azote digéré; NI: Azote ingéré.

$P^{0.75}$: Poids métabolique, NUE: En g/j/kg P^{0.75}, ND, NI: En g/animal/j

2- Estimation de l'azote fécal métabolique (NFm)

L'azote fécal métabolique est exprimé en gramme d'azote par 100 g de MSI ou par kg de poids métabolique et par jour. Pour des valeurs nulles de NI, ND, MSI, et MOND, les résultats obtenus dans ces conditions sont consignés dans le tableau 13. Il ressort que tous les facteurs explicatifs utilisés seuls ou en association sont en forte corrélation avec l'NFm (Annexe 10).

Dans le cas de nos essais (n =10), 69 % des variations de l'azote sont expliqués par

le NI et ND (équation 19 et 20), alors que la MSI l'explique à 78 % (équation 21).

L'introduction du poids métabolique n'a pas permis d'améliorer le R^2 , il reste à peu près constant (70 %) (équations 23 et 24).

Pour l'ensemble des résultats ($n = 44$), la valeur explicative de NFm diminue pour le NI (64 %) et ND (45 %) (équations 25 et 26) alors que celle de la MSI est améliorée (83 %), (équation 27). Ces observations ont été également constatées par TRIKI (1989).

L'introduction de MOND et du poids métabolique ont permis d'une manière générale d'améliorer le R^2 (équations 28, 29 et 30). Les valeurs obtenues dans nos essais varient de 0.001 à 0.326 g d'N/100 g de MSI ou 0.035 à 0.118 g d'N/kg $P^{0.75}$.

Compte tenu des résultats bibliographiques, il semble plus judicieux de prendre la valeur 0.118g d'N/ kg $P^{0.75}$ pour calculer les besoins d'entretien.

En adoptant la valeur pour NPP = 0.02g d'N/ kg $P^{0.75}$ (ARC, 1965), les besoins d'entretien des agneaux par la méthode factorielle sont de :

BE = 0.01 + 0.118 + 0.02 = 0.148 g d'N/ kg $P^{0.75}$, soit 0.925 g de MAD par kg $P^{0.75}$.

Cette valeur est inférieure de 51 et 43 % respectivement par rapport à celle déterminée par la méthode des bilans et la méthode alimentaire par régression.

Equations	N	P	R ²	N g/100 g MSI	N g/kg J ^{0.75}
Nez essais (PNT)					
$NF_m = 0.626 NI - 1.871 \pm 0.931$ 0.161 2.455	(19)	..	0.003	0.69	0.001
$NF_m = 1.455 ND - 1.871 \pm 0.951$ 0.342 2.455	(20)	..	0.003	0.69	0.001
$NF_m = 0.027 MSI + 1.022 \pm 0.298$.. 1.008	(21)	..	0.001	0.73	0.096
$NF_m = -0.280 NI + 0.025 MOND - 2.003 \pm 0.890$ (22) 0.298 0.013 3.124	..	..	0.005	0.73	0.117
$NF_m = 0.626 NI - 0.084 P^{0.75} - 5.261 \pm 1.101$ (23) 0.090 0.056 1.048	..	..	0.014	0.70	0.335
$NF_m = 1.454 ND + 0.084 P^{0.75} - 5.351 \pm 1.003$ (24) - 191 - 494 8.941	..	..	0.015	0.70	0.335
Essais réalisés à l'INRA					
$NF_m = 0.425 NI - 0.847 \pm 1.047$ 0.015 0.773	(25)	44	< 0.001	0.64	0.096
$NF_m = 0.624 ND + 2.295 \pm 0.980$ 0.107 0.857	(26)	44	< 0.001	0.45	0.262
$NF_m = 0.027 MSI + 1.245 \pm 1.311$ - 700 0.488	(27)	44	< 0.001	0.80	0.142
$NF_m = 0.298 NI - 0.005 MOND + 0.665 \pm 1.414$ (28) 0.001 0.045 0.577	49	..	< 0.001	0.81	0.397
$NF_m = 0.383 NI - 0.223 P^{0.75} - 1.329 \pm 1.529$ (29) 0.241 0.045 0.766	49	49	< 0.001	0.77	0.339
$NF_m = 0.58 ND + 0.308 P^{0.75} - 1.78 \pm 1.448$ (30) 0.026 0.047 0.827	49	49	< 0.001	0.73	0.502

Tableau 13 : Quantité de l'azote fécal métabolique excrété.

NF_m: Azote fécal métabolique excrété; ND: Azote digéré; NI: Azote ingéré.

MOND: Matière organique non digestible P^{0.75}: Poids métabolique. ND, NI, MSI, MOND: Exprimé en g/animal/j

3. DISCUSSION GENERALE

L'état récapitulatif des besoins d'entretien en énergie et en azote retenu dans nos essais pour les agneaux de race Ouled Djellal âgés de 8 mois environ est consigné dans le tableau 14.

Les valeurs des besoins d'entretien issues des modèles 1 et 2 sont de 0.028 UFL/kg P^{0.75} et de 22.03 g de MOD/kg P^{0.75}. Elles sont obtenues à partir de paramètres simples (GMQ, UFLI et MODI) tirés de nos essais d'alimentation. Elles nous paraissent fiables même si elles se révèlent légèrement inférieures à celles rapportées par l'INRA (1978, 1988) qui sont de 0.033 UFL et 26g de MOD/kg P^{0.75}. Exprimés en MOD, nos résultats sont plus faibles que ceux rapportés par le NAS (1975), l'INRA (1978 et 1988) et l'ARC (1980) qui les estiment à 26 g de MOD/kg P^{0.75}.

Exprimée en EM sur la base de EM = 3.4 MOD + 1.17 MAD (Van Es, 1972), notre valeur est de 80.49 Kcal/kg P^{0.75} alors que pour le NAS (1975), l'ARC (1980) et l'INRA (1978, 1988), elle est de 95 Kcal/Kg P^{0.75} (Annexe 11). Il semble donc que les besoins en énergie de la race Ouled Djellal seraient inférieurs à ceux des races du Nord. Des résultats similaires avaient été rapportés en Jordanie et en Irak par Al JASSIM et al. (1996, 2002) pour la race AWASSI soit 0,028 UFL/kg P^{0,75}.

De même, il faut signaler que la valeur de 0.033 UFL/kg P^{0.75} (INRA, 1978) calculée pour des animaux en bergerie est une moyenne de plusieurs essais effectués par plusieurs auteurs sur différentes races et par différentes méthodes de calcul. Certaines valeurs rapportées dans l'annexe 8 sont comparables aux résultats obtenus dans nos essais notamment celles de LANGLAND et al. (1968) soit 0.026 et 0.027 UFL/kg P^{0.75}.

figure est rapporté par SENGAR, (1980); BRUN-BELLUT et *al.* (1991) et TRIKI (2003); les erreurs sont à rechercher dans les trois variables ayant servies au calcul de ces besoins.

- **NUE**, l'azote urinaire excrété est difficile à déterminer avec précision puisqu'il est déterminé indirectement à partir de NI, ND et de NU. BRUN-BELLUT (1986), dans ses travaux note un coefficient de variation de 35% pour la détermination de NUE.
- Les pertes urinaires sont inévitables : perte directe, fermentation de l'urée en ammoniac, fèces souillées. Par ailleurs, l'azote des urines récoltées ne correspond pas à l'azote alimentaire des 24 heures puisqu'une bonne partie est recyclée et la vessie n'est jamais totalement vide.
- **NFm**, les fèces sont moins riches en azote que les urines. Les pertes, même si elles existent sont nettement plus faibles et se répercutent moins sur les pertes en azote. L'azote des fèces ne donnant pas lieu à un recyclage, il représente de ce fait, plus parfaitement que les urines, l'ingéré des 24 heures.
- **NPP**, la valeur de $0.02\text{g d'N/ kg P}^{0.75}$ correspond aux pertes des phanères estimées par les bovins (ARC, 1965); elles pourraient ne pas correspondre à celles des ovins à cause de la laine. TISSIER et *al.* (1978) l'a estimé par les brebis de races françaises à $0.035\text{g d'N retenue sous forme de laine par kg P}^{0.75}$.

CONCLUSION

Dans le présent travail, nous avons évalué par la méthode alimentaire les besoins d'entretien en énergie et en azote de l'ovin de la race Ouled Djellal âgée de 8 mois.

Les résultats obtenus montrent que l'énergie s'établit à 0,028 UFL/kg P^{0,75} ou 22,03 g de MOD/kg P^{0,75}. Ces valeurs sont nettement inférieures à celles rapportées par l'INRA (1978) qui sont respectivement de 0,033 UFL/kg P^{0,75} et 26 g de MOD/kg P^{0,75} soit 95 Kcal EM/ kg P^{0,75} pour des animaux en bergerie. Cependant la valeur obtenue dans nos essais est comparable aux résultats obtenus pour les races des pays du Sud (Jordanie- Irak) qui sont de 0,028 de UFL/kg P^{0,75} et 0,027 de UFL/kg P^{0,75} (AL JASSIM et al., 1995 et 2002).

Pour l'azote, 2,02 de MAD/kg P^{0,75} soit un écart de 17 % à la recommandation de l'INRA qui est de 2,52g MAD/kg P^{0,75}, nous ne disposons pas de valeur comparable pour les pays du Sud.

Concernant les résultats obtenus par les deux autres méthodes (méthode factorielle et modèle du bilan azoté) se révèlent non significatifs à P < 5 % pour l'estimation des besoins d'entretien en azote.

Cependant, le régime alimentaire, paille d'orge non traitée, utilisée dans notre essai n'est pas adapté pour obtenir une croissance de 100g/animal/j pour une bonne estimation des besoins d'entretien (le GMQ moyen obtenu est faible soit 47,52 g/animal/j). On préconise dans l'avenir d'utiliser des régimes ajustés en énergie et en azote

De ce travail, il ressort que les besoins d'entretien en énergie et en azote des ovins

de races rustiques seraient plus faibles que les besoins des races améliorées du Nord. Il conviendrait de poursuivre le travail pour confirmer ces résultats.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFRC (1990):** Technical Committee on responses the nutriments report n° 5. Nutritive requirements of ruminants animals energy. Nutr. Abst. Rev. Serie B.60 : 729-804.
- AFRC (1993):** Energy and protein requirements of ruminants, an advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on responses to nutrients. CAB International, Wallingford, U. K., 50 P
- AL JASSIM R. A. M., BROWN G.; SALMAN E. D. and ABODABOS A. (2002):** Effect of tail docking in Awassi lambs on metabolizable energy requirements and chemical composition of carcasses. British Society of Animal Science Animal Science 75: 359-366
- AL JASSIM R. A. M., HASSAN S. A., AL ANI A.N. (1996):** Metabolizable energy requirements for maintenance and growth Awassis lambs, Small Ruminants Research, 20: 239-245.
- AOAC (1975):** Official methods of analysis (12th Ed). Association Of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, 120P
- ARC (1965):** The nutrients requirements of farm livestock n°2. The ruminants, London, U.K. Agricultural Research Council, London, 264P
- ARC (1980):** The nutrients requirements of ruminants livestock Technical review by an Agricultural Research Council working party, commonwealth Agricultural Bureau, Famham Royal, U.K., 120P.

- BEDRANI S., BENADJILA S., et GHAZI M. (1993)** : L'économie agro-pastorale en algérie. Premiers résultats du suivi d'un échantillon d'agro-pasteurs de la Wilaya de Djelfa (campagne 90 /91). CREAD (Alger) Vol. 2 : 895-899.
- BEDRANI S. (1984)** : la steppe, les pasteurs et agro pasteurs en Algérie. CREAD (Alger), 39P
- BOUKHOBZA M. (1982)** : L'agro pastoralisme traditionnel en Algérie de l'ordre tribal au désordre colonial. Office des Publications Universitaires (Alger). 451P.
- BRUN-BELLUT J. (1986)**: Détermination des besoins azotés de la chèvre en lactation. Thèse de Doctorat d'état en science. Institut National Polytechnique de lorraine (France), 80P
- BRUN-BELLUT J. ; BLANCHART G. ; VIGNON B. (1984)**: Détermination des besoins azotés de la chèvre en lactation Ann. Zoot. 33 (2): 171-186.
- BRUN-BELLUT J.; LINDBERG, J.E.; HADJIPANAYIOTOU, M. (1991)**: Protein nutrition and requirements of adult dairy goats in: Goat nutrition, EAAP publication n° 46: 82-93.
- CHELLIG R. (1992)** : Les races ovines algériennes, Office des publications universitaire, 1 place centrale de Ben-Aknoun, Alger, 76P.
- CHENOST M. (1987)** : Influence de la complémentation sur la valeur alimentaire et l'utilisation des foins et des pailles par les ruminants, In : les fourrages secs : récolte, traitement et utilisation. Demarquilly Ed. INRA : 199-230.
- DEMARQUILLY C. ; FAVERDIN P. ; GEAY Y. ; VERITE R. ; VERMOREL M. (1996)** : Bases rationnelles de l'alimentation des ruminants Rev. Prod. Anim, Hors série, 71 - 80 .
- DEMARQUILLY et WEISS, (1970) ; cité par DELAGE J. (1974)** : Mémento de l'alimentation des animaux domestiques : alimentation azotée.DEINA Paris Grignon, 148P
- GADOUD R. ; JOSEF M. ; MANGEOL B. (1992)** : Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Edition Foucher., 75006 Paris.
- HOCH T.; BEGON C.; CASSAR I. MALEK B. PICARD B. and SAVARY I. (2003)**: Mécanisme et conséquences de la croissance compensatrice chez les ruminants. Rev. INRA Prod. Anim., 16, 49-59.
- INRA (1978)** : Alimentation des ruminants Ed ; INRA, Route de St Cyr, 78000 Versailles, 597 P
- INRA (1988)** : Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed ; INRA, Route de St Cyr, Versailles, 472P
- JARRIGE R. et MORAND-FEHER P. (1978)** : Consommations d'aliment et d'eau. In Alimentation des ruminants Ed, INRA (1978) 177-206 PP.
- LANGLAND J.; SUTHERLAND H.A.M. (1968)**: An estimate of the nutrients utilized for pregnancy by Merino sheep. Brith. J.Nutr. 22: 217-221.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE (1975)**: Nutrient requirements of domestic animals.5. Nutriment requirements of sheep. 5^e edition, National academy of science, Washington, 120P

-
- ROBELIN J.; GEAY Y. (1978)** : Estimation de la composition chimique du corps entier des bovins à partir du poids des dépôts adipeux totaux. Ann. Zootech. 25 :159-167.
- ROBELIN J.; THERIER M. (1981)** : fixation des protéines chez les ruminants : Evolution en fonction du poids des animaux et variation selon la race, le sexe ou le niveau des apports alimentaires. Reprod. Nutr. Develop. 21(2) : 335-353.
- SENGAR O.P.S (1980)**: Indian research on protein and energy requirements of goats J. Dairy Sci. 63: 1655-1670
- SILANIKOVE N. (1996)**: Why goats raised on harsh environment perform better than other domesticated animals. Options Méditerranéennes, 34 Série A, 89-93.
- TISSIER M. ; THERIEZ M. ; GUEGUEN L. ; MOLENAT G. (1978)** : Ovins, In : Alimentation des ruminants. Ed. INRA, 78000 Versailles, 403-448PP
- TRIKI S. (1989)** : Etude comparative de l'efficacité de deux méthodes de traitement de la paille de blé à l'ammoniac : essais d'introduction dans l'alimentation des génisses en croissance. Thèse de Magister. INA. El Harrach, 114P
- TRIKI S. (2003)** : Recherche sur les besoins en énergie et en azote des ovins algériens de race Ouled-Djellal : validation zootechnique. Thèse de Doctorat d'état INA el Harrach, 100P.
- VAN ES A. J. H. (1972)** cité par TISSIER M. ; THERIEZ M. ; GUEGUEN L. ; MOLENAT G. (1978) : Ovins, In : alimentation des ruminants. Ed. INRA, 78000 Versailles, 597P.
- VAN SOEST P. J. (1963)**: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds II a rapid method for the determination of fiber and lignin, J. AOAC. 46: 829-235.
- WEBSTER A. J. F. (1978)**: Prediction of the energy requirements for growth in beef cattle. World Rev. Nutr. Diet. 30: 189-226.
- WEBSTER A. J. F. (1979)**: Energy cost of digestion and metabolism in the gut, in Ruckebush Y., Thivend P ed., digestive physiology and metabolism in ruminant; MTP Lancaster, England, 853 P.
- WEBSTER A. J. F.; OSUJI P. O.; WEEKES T.E.C. (1976)**: Origins of the heat increment of feeding in sheep. In: 7th, Symp. Energy metabolism of farm animals, Vichy (France). EAAP n° 19, INRA CRZV Theix, France: 46-48

Annexes

Liste des Abréviations

ADF : Acid detergent fiber

AOAC: Association of official analytical chemists

ARC: Agricultural research council

BE: Besoin d'entretien

BN : Bilan azoté

Cl : Clore

CMV : Complément minéral vitaminé

CUD app : Coefficient d'utilisation digestive apparent

d MAT: Digestibilité de la matière azotée totale

d MO: Digestibilité de la matière organique

dE: Digestibilité de l'énergie

EB : Energie brute

ED: Energie digestible

EM : Energie métabolisable

EN: Energie nette

ET : Ecart type

FVA: Foin de vesce avoine

g /A/j: Gramme par animal par jour

g: Gramme

GMQ: Gain moyen quotidien

Ha : Hectare

INA : Institut National Agronomique

INRA: Institut National de Recherche Agronomique

k: Rendement

Kcal: Kilocalorie

kf: Rendement de l'énergie métabolisable pour l'engraissement

kg: Kilogramme

KI : Rendement de l'énergie métabolisable pour la lactation

km: Rendement de l'énergie métabolisable pour l'entretien

LATRACO : Lazaret Transit et Activités Connexes

M : Mètre

MAD: Matière Azotée Digestible

MADI : Matière Azotée Digestible Ingérée

MAT : Matière Azotée totale

MM : Matière minérale

MO : Matière organique

MOD: Matière organique digestible

MODI : Matière organique ingérée

MOND : Matière organique non digestible

MOY : moyenne

MS : Matière sèche

MSD: Matière sèche digestible

MSI: Matière sèche ingérée

MSR: Matière sèche refusée

Na : Sodium

NAS : National Academy of Science

ND : Azote digéré

NE : Azote excrété

NFm : Azote fécal métabolique

NI : Azote ingéré
NPP : Azote des phanères
NU : Azote urinaire
NUE : Azote endogène urinaire
ONAB : Office National d'Aliment du Bétail
 $P^{0.75}$: Poids métabolique
P: Probabilité
PDI : Protéine digestible dans l'intestin
PDIA: PDI qui proviennent des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen (+ réseau)
PDIE : Somme PDIA +PDIME
PDIM: PDI qui proviennent des protéines vraies formées par la population microbienne du rumen (+ réseau)
PDIN: Somme PDIA+PDIMN
PNT: Paille non traitée
PTNH3: Paille traitée à l'ammoniac
QMSD: Quantité de matière sèche digestible
QMSI: Quantité de matière sèche ingérée
QMSR: Quantité de matière sèche refusée
 R^2 : Coefficient de corrélation
UF: Unité fourragère
UFL: Unité fourragère lait
UFLI: Unité fourragère lait ingérée
UFL/Kg $P^{0.75}$: Unité fourragère lait par kilogramme de poids métabolique
UFV: Unité fourragère viande
UI : Unité internationale
USA : United Stat of America

Annexe 1 :Poids des animaux au début et fin de l'expérimentation

N Animal	Poids départ (Kg)	P ^{0,75} départ	Poids Final (Kg)	P ^{0,75} final	Poids moyen	P ^{0,75} moyen
1	45,70	17,58	49,90	18,77	47,8	18,18
2	45,70	17,58	49,10	18,55	47,4	18,06
3	53,20	19,70	54,80	20,14	54	19,92
4	53,30	19,73	54,50	20,06	53,9	19,89
5	52,50	19,50	54,00	19,92	53,25	19,71
6	52,00	19,36	55,20	20,25	53,6	19,81
7	48,10	18,26	52,90	19,62	50,5	18,94
8	46,00	17,66	52,50	19,50	49,25	18,59
9	50,80	19,03	54,00	19,92	52,4	19,48
10	54,00	19,92	60,90	21,80	57,45	20,87
11	48,30	18,32	51,50	19,22	49,9	18,77
12	53,20	19,70	60,70	21,75	56,95	20,73
Moyenne	50,23	18,86	54,17	19,96	52,20	19,41
Ecart-type	+ 3,26	+ 0,92	+ 3,63	+ 1,00	+ 3,28	+ 0,92

Annexe 2 : Quantité de paille ingérée en matière sèche par kg de poids métabolique.

Table with multiple sections of data, including headers for 'Moyenne', 'Ecart-type', and 'Coefficient de variation'. The data is organized into several distinct blocks, each with its own header and rows of numerical values.

Annexe 3 : Evaluation de la digestibilité de la MS, MO et la MAT.

N Animal	MSI Paille g/A/j	MSI concentré g/A/j	Digestibilité de la MS		CUD %
			MSI TOT g/A/j	MSE g/A/j	
1	598,86	340,90	939,76	391,86	58,30
2	509,48	340,90	850,38	359,00	56,54
3	685,63	340,90	1026,53	507,39	50,57
4	531,47	345,80	877,27	435,72	50,33
5	556,80	345,80	902,60	425,19	52,89
6	1015,55	345,80	1361,35	709,51	47,88
7	614,74	345,80	960,54	473,52	50,70
8	676,49	345,51	1222,00	669,07	45,25
9	631,51	345,45	1176,96	588,35	50,01
10	1069,09	345,18	1414,27	692,70	51,02
Moyenne	728,96	344,20	1073,16	526,29	51,35
Ecart type	± 205,15	± 2,29	± 203,04	± 128,96	± 3,81

Annexe 4 : Evaluation de la digestibilité de la MO.

N Animal	MOI P g/A/j	Digestibilité de la MO		MOE g/A/j	CUD %
		MOI concentré g/A/j	MOI TOT g/A/j		
1	506,20	330,67	836,87	369,95	55,79
2	471,90	330,67	802,57	349,31	53,48
3	623,12	330,67	953,79	481,01	49,51
4	499,49	335,43	834,92	410,15	50,88
5	516,00	335,43	851,43	399,21	50,10
6	919,54	335,43	1254,97	675,46	43,34
7	584,96	335,43	920,39	447,52	50,30
8	798,25	335,14	1133,39	625,97	44,95
9	765,43	335,09	1100,51	549,93	50,12
10	970,94	334,82	1305,76	642,09	50,78
Moyenne	663,61	333,88	997,49	494,68	50,83
Ecart type	± 105,59	± 2,22	± 106,55	± 113,68	± 0,64

Annexe 5 : Evaluation de la digestibilité de la MAT.

N Animal	Digestibilité de la MAT				
	MAI P	MAI concentré	MAI TOT	MAE	CUD
	g/Lj	g/Lj	g/Lj	g/Lj	%
1	42,70	52,16	64,01	36,60	36,70
2	27,95	52,16	60,11	51,04	35,20
3	32,44	52,91	65,35	35,53	58,37
4	61,06	52,91	113,67	58,28	48,86
5	40,36	52,91	63,27	43,61	53,25
6	49,88	52,89	102,77	57,86	43,70
7	51,95	52,85	104,61	56,14	46,44
8	32,61	52,86	65,47	42,45	50,34
9	28,25	52,16	60,41	40,18	50,03
10	24,66	52,16	76,82	39,64	48,39
Moyenne	39,20	52,60	61,79	49,12	47,14
Ecart type	± 12,09	± 0,38	± 12,32	± 10,12	± 7,06

Annexe 6: Evaluation de la MSI, MOI au cours de la période expérimentale.

N animal	MSI PS	MM	MCI	MSI	MM	MO	MOI	MODI
	g/Wj			concentré	concentré	concentré	RAT TOT	
1	683,00	65,02	617,38	345,32	10,3E	334,96	952,94	484,38
2	759,40	72,29	687,11	345,32	10,3E	334,96	1 022,07	519,52
3	624,30	78,47	745,33	345,32	10,3E	334,96	1 080,79	549,37
4	699,93	85,67	814,26	345,32	10,3E	334,96	1 149,22	584,15
5	618,24	77,90	740,35	345,32	10,3E	334,96	1 075,31	546,58
6	600,80	76,24	724,56	345,32	10,3E	334,96	1 059,53	538,56
7	763,04	72,64	690,40	345,32	10,3E	334,96	1 025,36	521,19
8	626,80	78,71	748,09	345,32	10,3E	334,96	1 083,05	560,52
9	665,66	91,93	873,73	345,32	10,3E	334,96	1 208,69	614,38
10	630,97	88,63	842,34	345,32	10,3E	334,96	1 177,30	598,42
11	737,93	70,25	667,38	345,32	10,3E	334,96	1 002,64	509,64
12	608,63	76,98	731,35	345,32	10,3E	334,96	1 066,61	542,16
Moyenne	618,23	77,90	740,33	345,32	10,3E	334,96	1075,29	546,57
Ecart-type	±81,39	±7,75	±73,64	-	-	-	±73,64	±37,43

Annexe 7: Evaluation de la MAI, MADI au cours de la période expérimentale.

N animal	P ^{0.75}	MSI P Seul	MAI PS	MSI	MAI	MAI	MADI
		g/Wj		concentré	concentré	FAT TOT	RAT TOT
1	17,58	683,21	36,21	345,32	52,83	89,04	41,88
2	17,58	759,40	40,2E	345,32	52,83	93,08	43,88
3	19,70	624,30	43,8E	345,32	52,00	96,52	45,50
4	19,72	699,93	47,7E	345,32	52,93	100,53	47,39
5	19,50	618,24	43,37	345,32	52,83	96,20	45,35
6	19,08	600,80	42,87	345,32	52,83	95,70	45,11
7	18,26	763,04	40,4E	345,32	52,83	93,28	43,67
8	17,66	626,80	43,8E	345,32	52,83	96,65	45,56
9	19,03	665,66	51,1E	345,32	52,83	104,01	49,03
10	19,92	630,97	49,3E	345,32	52,83	102,18	48,17
11	18,32	737,93	39,11	345,32	52,83	91,94	43,34
12	19,70	608,63	42,8E	345,32	52,83	95,69	45,11
Moyenne	18,84	618,51	43,4E	345,32	52,83	96,24	45,37
Ecart-type	±0,31	±81,24	±4,3E	-	-	±4,31	±2,03

Annexe N° 8 : Estimation des besoins énergétiques d'entretien chez les ovins

Objectif de l'étude	Source(s)	Sexe	Statut énergétique et DMO (kg J ^{0.75})	Est. ME ₀ (g J ^{0.75})	SE
Besoins d'entretien en ME ₀ (kcal/kg de poids corporel)	Wolfe, 1963 Dowling, 1969 Tamburini et Riederer, 1970 Langdon et al., 1985	Mâle Douchère et Bureau (2004) Ménage (21 240 kg)	26,98 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	90,2	0,024
			28,87 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	87,2	0,020
	Toney et Gross, 1970	22 500 kg	30,76 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	71,2	0,022
			31,27 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	72,2	0,022
	Bouillon et al., 1993		24,92 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	89,3	0,021
			24,95 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	89,2	0,024
Moyenne		Ménage (20 147)	72,1	0,024	
		Charrière (20 147)	82,8	0,021	
Moyenne de la population	Lorenz et al., 1974 Bouillon et al., 1984	Amhaïlle et Gemenet (1200) Ménage (20 147)	24,95	89,31	0,027
			1,44	110,00	1,000
	Bouillon et Dorcy, 1979 Aronow et al., 1981		21,77 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	72,2	0,024
			22,0 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	72,2	0,024
Moyenne de la population		Ménage (20 147) Ménage (20 147)	21,77 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	72,2	0,024
			22,0 g ME ₀ /kg J ^{0.75}	72,2	0,024
Moyenne de la population				74	0,022

Source : INRA (1978)

Annexe 9 : Pertes d'azote endogène urinaire et fécale chez les ovins (ARC, 1965 [1]; AFRC, 1993 [2]) obtenues par régression

Evaluation des besoins d'entretien (en énergie et en azote) de la race ovine Ouled Djellal

Auteurs	Poids en kg	NUE g/kg P0.75	Auteurs	NFm g/kg MSI	Perte minimum d'azote endogène N g/kg P0.75
Morgan et al. (1911, 1914) [1]	35	0.16	Sotola (1930) [1]	6.25	
	40	0.15	Turk et al. (1934) [1]	5.50	
	45	0.16	Harris et Mitchell (1941) [1]	5.50	
	50	0.17	Huisman (1946) [1]	5.10	
Voltz (1920) [1]	32	0.08	Blaxter et Mitchell (1948) [1]	4.60	
Scheunert et al. (1922) [1]	33	0.08	Hamilton et al. (1948) [1]	5.60	
	44	0.07	Ellis et al. (1956) [1]	2.40	
Sotola (1930) [1]	24	0.08	Hutchinson (1958) [1]	4.90	
Turk et al. (1934)	24	0.12	Welch et al. (1958) [1]	4.40	
	28	0.11	Walker et Faich ney (1964) [1]	2.90	
	36	0.09	Noir et Swain (1972) [2]	6.00	
Hutchinson et Morris (1936) [1]	21	0.14	Orscov et al. (1973) [2]		0.350
Smuts et Marais (1938) [1]	36	0.09	ARC (1984) [2]		0.350
Smuts et Marais (1939)	21	0.12	Alam et al. (1991) [2]		0.216
	42	0.12	AFRC (1992) [2]		0.350
Harris et Mitchell (1941) [1]	34	0.09			
Hamilton et al. (1948) [1]	25	0.07			
Ellis et al. (1956) [1]	33	0.08			
Elliott et Topps (1964) [1]	31	0.023			
Walker et Faich Ney (1964) [1]	5	0.17			
ARC (1965) [1]	30	0.09			
Deif et al. (1968) [2]	43	0.059			
Singh et Mahadevan (1968) [2]	35	0.09			
Singh et Mahadevan (1968) [2]	35	0.11			
Singh et Mahadevan (1970) [2]	35	0.09			
Black et al. (1973) cité par Jarrige (1978)	30	0.053			
Blanchart et al. (1977)	88	0.09			
Jarrige et al. (1978)	30	0.08			
Moyenne Ecart- Type		0.10 \square 0.037	Moyenne Ecart- Type	4.83 \square 1.22	0.316 \square 0.067
Pré ruminant : Walker et Faich ney (1964) [2]	5.2	0.17			

Norton et Walker (1971) [2]	5.6	0.18			
Jahn (1970)	6.5	0.18			
INRA (1978) : agneau en alimentation lactée		0.15			
Agneau à l'engraissement		0.12			
Moyenne Ecart- Type		0.16 \pm 0.02			

NUE = Azote urinaire endogène

NFm = Azote fécal métabolique

Annexe 10 : Corrélation entres les paramètres par les trois méthodes

Tableau 10 : Besoins en énergie (Mcal/kg P0.75) pour la race ovine Ouled Djellal.

Paramètre	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
0.75	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
1.00	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
1.25	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.50	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
1.75	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
2.00	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1

Tableau 11 : Besoins en azote (g/kg P0.75) pour la race ovine Ouled Djellal.

Paramètre	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
0.75	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
1.00	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
1.25	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.50	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
1.75	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
2.00	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1

Tableau 12 : Besoins en énergie (Mcal/kg P0.75) pour la race ovine Ouled Djellal (suite).

Paramètre	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
0.75	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
1.00	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
1.25	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.50	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
1.75	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
2.00	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1

Tableau 13 : Besoins en azote (g/kg P0.75) pour la race ovine Ouled Djellal (suite).

Paramètre	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
0.75	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
1.00	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
1.25	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.50	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
1.75	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
2.00	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1

Tableau 14 : Besoins en énergie (Mcal/kg P0.75) pour la race ovine Ouled Djellal (suite).

Paramètre	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
0.75	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
1.00	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
1.25	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.50	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
1.75	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
2.00	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1

Tableau 15 : Besoins en azote (g/kg P0.75) pour la race ovine Ouled Djellal (suite).

Paramètre	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
0.75	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
1.00	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
1.25	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.50	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
1.75	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
2.00	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1

Annexe11 : Besoins d'entretien en kcal/kg P0.75 chez les caprins, bovins et ovins rapportés par SAUVANT et MORAND-FEHER, 1996 [1]

Copies		Electra		Ultra	
Animaux	Yearling PLS	Animaux	Yearling PLS	Animaux	Yearling PLS
MORCART et al.(1996) [C] [E]	407	HAY (1996)	1075	GRUBER (1996)	4
GOE, 1992 [C]	723	POEHLER (1997)	1182	GOEDON, DOCHALD(1997)	90
Y. YONAH et al.(1997) [F]	917	ROBERT et al. et al. (1997) [E]	113	BRUSH et al.(1997) [E]	4
BOUDRY, 1995 [C]	881	JOYEBAISSON et al. (1997) [E]	109	SAITTA et al.(1997)	1002
DE KROMB et al. (1997) [E]	900	SOHREK et al. (1997) [E]	118	ROTH et al. (1997) [E]	1019
MUCHER, 1995 [C]	78	SCHNEIDER et al. (1997) [E]	100	SOUSSE (1997)	88
ARMSTRONG et al. (1997) [E]	873	WATSON, 1997 [E]	107	BULL (1997)	8
EDWARDS, 1997 [E]	822	WANG, 1997 [E]	117	SAITTA et al.(1997)	1270
DESJARDINS et al. (1997) [E]	407	GRONVOLD, 1997 [E]	111	OKRZYDZINSKI, 1997	4
DEONHAERT et al. (1998) [E]	822	TERRELL et al. (1998) [E]	113	VERGÉ et al. (1998)	88
THOMAS et al. (1998) [E]	871	BRANDAUER, 1998 [E]	100	DE KROMB et al. (1998) [E]	100
WILSON et al. (1998) [E]	808	TEGEBRECK et al. (1998) [E]	1002	TIMBER et al. (1998) [E]	70
DEBORDA et al. (1998) [E]	883	WILLIAMS (1998)	8	ANDERSON (1998)	88
SAITTA et al. (1998) [E]	784	TERRELL, 1998 [E]	112		
SAITTA et al. (1998) [E]	819	TERRELL, 1998 [E]	117		
BOUDRY et al. (1998) [E]	758	MOE, 1998 [E]	100		
BRUNO, BRUNO et al. (1998) [E]	84	MOE, 1998 [E]	100		
WILSON et al. (1998) [E]	777	WILSON et al. (1998) [E]	100		
MOISANDER et al. (1998) [E]	723				
BOUDRY et al. (1998) [E]	812				
WANG, 1998 [E]	879				
WILSON et al. (1999)	759				
POEHLER et al. (1999)	1058				
Moyenne (E)	616 (194)	Moyenne (E)	118 (9,1)	Moyenne (E)	278 (1,3)

[C] : Mesure par calorimétrie [F] :
Mesure par essai d'alimentation

[VL] : Vache en lactation [VT] :
Vache tarie [BA] : ovin à
l'engraissement

[G] : Génisse [M] :
Mâle