

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المعهد الوطني للعلوم الفلاحية – الحراش

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE – EL- HARRACH

THESE

**Recherche sur les besoins en énergie et en azote des
ovins Algériens de race Ouled Djellal :
Validation zootechnique**

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques

Par Saddek TRIKI

Soutenu le 29 / 9 / 2003

Présentée devant le jury composé de :

M. BELLAL M.M. Professeur I.N.A, El Harrach	Président
M. LARWENCE A. Professeur ENSIA – SIARC. Montpellier. France	Directeur de thèse Co-Directeur de Thèse
M. ASSAMI M.K. Maître de conférences I.N.A , El Harrach	Examineur
M. BERCHICHE. M. Professeur Université de Tizi-Ouzou	

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

1^{ère} Partie : Etude bibliographique

Chapitre 1 : Dépenses énergétiques de l'animal

1. Métabolisme de jeûne	3
1.1. Facteurs de variation du métabolisme de base	4
1.1.1. Le poids	4
1.1.2. La surface	4
1.1.3. La durée du jeûne	5
1.1.4. L'âge de l'animal	6
2. Dépenses énergétiques d'entretien	6
2.1. Principales sources de la dépense énergétique d'entretien	7
2.1.1. Thermogénèse alimentaire	7
2.1.2. Activité physique	8
2.1.3. Thermorégulation.....	11
3. Dépenses énergétiques de production	16

Chapitre 2 : Mesure des dépenses énergétiques et calcul des besoins en énergie

1. Mesure des dépenses énergétiques	17
2. Calcul des besoins énergétiques d'entretien	20

3. Calcul des besoins de production	22
3.1. Evaluation des besoins de gestation.....	22
3.1.1. Evolution du poids du fœtus	22
3.1.2. Modèles d'évaluation des besoins de gestation (HUTCHINGS,1997).....	26
3.1.2.1. Evaluation du poids vif (en kg) de la brebis à jeun et sans fœtus (Met)	26
3.1.2.2. Evaluation des poids de la conception (Mf.t).....	27
3.1.2.3. Evaluation du poids du placenta (Mpl.t).....	27
3.1.2.4. Evaluation du poids du liquide amniotique (Mf.t).....	27
3.1.2.5. Evaluation du poids additionnel de l'utérus (Mu.t).....	27
3.1.2.6. Evaluation du poids additionnel des glandes mammaires(Mg.t).....	27
3.1.3. Modèles d'évaluation de l'énergie.....	28
3.1.3.1. Evaluation des besoins de la brebis gravide exprimés en énergie métabolisable (Rp, MJ)	28
3.1.3.1.1. Evaluation des besoins énergétiques d'entretien. (Em.t)	28
3.1.3.1.2. Evaluation des besoins énergétiques de conception (EC)	28
3.1.3.1.3. Evaluation des besoins énergétiques des glandes mammaires (Eg)	28
3.1.3.1.4. Le rendement énergétique métabolisable pour l'entretien et la croissance.....	29
3.1.3.1.4.1. Rendement énergétique métabolisable pour l'entretien (Km).....	29
3.1.3.1.4.2. Rendement énergétique métabolisable pour la croissance des produits de conception(Kp) ..	29
3.1.3.1.4.3. Rendement énergétique métabolisable pour la croissance des produits de conception et de l'entretien (Kc).....	29
3.1.3.2. Calcul des besoins totaux en énergie des brebis gravides.....	31

3.2. Evaluation des besoins pour la production laitière.....	32
3.2.1. Modèle d'évaluation des besoins de la production laitière.....	37
3.2.1.1. Modèle proposé par l'AFRC (1990)	37
3.2.1.1.1. Modèle TB 33.....	37
3.2.1.1.2. Modèle ARC (1980)	37
3.2.1.2. Modèle proposé par l'INRA (1978)	39
3.2.1.3. Comparaison des modèles	39

Chapitre 3 : Mesure et calcul des besoins en azote

1. Calcul des besoins azotés d'entretien.....	40
1.1. Signification des besoins azotés d'entretien.....	40
1.2. Méthode d'évaluation des besoins azotés d'entretien.....	40
1.2.1. Méthode factorielle.....	40
1.2.1.1. Azote urinaire endogène (NUE).....	40
1.2.1.1.1. Méthodes de mesure de la qualité d'NUE.....	41
1.2.1.1.1.1. Mesures directes de NUE.....	41
1.2.1.1.1.2. Calcul de NUE par des régressions	42
1.2.1.1.1.3. Conclusion	44
1.2.1.2. Azote fécal métabolique (NFm)	44
1.2.1.2.1. Méthodes de mesure de la quantité d'NFm.....	47
1.2.1.2.1.1. Mesures directes de Nfm.....	47
1.2.1.2.1.2. Calcul de NFm par régression	47
1.2.1.3. Fixation et pertes au niveau des phanères.....	50
1.2.2. Méthode des bilans.....	50
1.2.3. Essais d'alimentation	50
2. Calcul des besoins azotés de production.....	51
2.1. Calcul des besoins de gestation des brebis.....	51
2.1.1. Modèle d'évaluation.....	51
2.2. Calcul des besoins pour la production laitière.....	53

2^{ème} Partie : Etude expérimentale

TRAVAIL1: Evaluation des besoins d'entretien en énergie et en azote de l'ovin de Ouled Djellal

1. Matériel et méthodes	55
1.1 Les animaux.....	55
1.2 Les aliments.....	55
1.2.1. Aliments grossiers.....	55
1.2.2. Aliments de complémentation.....	55
1.2.2.1. Concentré.....	55
1.2.2.2. Les vitamines.....	56
1.3. Déroulement des essais.....	57
1.4. Mesures et calculs.....	57
1.5. Evaluation des besoins énergétiques et azotés d'entretien.....	58
1.5.1. Evaluation des besoins énergétiques d'entretien.....	59
1.5.2. Evaluation des besoins azotés d'entretien.....	59
1.5.2.1. Méthode alimentaire par régression.....	59
1.5.2.2. Méthode factorielle.....	60
1.5.2.2.1. Evaluation de l'azote endogène urinaire (NUE).....	60
1.5.2.2.2. Evaluation de l'azote fécal métabolique (NFm).....	60
1.5.2.2.3. Evaluation des pertes par les phanères (NPP).....	62
2. Résultats	62
2.1. Calcul des besoins d'entretien en énergie et en azote.....	62
2.1.1. Calcul des besoins d'entretien en énergie.....	62
2.1.2. Calcul des besoins d'entretien en azote.....	63
2.1.2.1. Méthode alimentaire par régression.....	63
- Besoins d'azote exprimés en $MAD/kg P^{0,75}$	63
2.1.2.2. Modèle des bilans.....	65
2.1.2.3. Méthode factorielle.....	67
2.1.2.3.1. Calcul de l'azote endogène urinaire (NUE).....	67
2.1.2.3.2. Calcul de l'azote fécal métabolique (NFm).....	68
3. Discussion	72

TRAVAIL 2 : Evaluation des besoins en énergie et en azote de la gestation et de la production laitière de la brebis Ouled Djellal

1. Matériel et méthodes	74
A. En bergerie expérimentale.....	74
1.1. Les animaux.....	74
1.2. Déroulement de l'expérimentation.....	74
1.3. Conduite de la reproduction.....	75
1.4. Les mesures	76
1.5. Les calculs.....	76
1.5.1. Bilan nutritionnel des brebis	76
1.5.1.1. Calcul de l'ingéré énergétique et azoté.....	76
1.5.1.2. Rendements énergétiques et azotés pour la gestation et la production laitière.....	76
1.5.1.2.1. Calcul des rendements.....	77
1.5.1.2.1.1. Rendement de gestation.....	77
. Pour l'énergie	77
. Pour l'azote	77
1.5.1.2.1.2. Rendement pour la production laitière	77
. Pour l'énergie	78
. Pour l'azote.....	78
1.5.2. Mesure de l'énergie brute des carcasses, annexes et lait et composition chimique.....	78
1.5.2.1. Energie brute des carcasses, annexes et lait.....	78
1.5.2.2. Composition chimique de la carcasse, des annexes et du lait.....	79
B. En atelier de digestibilité	
1.1. Les animaux.....	79
1.2. Les aliments.....	79

2. Résultats	80
2.1. Digestibilité apparente des rations utilisées par les brebis durant la gestation et la lactation	80
2.2. Bilan nutritionnel des brebis durant la gestation et la lactation	80
2.2.1. La gestation.....	80
2.2.1.1. Période 0-3 mois	81
2.2.1.2. 4 ^{ème} mois de gestation.....	81
2.2.1.3. 5 ^e mois de gestation.....	83
2.2.1.4. Conclusion.....	83
2.2.2. La lactation.....	83
2.2.2.1. Evolution des poids vifs des brebis durant la période de lactation.....	83
2.3. Rendement de transformation de l'énergie métabolisable et l'azote disponible pour la gestation	87
2.3.1. Composition chimique et teneurs énergétiques des agneaux à la naissance et des annexes	87
2.3.1.1. Les agneaux.....	87
2.3.1.2. Les annexes.....	87
2.3.2. Estimation de la composition des liquides amniotiques et de l'utérus gravide	87
2.4. Rendement nutritionnel au cours de la période de gestation 3-5 mois.....	89
2.5. Rendement nutritionnel de lactation (45 jours)	91
2.5.1. Composition chimique et énergie brute du lait.....	91
2.5.2. Rendement de transformation de l'énergie métabolisable et de l'azote disponible en énergie et en protéines du lait.....	91
2.6. Evaluation des besoins en énergie et en azote au cours de l'entretien, de la gestation et de la lactation.....	91
3. Discussion	94
3.1. La gestation	94
3.2. La lactation	95
3.3. Les rendements d'utilisation de l'énergie et des protéines pour la gestation et pour la lactation	96
3.3.1. La gestation.....	96
3.3.2. La lactation.....	97
3.3.3. Conclusion.....	98
3.4. Besoins de gestation et de lactation.....	98
3.4.1. Conclusion.....	99

TRAVAIL 3 : Validation zootechnique

1. Matériel et méthodes	101
1.1. Les aliments	101
1.2. Les animaux	101
1.3. Déroulement des essais	102
1.4. Mesures et calcul	103
1.5. Analyse statistique	105
2. Résultats	105
2.1. Effet du traitement sur la quantité de matière sèche volontairement ingérée et sur la consommation d'eau	105
2.2. Effet du régime alimentaire sur les performances des animaux	108
3. Discussion	111

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

ABREVIATIONS

ADF	Acid detergent fiber
ADFI	Acid detergent fiber ingéré
AFRC	Agricultural and food research council
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ARC	Agricultural research council
BE	Besoin d'entretien
BN	Bilan azoté
°C	Degré celsius
Cal/kg/m	Calorie par kilogramme et par mètre
CB	Cellulose brute
CBND	Cellulose brute non digestible
CH ₄	Méthane
CL	Correction du niveau alimentaire
CMV	Complément minéral vitaminé
CO ₂	Gaz carbonique
CV	Coefficient de variation
DES	Dépense endogène spécifique
dl	Décilitre
dMAT	Digestibilité des matières azotées totales
dMO	Digestibilité de la matière organique
EB	Energie brute
EC	Energie métabolisable de conception
Eg	Energie métabolisable des glandes mammaires
EG	Ensemble du gain maternel
EL	Energie sécrétée dans le lait
EM	Energie métabolisable
Em.n	Besoin d'énergie de la brebis tarie pour la période équivalente à la durée de gestation
Em.t	Besoin d'énergie d'entretien par un temps t.
EMI	Rendement de l'énergie métabolisable
ET	Ecart type
EV	Valeur énergétique du gain du poids vif
EVG	Valeur énergétique de la variation du poids
EVL	Valeur énergétique du lait
FEZ	Fédération européenne de zootechnie
FGA	Acétate de fluorogestone
FVA	Foin de vesce-avoine
g	Gramme
g/j/a.	Gramme par jour par animal
GMQ	Gain moyen quotidien
GOT	Glutano-oxalo-acétique
GPT	Glutano-pyruvique
h	Heure
INA	Institut National Agronomique
INRA	Institut National de Recherche Agronomique
J/kg/m	Joule par kilogramme et par mètre
Kc	Rendement de l'énergie métabolisable pour la croissance des produits de conception et l'entretien de brebis

Kcal	Kilocalorie
kg	Kilogramme
KGE	Rendement de l'utilisation de l'énergie métabolisable pour la gestation
KGP	Rendement de l'utilisation des matières azotées pour la gestation
$\text{kJ/P}^{0,75}$	Kilojoule par kilogramme de poids métabolique
kle	Rendement de l'utilisation de l'énergie métabolisable pour la lactation
klp	Rendement de l'utilisation des matières azotées pour la lactation
Km	Rendement de l'énergie métabolisable pour l'entretien
Kp	Rendement énergétique pour la croissance des produits de conception
M f.t	Poids du fœtus en kg
M f.T	Poids de l'agneau à la naissance en kg
M ft.t	Poids du liquide amniotique en kg
m^2	Mètre carré
MA ins	Matières azotées insolubles
MAD	Matières azotées digestibles
MADI	Matières azotées digestibles ingérées
MAND	Matières azotées non digestibles
MAT	Matières azotées totales
MB	Métabolisme de base
Me.t	Poids de la brebis à jeun sans le fœtus en kg
mg	Milligramme
Mg	Recommandation de l'énergie métabolisable pour la gestation
MG	Matières grasses
Mg.t	Poids complémentaire de l'utérus et de glandes mammaires en kg
$\text{mg/P}^{0,75}$	Milligramme par kilogramme de poids métabolique
Mj/j	Millijoule par jour
Mj/km	Millijoule par kilomètre
ml	Millimètre
ML	Recommandation de l'énergie métabolisable pour la production laitière
MM	Matières minérales
Mn	Poids vifs de la brebis non gravide
Mn.p	Recommandation de l'énergie métabolisable pour l'entretien et la production
MO	Matière organique
MOD	Matière organique digestible
MODI	Matière organique digestible ingérée
MOND	Matière organique non digestible
MP	Besoin énergétique de la brebis gravide
Mpl.t	Poids du placenta en kilogramme à un temps t.
MS	Matière sèche
$\text{MSI/P}^{0,75}/\text{j}$	Matière sèche ingérée par kg de poids métabolique et par jour
Mu.n	Poids de l'utérus en kg
Mu.t	Poids de l'utérus de la brebis non gravide
n	Nombre

N	Nombre d'agneau né
NA	Niveau alimentaire
NAS	National academy of sciences
ND	Azote digéré
NF	Azote fécal
NFm	Azote fécal endogène
Ng/kg P ^{0.75}	Azote en gramme et par kg de poids métabolique
NI	Azote ingéré
NPP	Azote des phanères
NU	Azote urinaire
NUE	Azote endogène urinaire
ONAB	Office national d'alimentation de bétail
P	Signification statistique
P ^{0.75}	Poids métabolique
PDI	Protéines vraies réellement digestibles dans l'intestin
PDIA	PDI qui proviennent des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen
PDIE	PDIA + PDIME
PDIM	PDI qui proviennent des protéines vraies formées par la population microbienne du rumen (+réseau)
PDIME	PDIM qui correspondent à la teneur de l'aliment en énergie fermentescible dans le rumen
PDIMN	PDIM qui correspondent à la teneur de l'aliment en azote fermentescible dans le rumen
PDIN	PDIA + PDIMN
Pf.l	Poids du liquide amniotique à un temps t de la gestation
PMSG	Pregmant Mares serum gonadotrophin
PNT	Paille non traitée
PP	Poids des protéines fixées dans le fœtus en kg à un temps t.
PTNH ₃	Paille traitée à l'ammoniac
PTU	Paille traitée à l'urée
PV	Poids vif
Q	Dépense énergétique
Qm	Concentration de l'énergie métabolisable de l'aliment
Qr	Quotient respiratoire
Qsp	Quantité suffisante pour
R ²	Coefficient de détermination
Rp	Energie métabolisable des brebis gravides
t	Durée de la gestation en jours
T	Période de la gestation en jours
U	Poids de l'utérus vide à un temps t
UFL	Unité fourragère lait
UFL/j	Unité fourragère lait par jour
UFL/kg P ^{0.75} /j	Unité fourragère lait par kg de poids métabolique et par jour
UI	Unité internationale
W/ kg P ^{0.75}	Wat par kilogramme de poids métabolique

INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, l'élevage ovin a une importance économique non négligeable, son effectif était estimé en 2000 par le Ministère de l'Agriculture à plus de 17 millions ; il représente un capital d'environ 1 milliard 700 millions de dinars algériens.

La steppe en association avec la transhumance dans les zones céréalières ,a constitué de tout temps la source principale de son alimentation. Cependant, ce système a subi d'importantes modifications à travers le temps.

- Durant la période précoloniale, la transhumance n'était pas seulement pour le nomade un droit à la vie, mais, bien plus, c'était un préalable à la survie de toute la société et de l'économie algérienne (BOUKHOBZA, 1982). En hiver, les troupeaux migrent vers le désert pour y séjourner pendant deux à trois mois « AZABA » et en été vers les hautes plaines céréalières pour y pâturer durant environ 5 mois « ACHABA » (BOUKHOBZA, 1982 ; BEDRANI, 1984).

- A la période coloniale, l'introduction du système capitaliste de la production agricole utilisant les engrais artificiels lui a permis de se passer de la fumure traditionnelle. Les relations de complémentarité qui existaient au sein du système agro-pastoralisme traditionnel ont diminué d'importance, l'«ACHABA» petit à petit a perdu de sa valeur et les colons se sont eux-mêmes mis à faire de l'élevage (BOUKHOBZA, 1982).

- Après l'indépendance, d'une part, l'absence d'une organisation appropriée de l'utilisation des parcours et d'autre part, l'existence d'une politique interventionniste de l'état par la mise à la disposition des éleveurs de l'orge importée et subventionnée ont créé un nouveau type d'éleveurs : « Les engraisseurs », qui revendent aux chevillards des agneaux préalablement achetés et nourris essentiellement avec de l'orge. Cette pratique d'engraisement, même si elle permet d'assurer un revenu pour une partie des habitants de cette zone, a hypothéqué dangereusement l'avenir des parcours, qui sont de ce fait transformés en aire de stationnement pour les animaux.

- Le démantèlement en 1987 des anciens domaines autogérés a entraîné l'émergence, notamment dans les zones céréalières, de nombreuses exploitations privées qui rendent les surfaces en jachère et les chaumes moins disponibles pour les bergers transhumants.

La conjugaison de tous ces facteurs s'est traduite par une accélération de la sédentarisation. Aujourd'hui, seuls 20 % du cheptel steppique sont concernés par la transhumance. Cette sédentarisation accrue a conduit à une surexploitation des parcours de la steppe qui n'arrivent plus à assurer les besoins alimentaires des troupeaux : d'où une forte pression à la mise en culture des terres les plus arrosées.

Le deuxième système alimentaire existant est l'association céréaliculture-élevage ovin. Il se distingue du précédent par la plus grande contribution des résidus des cultures dans l'alimentation du troupeau.

Le calendrier de l'utilisation de l'espace est divisé en deux séquences :

- La séquence chaume : elle dure trois à quatre mois durant lesquels les animaux, généralement gestants, utilisent les chaumes. Cette séquence prend fin généralement à la fin du mois de septembre. - La séquence jachère et/ou parcours : elle s'étale de la fin des chaumes jusqu'au début des moissons en juin. Cette séquence dure huit à neuf mois.

La jachère est appelée à diminuer d'année en année suite à la diversification et à l'intensification des cultures céréalières. En outre, pour lutter contre les adventices nuisibles aux céréales, les jachères sont travaillées de plus en plus précocement, réduisant ainsi cette séquence alimentaire d'où l'aggravation d'une période déjà difficile pour les troupeaux.

Aussi, le développement de l'élevage en bergerie durant les périodes d'insuffisance alimentaire ou en bergerie intégrale pourrait être d'un apport appréciable pour l'intensification de l'élevage ovin. Ce type d'élevage devrait alors répondre à une alimentation rationnelle.

Alimenter rationnellement les animaux consiste à compenser les dépenses d'entretien et de production grâce à un apport alimentaire continu, sans carence ni excès.

La connaissance des besoins nutritionnels des animaux est donc un préalable nécessaire pour ajuster de façon adéquate les apports aux besoins, particulièrement pour l'énergie et pour l'azote.

La frugalité des races ovines élevées dans les pays du sud est connue (ATTI et al. 2004 et SILANIKOVE, 1996). Néanmoins l'exception des caprins (SARASWAT et SENGAR, 2000) et quelques essais réalisés sur ovins (AL JASSIM 1996), les besoins nutritionnels des races ovines des pays en développement du sud n'ont pas été étudiés. Selon l'histoire des pays, les tables locales de rationnement utilisées sont des tables étrangères, notamment : ARC (agriculture research council) NRC (national academy of sciences) et INRA (institut national de la recherche agronomique) souvent inadaptées.

Dans ce travail, nous abordons les premiers travaux sur les besoins nutritionnels des ovins de la race Ouled Djellal.

Après une revue bibliographique sur les dépenses énergétiques du ruminant, les différents modèles d'évaluation des besoins en énergie et en azote des ovins à différents stades physiologiques sont traités. Le matériel et les méthodes utilisés étant présentés, nous évaluons ces besoins chez les ovins à partir d'essais alimentaires, de bilan azoté, et par application des méthodes factorielles.

Ces résultats atteints, nous les avons expérimentés pendant trois ans sur des agnelles et des brebis de race Ouled Djellal placées en bergerie intégrale recevant une alimentation à base de paille traitée à l'ammoniac, à l'urée ou non traitée.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1

DEPENSES ENERGETIQUES DE L'ANIMAL

On peut présenter les besoins nutritionnels de l'animal comme un appel de nutriments (lipides, glucides, protéines, vitamines et minéraux) par l'organisme pour son développement et pour ses synthèses aux différents stades physiologiques de la vie.

Il existerait plusieurs niveaux de besoins nutritionnels. En zootechnie, les animaux étant exploités en groupes ou en troupeaux, il est commode de hiérarchiser ces niveaux.

Classiquement, on distingue :

- un niveau de dépense minimale dite obligatoire mesurée dans les conditions contraignantes incompatibles avec une autonomie de vie : c'est le métabolisme de jeûne pour l'énergie et la dépense endogène spécifique (D.E.S.) pour l'azote.

- un niveau dit d'entretien où l'autonomie de vie est retrouvée, ce niveau est très variable en particulier pour l'énergie.

- un niveau de production : croissance, production de lait et de laine, reproduction et travail.

1. METABOLISME DE JEUNE

Il correspond à la production de chaleur nécessaire à l'entretien des fonctions vitales en particulier l'homéothermie.

La notion de métabolisme de jeûne est assez abstraite car il n'est pas directement mesurable, il est seulement approché.

De façon classique, le métabolisme de jeûne est mesuré :

- En état post-absorptif (difficile chez les ruminants, on considère néanmoins que l'absorption alimentaire est négligeable lorsque le quotient respiration (QR) ou le rapport de volume de CO₂ produit sur celui de l'oxygène consommé est proche de 0,7 ou lorsque la production de CH₄ se réduit à moins d'un litre par jour chez les petits ruminants et à moins de 2 litres chez les bovins; ces conditions sont obtenues habituellement à partir du 3^{ème} jour de jeûne (SCHÜRCH, 1961 BLAXTER, 1962).

- Lors d'une activité de l'animal,
- En conditions de neutralité thermique.

Ce métabolisme de jeûne est en règle générale appelé, dans la littérature, métabolisme de base (MB); nous utiliserons ce terme.

1.1. Facteurs de variation du métabolisme de base

1.1.1. Le poids

Le métabolisme de base est une fonction du poids élevé à la puissance 0,75 dit poids métabolique ($P^{0,75}$) (BRODY et PROCTOR, 1932; BRODY, 1945). Ainsi exprimé, les comparaisons interspécifiques du métabolisme de base sont facilitées (Tableau 1).

$$MB \text{ (kcal)} = Q \times P^{0,75}$$

Q est égale à 70 kcals pour les mammifères homéothermes, mais peut tomber à 2 chez les poïkilothermes; elle peut être aussi en rapport avec le niveau de l'homéothermie de l'animal. Ainsi, elle est de 83 kcals chez les oiseaux.

Tableau 1 : Métabolisme de base de quelques espèces animales par 24 heures (VOIT, 1901 cité par JACQUOT al. 1961)

Espèces	Poids (kg)	kcal produit / kg de poids vif	kcal produit / m ² de surface
Taureau	600	12 à 20	964
Cheval	441	11 à 17	948
Porc	128	20 à 28	1078
Homme	64	24	900
Chien	15	50	1000
Poule	2	170	1000
Souris	0,02	158	520

1.1.2. La surface

Le métabolisme de base serait également plus ou moins constant par mètre carré (m²) de surface de peau.

$$MB \text{ (Watts/m}^2\text{)} = 3,4 \times P^{0,75}$$

Exprimé par kilogramme de poids vif, il est d'autant plus faible que le poids vif est élevé (VOIT, 1901 cité par JACQUOT et al. 1961), (tableau 1).

1.1.3. La durée du jeûne

Le métabolisme de base diminue avec la durée de jeûne (figure 1), il est de 1270 kcal/24 h après 4 jours de jeûne et de 1157 kcal après 11 jours chez un mouton.

Cette diminution du métabolisme de base ne semble pas s'expliquer par une diminution globale du métabolisme de l'organisme, mais plutôt par une diminution de la taille de certaines cellules dont le métabolisme est élevé (foie, intestin, cœur) ainsi que par la diminution du poids de l'animal.

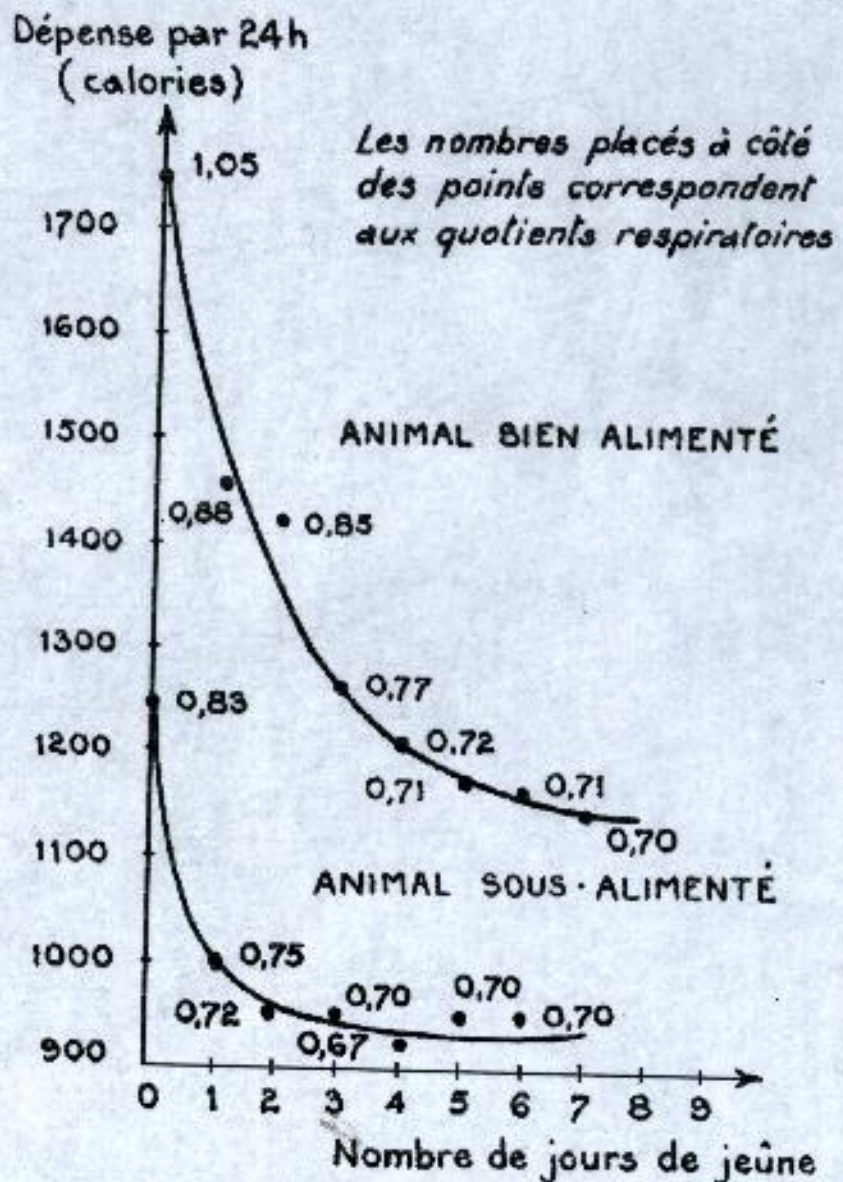


Figure 1 : Variation du métabolisme au cours du jeûne chez le mouton (influence de l'alimentation antérieure au jeûne) (d'après MAUSTON cité par JACQUOT et al., 1961)

1.1.4. L'âge de l'animal

Exprimé par rapport au poids métabolique, le métabolisme de base des mammifères passe par un maximum après la naissance puis diminue (tableau 2).

Tableau 2 : Comparaison du métabolisme de base chez les jeunes et chez les adultes (POCZOPKO, 1981)

Espèces	Âge (jours)	M.B. (W/kg $P^{0,75}$)	Âge (jours)	M.B. (W/kg $P^{0,75}$)	M.B. de l'adulte (W/kg $P^{0,75}$)
Rat	1	2,19	36	5,57	3,53
Cobaye	1	3,65	17	4,45	3,87
Lapin	1-2	2,69	14	6,20	3,20
Mouton	7	4,68	21	6,80	3,20
Porc	1	3,14	7	5,96	2,90
Bovin	1-3	5,62	-	-	4,29

Chez le mouton, le métabolisme de base est de 132 kcal/24 h/kg $P^{0,75}$ à une semaine et de 59 à quatre ans; il est pour le bovin respectivement de 186 et 95 kcal/24 h/kg $P^{0,75}$.

La proportion plus élevée de graisse de réserve chez les animaux adultes dont l'activité métabolique est plus faible explique pour l'essentiel ce résultat. A âge égal, l'ovin est plus gras que le bovin.

Ces arguments expliqueraient également les différences de métabolisme de base entre races et sexe et entre espèces.

L'hibernation entraîne aussi une diminution du métabolisme de base, le dromadaire par sa capacité de diminuer sa température la nuit entraîne durant cette période une diminution du métabolisme de base.

2. DEPENSES ENERGETIQUES D'ENTRETIEN

Le métabolisme de base est un concept. Les dépenses énergétiques auquel il correspond n'autorise à l'animal aucune autonomie de vie : déplacement, recherche et ingestion d'aliments, activités qui occasionnent des pertes supplémentaires en énergie. Ces différentes dépenses viennent s'ajouter à celles du métabolisme de base.

La situation physiologique théorique d'entretien correspond à un animal qui n'est pas en production (ni croissance, ni gestation, ni sécrétion lactée, ni travail) à l'exception de la croissance des phanères, essentiellement de la laine chez les ovins. La masse et la composition

de son organisme restent constantes, ses dépenses correspondent au maintien des processus. Dans les conditions d'exploitation intensive des ruminants domestiques, les animaux ne sont jamais à l'entretien (sauf pour les mâles au repos sexuel et parfois pour les femelles entre le tarissement et les 2/3 de la gestation). Pendant la quasi-totalité de leur vie, ils sont en production (croissance, gestation et lactation).

Aussi, la distinction traditionnelle entre dépenses d'entretien et dépenses de production est artificielle au plan nutritionnel. Cependant, il est commode pour le technicien, de partitionner les dépenses totales en dépenses d'entretien et en dépenses de production car les dépenses d'entretien représentent une part importante des dépenses totales de l'animal : elles sont d'autant plus élevées que le niveau de production est faible : pour l'énergie, elles sont de 30 à 40 % pour des agneaux en engraissement rapide et de 54, 37 et 28 % pour une brebis de poids vif de 60 kg produisant respectivement 1, 2 et 3 kg de lait.

2.1. Principales sources de la dépense énergétique d'entretien

2.1.1. Thermogenèse alimentaire

La dépense énergétique d'entretien d'un ruminant exprimée en énergie métabolisable (E.M.) dépend des caractéristiques de la ration, de sa teneur en constituants membranaires et de son mode de présentation (VERMOREL et al., 1973 et WEBSTER et al., 1976) : elle augmente de 0,6 % quand la teneur en cellulose augmente d'un point (BREIREM, 1953) ou de 0,4 % lorsque la concentration en E.M. diminue d'un point (VAN ES, 1961 et BLAXTER, 1962).

Ces variations peuvent être dues chez les ovins :

- à l'augmentation de la durée de la rumination, la production horaire de chaleur augmente d'environ 60 % (WEBSTER, et al., 1976) pendant la durée du repas et la dépense d'énergie pour l'ingestion serait de $1,21 \text{ kcal/kg P}^{0,75}$ /heure selon les mêmes auteurs;
- à l'augmentation de la chaleur de fermentation dans le rumen qui représente de 2 à 6 % de l'énergie brute ingérée;
- à une modification dans les proportions relatives des produits terminaux de la digestion (JARRIGE et al., 1978) ; l'acide acétique présente une extra chaleur plus élevée.

Pour WEBSTER et al. (1976), l'ingestion, la rumination, la fermentation et la digestion contribuent à environ 25 à 30 % des dépenses énergétiques d'entretien chez les ovins.

7

2.1.2. Activité physique

L'activité physique (outre le maintien du tonus musculaire) représente les déplacements des animaux pour se nourrir ou encore, la position debout par rapport à la position couchée. Chez les ovins, la station debout s'accompagne d'une augmentation des dépenses de 9 % par rapport à la position couchée (JARRIGE et al., 1978).

1-Selon les caractéristiques des déplacements

Chez les ruminants, l'élevage en pâturage surtout extensif occasionne des pertes énergétiques appréciables consécutivement aux déplacements, au broutage et à l'action directe des facteurs climatiques et écologiques; la dépense d'ingestion serait deux fois plus élevée pour l'herbe broutée que pour l'herbe coupée et offerte à l'auge (GRAHAM, 1965).

Les dépenses supplémentaires pour le déplacement augmentent très vite avec la déclivité du terrain (BLAXTER, 1967, ARC, 1980 et LACHICA et al., 1997) (tableau 3 et 4).

Tableau 3 : Dépenses énergétiques au cours du déplacement (BLAXTER, 1967)

Espèces	Poids (kg)	Cal/kg/m/horizontal	cal/kg/m/vertical
Chien	25	0,58	7,3
Ovin	30	0,58	6,4
Homme	70	0,54	6,9
Bovin	450	0,48	-
Cheval	600	0,40	6,8

Tableau 4 : Dépenses énergétiques au cours du déplacement chez la chèvre (ARC ¹, 1980 et LACHICA et al.², 1997)

Déplacement	Dépense énergétique	Dépense énergétique P.V. = 65 kg
Horizontal ²	3,5 J/Kg/m	0,238 MJ/km
Vertical ¹	28 J/Kg/m	0,182 MJ/100 mètres
Debout ¹	10 kJ/Kg/m	0,650 MJ/jour
Changement de position ¹	0,26 kJ/Kg/m	0,017 MJ/changement

L'accroissement total de la dépense d'entretien au pâturage par rapport aux valeurs observées en stabulation entravée est donc variable, il serait au minimum de 20 % dans le cas d'une herbe abondante et de bonne qualité et peut atteindre 60 à 70 %, voire plus, avec une herbe rare (ARC, 1980).

2-Selon la nature du pâturage

WILKINSON et STARK (1987) rapportent pour les caprins une augmentation de 25 % dans le cas d'une bonne herbe et de 50 % dans le cas d'une herbe rare. Chez les ovins, les dépenses énergétiques sont comprises entre 10 et 20 % en pâturage, 30 et 50 % en zone semi-aride et 50 à 80 % en zone aride (MORAND-FEHR et al., 1987).

L'Agricultural and Food Research Council (AFRC)(1997) rapporte des dépenses énergétiques enregistrées chez les chèvres selon la nature des pâturage classique et la déclivité du terrain (tableau 5).

Tableau 5 : Dépenses énergétiques selon la nature du pâturage et la déclivité du terrain chez la chèvre (AFRC, 1997)

Nature	Distance parcourue (m)		Dépense énergétique (MJ/Jour)	Dépense énergétique totale (MJ/J [1])
	Horizontal	Vertical		
Prairie	3000	–	0,68	-
	–	100	0,18	1,36
Pâturage de bonne qualité	5000	-	1,14	-
	-	100	0,18	1,82
Zone aride	20000	-	4,55	-
	-	900	1,64	6,69
Zone montagneuse	20000	-	4,55	-
	-	1500	2,75	7,78

[VERMOREL (1988) pour les vaches, les brebis et les chèvres selon la nature du parcours sont rapportés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Variation des besoins énergétique entretien (UFL/j) selon la nature des parcours (VERMOREL, 1988)

		Vaches (600 kg)	Brebis (60 kg)	Chèvres (60 kg)
En étable ou bergerie		5,0	0,71	0,81
Pâturage	Herbe abondante et de bonne qualité	6,0	0,85	0,97
	Herbe rare et âgée	6,5 à 7,0	0,92 à 1,05	1,05 à 1,2
Parcours en alpage			1,10 à 1,20	

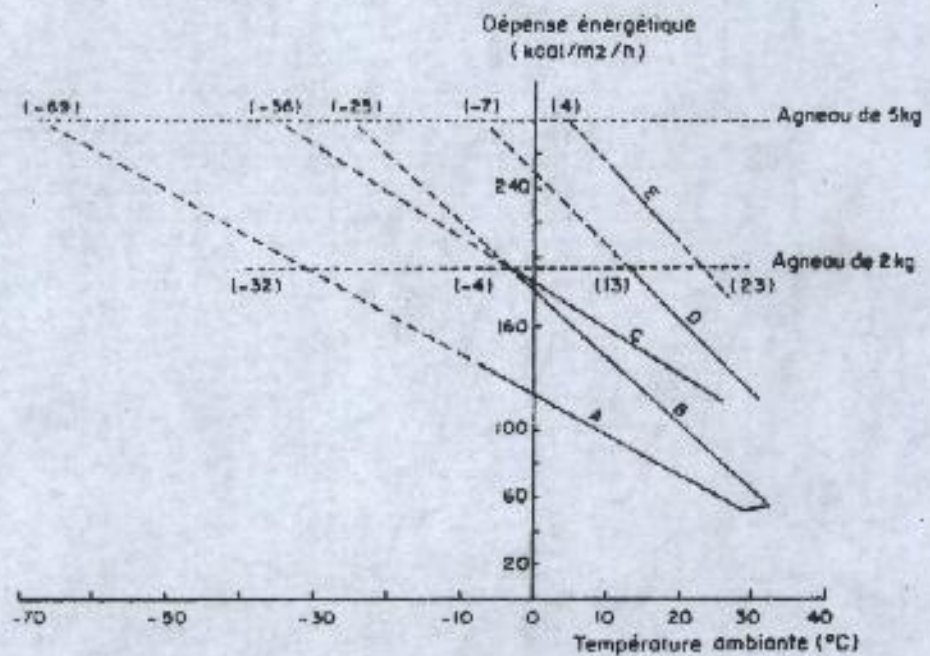


Figure 2 : Variation de la production de chaleur (ou de la dépense énergétique) des agneaux à toison fine en fonction de la température ambiante dans différentes conditions climatiques. Les lignes en tirets correspondent à une extrapolation des résultats expérimentaux. Les lignes en pointillés horizontales correspondent au métabolisme de sommet. Entre parenthèses, les températures minimales que pourraient supporter les agneaux (ALEXANDER, 1961, cité par VERMOREL, 1984) :

- A : agneau sec, air calme
- B : agneau sec, avec vent
- C : agneau mouillé, air calme
- D : agneau mouillé, avec vent
- E : nouveau-né, mouillé avec vent.

2.1.3. Thermorégulation

Les facteurs climatiques influencent également la dépense énergétique d'entretien, ainsi l'exposition à des températures chaudes critiques déclenche l'augmentation des fréquences cardiaques et respiratoires (halètement).

Pour lutter contre le froid et les intempéries, les ruminants sont mieux équipés que les monogastriques, en raison de la forte production d'extra-chaleur lors de l'utilisation digestive et métabolique de leur ration. Chez l'agneau nouveau né, lorsque la température ambiante diminue, la dépense énergétique augmente linéairement (figure 2), chez un agneau sec, placé en air calme, l'accroissement de la dépense énergétique est relativement faible, les pertes étant surtout dues à la conduction et à la radiation : ainsi, à -10°C , la dépense énergétique est le double seulement de celle observée à 30°C . En revanche, le vent augmente fortement les pertes de chaleur en particulier par convection : à la température de -10°C , avec un vent de 20 km/h seulement, la dépense énergétique est quadruplée.

La pluie provoque également une augmentation des dépenses énergétique Elle est du même ordre que celle provoquée par le vent pour les basses températures (figure 2), en raison, d'une part de la réduction de l'isolation thermique de la toison mouillée, et d'autre part de la perte de chaleur correspondant à l'évaporation de l'eau. Le phénomène est intensifié par le vent qui accélère les pertes de chaleur par convection et par évaporation.

Chez un agneau nouveau-né exposé à ces intempéries, la dépense énergétique est encore supérieure (figure 2) : pour des températures de 10°C et 0°C , elle atteint respectivement 5, 6 et 7 fois la dépense énergétique minimale, en raison de l'imprégnation complète de la toison par le liquide amniotique et du mauvais fonctionnement de la vasoconstriction périphérique.

Pour compenser cet accroissement de la thermolyse en température fraîche, l'organisme de l'agneau augmente sa production de chaleur, l'accroissement de la dépense énergétique en fonction de la température ambiante est linéaire, mais la production de chaleur atteint un maximum (le métabolisme de sommet) qui correspond à la limite supérieure du métabolisme énergétique de l'animal. Chez l'agneau exposé au froid, ce maximum est atteint généralement 8 à 10 minutes après la naissance. Il représente 4 à 5 fois la production de chaleur minimale, soit environ 15 fois le métabolisme du fœtus (ALEXANDER, 1962b et EALES et SMALL, 1980). Cependant, le métabolisme de sommet est parfois insuffisant pour compenser la dépense énergétique des agneaux exposés aux intempéries. De plus, il diminue au fil des heures (de 30 % au bout de 5 heures si l'agneau n'ingère pas le colostrum, en raison de l'épuisement des réserves corporelles utilisées comme sources d'énergie, ce qui explique la forte mortalité enregistrée dans ces conditions (VERMOREL et al., 1984)).

Dans les mêmes conditions climatiques défavorables, il existe des différences importantes entre les races (SYKES et al., 1976); le taux de mortalité est quatre fois plus élevé chez les agneaux à toison fine que chez les agneaux à toison poilue : en moyenne 7 contre 2 % par beau temps et 42 contre 10 % dans les conditions climatiques défavorables (PURSER, 1967). Les agneaux de faible poids à la naissance et les agneaux issus des naissances gémeillaires (de plus faible poids que les agneaux simples) sont mal équipés d'où une mortalité élevée (SYKES et al. 1976 et HOUSSIN et BRELURUT, 1980).

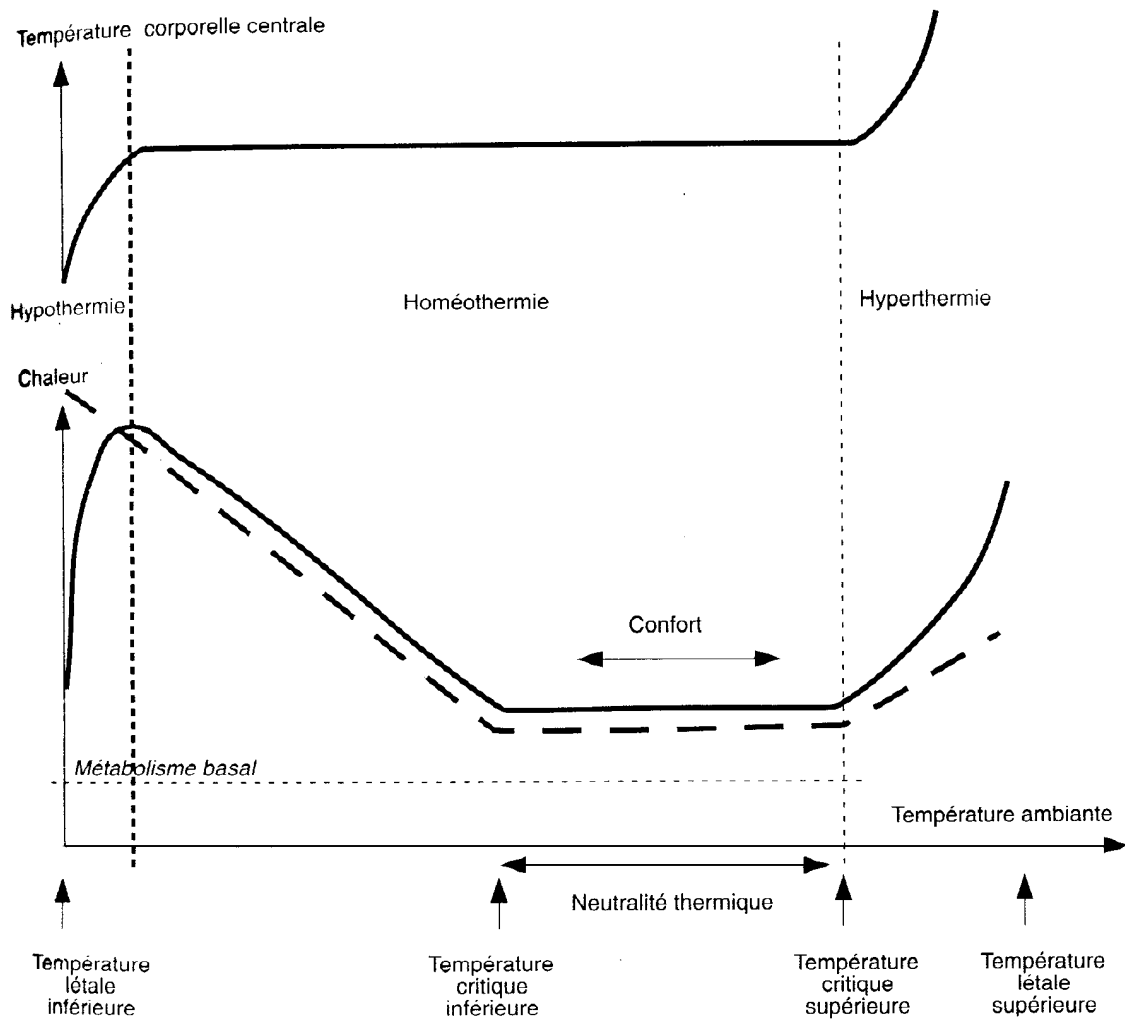


Figure 3 : Schéma simplifié de l'évolution de la thermolyse (en pointillés) et de la thermogenèse avec la température ambiante. La courbe de thermogenèse inclut l'apport de chaleur à l'animal par le milieu extérieur (MORAND-FEHR et DOREAU, 2001)

La figure 3 illustre les échanges thermiques de l'animal en fonction des variations de température.

Dans un intervalle de température ambiante assez large et généralement inférieure à la température corporelle, qui définit la zone d'homéothermie, la production de chaleur (thermogenèse), à laquelle s'ajoute l'apport de chaleur par le milieu extérieur, est en équilibre avec la déperdition de chaleur (thermolyse) (figure 3).

Dans cette zone d'homéothermie, pour un niveau d'ingestion donné, il existe une plage de températures pour lesquelles la production de chaleur est minimale : elle correspond à l'intervalle de neutralité thermique (tableau 7). Pour des températures les plus faibles dans cet intervalle de neutralité thermique, on peut définir subjectivement une zone de confort de l'animal.

Tableau 7 : Quelques valeurs de neutralité thermique (°C), (JACQUOT et al., 1961)

Espèces	Température (°C)	Espèces	Température (°C)
Poule	16 – 25	Pigeon	24 – 25
Cobaye	32 – 33	Chèvre	20 – 28
Oie	18 – 25	Porc	21
Rat	30 – 33	Taureau	15 – 18
Souris	29 – 30	Mouton	13 – 14

Lorsque la température ambiante augmente et que l'apport de chaleur à l'animal par le milieu extérieur devient important, la lutte contre le chaud est plus difficile et la température critique supérieure est atteinte : la production de l'animal (lait, gain de poids) est alors réduite. L'organisme lutte contre l'hyperthermie en éliminant davantage de chaleur, par la vasodilatation sous-cutanée dans un premier temps, mais surtout en augmentant l'évaporation de l'eau au niveau respiratoire. Il réduit aussi sa production de chaleur en adaptant son comportement. Par exemple il réduit ses déplacements : la dépense énergétique liée à l'activité musculaire est donc plus faible. Quand la température s'accroît encore, il s'adapte en réduisant les quantités de matières sèches ingérées (tableau 8). Les pertes de chaleur directement liées aux quantités ingérées (chaleur de fermentation + extra chaleur) sont réduites, de même que celles induites par l'activité masticatoire, elles aussi liées à l'ingestion.

Au-delà d'une certaine température ambiante, le ruminant ne peut plus assurer le maintien de sa température interne; il est considéré en stress de chaleur quand il est exposé à une température ambiante supérieure à la température critique supérieure.

Tableau 8 : Variation de consommation alimentaire chez des ruminants subissant un stress de chaleur (MORAND-FEHR et DOREAU, 2001)

Animaux	Conditions durée	Variations de température °C		Variations d'humidité %		Nature de l'ingéré	Variations de consommation %	Références
		Min.	Max.	Min.	Max.			
Buffle âgé de 15 mois	Contrôlées	21,5	38,5	59	76,5	Fourrage Concentré	- 40 % - 60 %	CAMPOS NETO et al. 1986
Vache	Contrôlées 3 j	15	30	70	70	Énergie	- 31 – 45%	SORENSEN 1985
Bovin croisé race Indienne	Contrôlées 7 j	18,5	37			MS Eau	- 30 % + 60 %	JOSHI 1983
Buffle	Contrôlées 21 j	22	33			MS Eau	- 3 % - 4 %	PEARSON et ARCHIBALD 1990
Bovis Brahman	Contrôlées 21 j	22	33			MS Eau	- 6 % + 12 %	PEARSON et ARCHIBALD 1990
Mouton Hampshire x Targee	Contrôlées 21 j	24	36	70	70	Paille de blé Paille de blé ammoniacal	- 22 % - 24 %	LLAMAS-LAMAS et COMBS 1990
Taurillon 380 kg Holstein	Contrôlées	18	32			Foin de luzerne Eau	- 4 % + 600 %	MARTZ et al. 1990
Jeune Buffle	Contrôlées été-hiver	10-20	23-42			Paille + concentré	- 40 %	NANGIA et GARG 1992
Chèvre Bengali	Contrôlées été-hiver	21,7	29,6			Evert + concentré	- 9 %	GHOSH et al 1993
Chèvre férale Australienne	Contrôlées 2 semaines	25	45			MS Eau	- 64 % + 160 %	DAHLANUDDIN et THWAITES 1993
Brebis Suffolk	Contrôlées 8 j	20	30	70	70	Fourrage + concentré	- 41 %	ACHMADI et al 1994
Chèvre Saanen Brésilienne	Contrôlées 8 j	26	38	49	62	MS Eau	- 1 % + 93 %	BACCARI-JUNIOR et al 1996
Chèvre férale Australienne	Contrôlées 10 j	25	45	35-45	35-45	Luzerne Eau Concentré Eau	- 68 % + 180 % - 21 % + 345 %	DAHLANUDDIN et al. 1996

Inversement quand la température ambiante s'abaisse en dessous de la température critique (le tableau 9 montre quelques températures critiques chez les bovins), les déperditions de chaleur augmentent et l'animal les compense en augmentant la production de chaleur d'abord par un catabolisme partiel des nutriments ingérés, puis par l'utilisation des réserves lipidiques corporelles (VERMOREL, 1982). Ce détournement de l'énergie ingérée pour lutter contre le froid entraîne une diminution de la production de l'animal. Lorsque la production de chaleur de l'animal est maximale et qu'il n'arrive plus à compenser sa perte de chaleur liée au froid, il entre dans la zone d'hypothermie

Tableau 9 : Valeur approximative des températures critiques (°C) pour des animaux bien alimentés, en bonne santé, adaptés à leur milieu et maintenus en air calme et à l'abri de pluie (INRA 1978)

Animal	Température critique (°C)
Veau pré ruminant : • 3 jours • 4 semaines • 2 mois	13 8 3 à 5
Veau d'élevage : 200 kg	- 20
Bovin à l'engrais	- 20 à - 30
Vaches gestantes	- 15 à - 20
Vaches laitières	- 20 à - 30

Ces températures critiques et ces intervalles de températures varient selon les espèces et leur capacité d'adaptation à des situations environnementales variées. La pente de la courbe décrivant la diminution de la thermogénèse quand la température s'abaisse est d'autant plus faible que le ruminant possède une bonne isolation thermique.

Elle sera plus faible chez le mouton possédant une toison épaisse fermée que chez un mouton à toison épaisse ouverte.

3. DEPENSES ENERGETIQUES DE PRODUCTION

Pour les ruminants les dépenses énergétiques de production intéressent la croissance et l'engraissement, la production de lait, de laine, de travail pour les animaux de trait ainsi que les dépenses liées à la gestation.

Nous intéressent plus particulièrement aux dépenses énergétiques de la croissance et l'engraissement, de la production du lait et de la gestation.

Les principaux facteurs de variation de ces dépenses sont consignés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Facteurs de variations des dépenses énergétiques de production

	Viande	Lait	Gestation
Facteurs	-Gain quotidien -Composition du croît -Age -Race	-Quantité du lait produite .Race .Numéro de lactation -Composition du lait .Race .Numéro du jour de lactation	- Poids du fœtus - Poids de l'utérus - Poids des annexes et du liquide amniotique - Glandes mammaires

CHAPITRE 2

MESURE DES DEPENSES ENERGETIQUES ET CALCUL DES BESOINS EN ENERGIE

1. MESURE DES DEPENSES ENERGETIQUES

C'est vers 1778 que LAVOISIER énonce la loi de la conservation des éléments et de l'énergie : il identifie l'oxygène comme le matériau de toute combustion organique et effectue les premières mesures de calorimétrie.

Il montre que la chaleur animale résulte des combustions organiques impliquant carbone, oxygène et hydrogène.

Dans la moitié du XIX^e siècle, DESPRETZ (1824) et DULONG (1841) établissent séparément que tout volume d'O₂ en excès du CO₂ produit est utilisé pour oxyder l'hydrogène. Ils fabriquent les premières chambres calorimétriques.

En 1842, MEYER démontre la première loi de la thermodynamique « *l'énergie ne peut être ni créée ni détruite, seule sa forme peut être modifiée* ». À cette époque, la loi « de la constance de la chaleur émise » est formulée : « *La chaleur libérée par une succession de réactions chimiques ne dépend que du produit initial et du produit final, elle est totalement indépendante du nombre de réactions entre ces deux termes* ».

En 1849, RIESET et REGNAULT décrivent la première chambre de calorimétrie indirecte à circuit fermé pour petits animaux avec mesure du seul O₂, le CO₂ étant absorbé par l'hydroxyde de potassium. D'ARSONVAL, en 1886, construit la première chambre de calorimétrie directe adiabatique. HOLMAN, en 1895, utilise la première bombe calorimétrique et détermine la quantité de chaleur produite par gramme de protéines, de lipides et de glucides (ou de mélanges). RUBNER, en 1902, suggère que la quantité de chaleur produite « in vivo » par les glucides et les lipides est sensiblement la même que « in vitro ». Il fabrique la première chambre de calorimétrie directe « étanche » isotherme.

Ainsi, à l'aube du XX^e siècle, les grands principes, les différents systèmes et les premières mesures de dépenses énergétiques de repas ou liées au repas sont acquis. LEFEVRE en 1911 résume les grands principes de la calorimétrie indirecte.

Les premières mesures à l'aide de système portable furent faites entre 1900 et 1904 par TISSOT. Ces systèmes étaient des systèmes en circuit fermé : c'est le calorimètre respiratoire d'ATWATER et de BENEDICT (1902), il a été utilisé pour des études d'alimentation et de nutrition (WAINMAN et BLAXER, 1958; ALEXANDER, 1961; GRAHAM, 1962).

Après 1945, avec l'introduction de l'électronique et des systèmes automatiques, interviennent de nouveaux progrès, qui réforment beaucoup plus la pratique, la faisabilité des mesures de dépenses énergétiques par calorimétrie indirecte qu'ils modifient la théorie. Des chambres de calorimétrie ont été décrites pour le rat (TOBIN et HERVEY, 1984), les oiseaux (LUNDY et al. 1977), le bétail (THORBEC et NEERGOARD, 1970; VERMOREL et al., 1973) et pour l'homme (DAUNCEY et al. 1978; JEQUIER et SCHUTZ, 1983).

Le calcul de la production de chaleur par animal à partir des échanges respiratoires est alors réalisé selon la formule proposée par la fédération européenne de zootechnie.

$$Q = a O_2 + b CO_2 - c N - d CH_4$$

O₂, CO₂, CH₄ en litres,
N : azote urinaire en grammes.

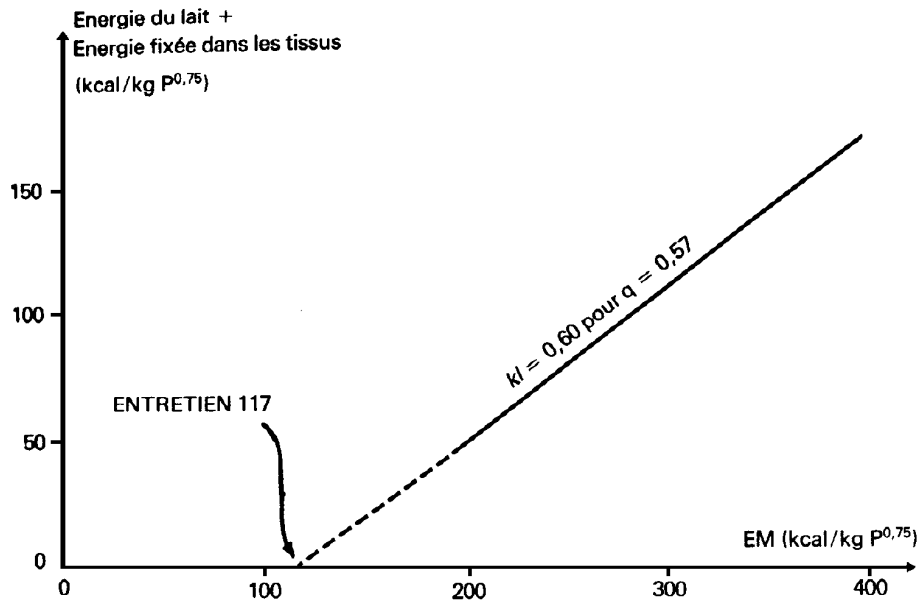
Le tableau 11 rapporte les valeurs des différents coefficients.

Tableau 11 : Valeur des coefficients (F.E.Z. cité par VERMOREL et al., 1973)

	a	b	C	d	Auteurs
Homme	3,941	1,106	2,170	-	WEIR (1949)
Homme	3,941	1,106	2,130	-	Boyd (1954)
Bovin adulte	3,869	1,195	1,419	0,516	Brouwer (1958)
Bovin adulte	3,841	1,250	1,260	-	Hoffman (1958)
Bovin	3,841	1,250	1,257	0,573	Schiemann (1958)
Ruminant adulte	3,815	1,232	1,419	0,578	Haannah Institute (1961)
Bovin non sevré	3,998	1,026	1,602	-	Haannah Institute (1961)

Toutes ces méthodes impliquent deux contraintes, la mesure fréquente des gaz et le confinement de l'animal. Aucune ne permet dans des conditions satisfaisantes la mesure de la dépense énergétique au cours de la vie courante. L'approche de cette situation est actuellement rendue possible par les mesures d'élimination d'isotopes stables (non radioactif) de l' O₂ et l' H₂ : c'est la méthode de l'eau doublement marquée par ²H₂ et ¹⁸O, soit ²H₂¹⁸O (ROBELIN, 1973; CHIGARU et TOPPS, 1981; RICHARD, 1988; SCHMIDLY et al., 1989).

Figure 4 : Détermination du rendement (kl) de l'énergie métabolisable (EM) pour la lactation et du besoin d'entretien de la vache laitière, d'après les données de VAN ES (1975) cité par VERMOREL (1978).



2. CALCUL DES BESOINS ENERGETIQUES D'ENTRETIEN

Ils sont exprimés habituellement en énergie métabolisable correspondant à une rétention énergétique nulle. VAN ES (1975), sur 1150 données bibliographiques, le calcule par une relation linéaire entre la quantité totale d'énergie fixée dans le lait ou dans l'organisme et les quantités d'énergies métabolisables ingérées (figure 4).

En règle générale, chez les ruminants, les besoins varient de 110 % du métabolisme de base pour l'animal en stabulation entravée, à 130 % pour l'animal au pâturage et même à 160 % pour les caprins exploités sur terrains accidentés.

Ces besoins d'entretien augmentent légèrement avec la production, chez la vache en lactation. Cette augmentation est de 10 à 15 % (SCHIEMAAN et al., 1974 ; HOFFMANN et al., 1974 ; VAN ES, 1975 ; VERMOREL, 1978 ; TYRRELL, 1980 ; MOE, 1981 ; VERMOREL et al., 1982) (tableau 12); ceci pourrait résulter des dépenses supplémentaires liées à l'accroissement des activités ingestives, digestives et métaboliques pendant la lactation, qui s'accompagnent d'une hypertrophie de certains organes (SMITH et BALDWIN, 1974; CANAS et al., 1982). Cependant, CHILLIARD et al. (1983) indiquent que les besoins d'entretien sont assez peu variables en moyenne.

L'analyse des données bibliographiques rapportées dans le tableau 12 montre que les besoins d'entretien sont plus variable pour les caprins CV=18.7% que pour les ovins et pour les bovins : cv respectivement de 13.8 et 8.2. En revanche, ces besoins ramenés au Kg de poids métabolique sont plus faibles pour les caprins : 78 Kcal contre 93 et 118 pour les ovins et pour les bovins.

Pour déterminer les besoins d'entretien chez un ovin adulte en stabulation entravée, l'A.R.C. (1980) propose sur la base du poids vif de l'animal (PV en kg) l'équation :

$$EM \text{ (MJ/j)} = 0,226 \left(\frac{PV}{1,08} \right)^{0,75} + 0,0106 PV$$

alors que NAS(1975) et l'INRA (1978) proposent une valeur de 95 kcal d'EM/kg P^{0,75}.

En situation de pâturage et de terrains difficiles, ces besoins d'entretien sont augmentés de 20 à 80% (INRA, 1978 ; ARC, 1980 et AFRC, 1997, tableaux 4 et 5).

Tableau 12 : Besoins d'entretien en kcal/kg P0,75 chez les caprins, bovins et ovins rapportés par Sauviant et Morand-Fehr, 1996(1) et complété par nous mêmes(2).

	Caprins		Bovins		Ovins	
	kcal/kg P0,75		kcal/kg P0,75		kcal/kg P0,75	
MORGEN et al., 1906 [C] (1)	96,4		NRC, 1966(2)	102,2	GRAHAM, 1964(2)	90
ORR, 1923 [C] (1)	73,5		MOE et al., 1971(2)	118,3	ORSKOY et DONALD, 1970(2)	96
RITZMAN et al., 1936 [C] (1)	50,7		HOFFMANN et al., 1974 [VL](2)	113	JAGUSH et COOP, 1971(2)	90
BRODY, 1945 [C] (1)	89,1		HOFFMANN et al., 1974 [VT](2)	109	RATTRAY et al., 1973(2)	103,2
MAJUMBAR, 1960 [C] (1)	96,7		SCHIEMANN et al., 1974 [VL](2)	113	RATTRAY et al., 1973(2)	98,3
MITCHEL, 1962 [C] (1)	75		SCHIEMANN et al., 1974 [VT](2)	109	BULL et al., 1974(2)	86
ARMSTRONG et BLAXTER, 1964 [C] (1)	52,2		VAN ES., 1975 [VT](2)	105	BULL et al., 1974(2)	88
DEVENDRA, 1967 [F] (1)	63,2		VAN ES., 1975 [VL](2)	117	RATTRAY et al., 1974(2)	127,6
OPSTVEDT, 1967 [F] (1)	91,3		GEAY et al., 1976 [M](2)	110	VERMOREL et al., 1974(2)	96
STOHMANN et al., 1968 [F] (1)	79,2		TYRRELL et al., 1976 [VL](2)	113	VERMOREL et al., 1974(2)	86
FUJIHARA et al., 1973 [F] (1)	85,2		VERMOREL., 1978 [VL](2)	122	BICKEL et DURRER, 1978(2)	72,6
AKINSOYINU, 1974 [F] (1)	67,6		THORBEK et HENCKEL, 1978(2)	109,3	TISSIER et THERIEZ, 1978(2)	95
SKJEVDAL, 1974 [F] (1)	84,2		A.F.C., 1980 [BA](2)	87	A.R.C., 1980 [BA](2)	84
SAUVANT et MORAND-FEHR, 1977[F](1)	78,4		TYRRELL, 1980 [VL](2)	122		
ITOH et al., 1975 [C] (1)	61,9		TYRRELL, 1980 [VT](2)	114		
RAJPOOT et al., 1978 [F] (1)	73,8		MOE, 1981 [VT](2)	100		
SINGH et SENGAR, 1978 [F] (1)	82		MOE, 1981 [VL](2)	122		
MOHAMMED et OWEN 1980 [F] (1)	75,6		VERMOREL et al., 1982 [VL](2)	122		
MOHAMMED et OWEN 1980 [F] (1)	72,5					
RAJPOOT et al., 1981 [F] (1)	61,5					
GIGER et al., 1987 [F] (1)	83,9					
AGUILERA et al., 1990 (2)	95,9					
PRIETO et al., (1990) (2)	105,9					
Moyenne ± ET	78,07 ± 14,43		Moyenne ± ET	118,1 ± 9,71	Moyenne ± ET	93,28 ± 12,67

[C] : mesure par calorimétrie

[F] : mesure par essai d'alimentation

[VL] : Vache en lactation

[VT] : Vache tarie

[BA] : Bovin à l'engrais

[C] : Génisses

[M] : Mâle

CALCUL DES BESOINS DE PRODUCTION

Dans ce chapitre nous insisterons plus particulièrement sur les besoins de gestation et de production laitière.

3.1. Evaluation des besoins de gestation

La dépense énergétique de gestation correspond à l'énergie fixée par le ou les fœtus, le placenta, les enveloppes, la paroi utérine et les glandes mammaires et au métabolisme du fœtus des tissus ou organes.

3.1.1. Evolution du poids du fœtus

La durée de gestation chez la brebis varie d'environ 140 à 155 jours selon le génotype et la prolificité (VILLETTE – HOUSSIN et BRELURUT, 1980).

Chaque portée comprend classiquement de 1 à 3 agneaux dont le poids individuel des agneaux varie de 2,5 à 5,0 kg (chez les animaux viables) selon le nombre de fœtus et le format de la mère (VILLETTE – HOUSSIN et THERIEZ, 1982). Ce poids représente 4,5 à 6,0 % du poids de la brebis (ROBELIN et al., 1982).

Les différents stades de développement de l'œuf des ovidés de la fécondation à la nidation sont rapportés par ARTHUR (1971) (tableau 13).

Tableau 13 : Chronologie des différents stades de développement de l'œuf des ovidés de la fécondation à la nidation (ARTHUR, 1971)

Temps de gestation (jours)	Stade de développement
0 J	Fécondation
12 J	Allongement du blastocyte ; le blastocyte a la forme d'un long fil de 25 cm de long, 1-2 mm de diamètre, légèrement renflé à ses deux extrémités et portant en son centre le bouton embryonnaire (1mm de diamètre).
16 J	La nécrose des deux extrémités crée un raccourcissement du blastocyte à amnios fermé. Chorion villosité diffus : maturation et début de fixation de l'œuf. Apparition de cellules binuclées dans le chorion.
16-18 J	Nidation chez la brebis.
21 J	Nidation chez la chèvre.
30 J	Disparition du chorion villosité diffus au profit de la formation des cotylédons. Structure syndesmochoriale.

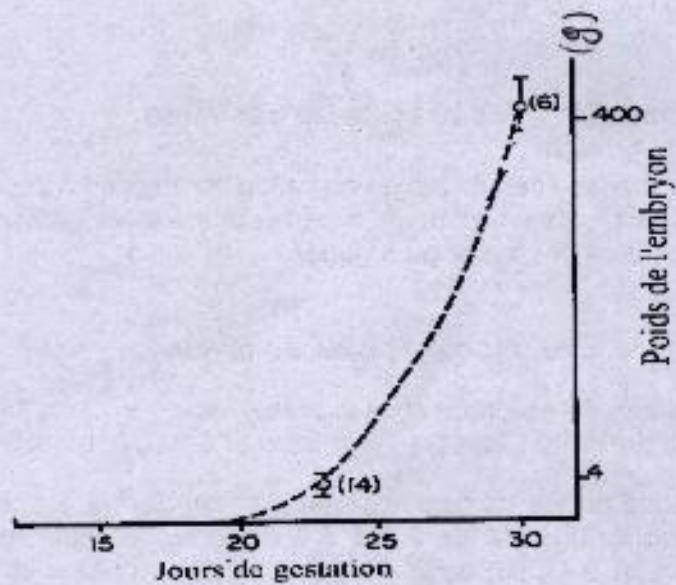


Figure 5 : Variation du poids de l'embryon chez les ovins entre 15 et 30 jours (NICOLE - CHENE et al., 1988).

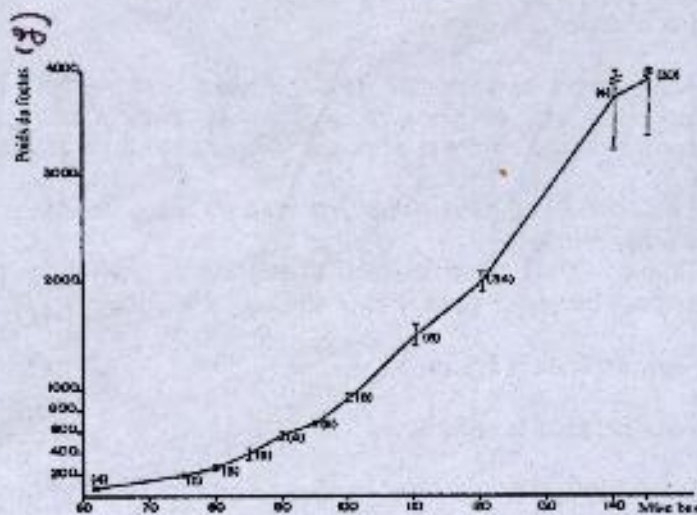


Figure 6 : Variation du poids du fœtus chez la brebis de race Préalpes du Sud de 60 jours de gestation à l'agnelage (NICOLE - CHENE et al., 1988).

La croissance pondérale durant cette période est négligeable (NICOLE-CHENE et al., 1988) (Figure 5). Ce n'est qu'au cours des dernières semaines de gestation que le gain de poids des fœtus est élevé; il est en moyenne de 55 ; 88 et 103 g/J (JARRIGE et al., 1978) et de 100, 170 et 215 g/J (VERMOREL, 1988) pour 1, 2 et 3 agneaux (tableau 14).

Tableau 14 : Quantités approximatives d'énergie, protéines, lipides, calcium et phosphore fixées au cours de la gestation dans l'utérus gravide (fœtus, enveloppes, liquide fœtaux + utérus) (JARRIGE et al., 1978)

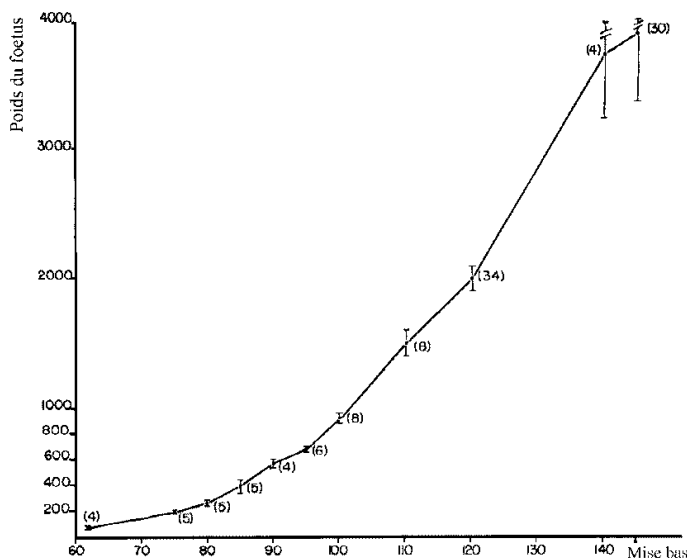
		Croît fœtus (g/j)	Quantités fixées dans l'utérus gravide / J				
			Energie (kcal)	Protéines (g)	Lipides (g)	Ca (g)	P (g)
Agneau simple 4,5 kg	Quantité totale fixée		6190	844	151	50	31
	- 0,5 mois	91	144	19,45	3,71	1,15	0,63
	- 1 mois	64	85	11,76	2,03	0,69	0,43
	- 1,5 mois	41	45	6,35	0,96	0,37	0,24
	- 2 mois	24	21	3,03	0,40	0,17	0,12
Agneaux doubles 2 x 3,6 = 7,2 kg	Quantité totale fixée		9900	1350	242	79	44
	- 0,5 mois	146	217	28,54	6,02	2,13	1,17
	- 1 mois	102	128	17,20	3,26	1,27	0,73
	- 1,5 mois	66	68	9,38	1,57	0,69	0,41
	- 2 mois	38	31	4,41	0,64	0,32	0,20
Agneaux triples 3 x 2,8 = 8,4 kg	Quantité totale fixée		11550	1575	284	92	57
	- 0,5 mois	170	266	34,74	7,56	2,60	1,41
	- 1 mois	119	157	21,00	4,11	1,56	0,88
	- 1,5 mois	77	83	11,44	1,98	0,84	0,50
	- 2 mois	45	39	5,45	0,81	0,39	0,25

Le graphe 6 rapporte l'évolution du poids du fœtus au cours des trois derniers mois de gestation chez la brebis de race Préalpes du Sud (NICOLE-CHENE et al., 1988).

La croissance des différents tissus durant la période périnéale est rapportée au tableau 15; ces données résultent d'une synthèse des résultats de WALLACE (1948), BENEVENT (1971), VEZINHET et al., (1974) et BROAD et DAVIES (1980) rapportée par ROBELIN et al., (1984).

vide
préc
dura
périnat
g/kg de

Tableau



plus rapide que celle du poids
1,20 selon les auteurs cités
s'accroît de 283 à 312 g/kg

ès rapide durant la période
la proportion passe de 24 à 41

naissance ; valeurs calculées
(71), BROAD et DAVIES (1980)

Âge (j)			
Poids vif			+ 25
			10,0
Muscle			354
Squelette	130	130	118
Dépôts adipeux	14	16	87
Peau	152	156	132
Tractus digestif vide	16	24	41

La croissance du squelette est rapide durant la fin de la gestation et plus lente après la naissance. La proportion du squelette passe par une valeur maximale au moment de la naissance.

Les dépôts adipeux sont différenciés dès l'âge de 80 jours de gestation (BROAD et DAVIES, 1980) ; leur croissance reste très lente durant la vie fœtale et dépend du niveau alimentaire (ALEXANDER, 1978). De 16 g/kg de poids vif vide à la naissance, ils représentent 87 g/kg de poids vif vide chez les animaux âgés de 25 jours (tableau 15). La croissance est particulièrement rapide dans les dépôts sous-cutanés qui, quasiment inexistant à la naissance, représentent le tiers de la masse adipeuse totale 25 jours après (VEZINHET et al., 1974).

L'évolution de la composition chimique du corps vide au voisinage de la naissance est rapportée au tableau 16. Celle de la proportion de lipides ressemble à celle des dépôts adipeux. Elle reste pratiquement stable durant la fin de gestation, aux alentours de 24 à 30 g/kg de poids vide (ALEXANDER, 1978 ; MC DONALD et al., 1979) ; elle est multipliée par 4 durant les 35 jours qui suivent la naissance.

La composition de la masse délipidée évolue très rapidement durant la période périnatale; la proportion d'eau décroît de 846 à 771 g/kg de masse délipidée tandis que la proportion de protéines s'accroît de 112 à 189 g/kg.

Tableau 16 : Composition chimique des agneaux au voisinage de la naissance (ROBELIN et al., 1977 ; VILLETTE-HOUSSIN et AUROUSSEAU, 1981 ; VILLETTE-HOUSSIN, résultats non publiés) cités par ROBELIN et al, 1984

Âge (j)	- 25	- 12	- 2	0	+ 7	+ 35
Nombre d'animaux	4	4	3	16	5	5
Race	Ile de France			Croisement		
Poids vif	1,9	3,2	4,0	3,6	4,9	11,5
Composition chimique en g/kg poids vif vide						
Eau	821	804	781	765	739	689
Lipides	-	-	-	-	63	116
Protéines	109	125	148	167	163	167
Minéraux	32	34	40	39	35	32
Energie (Kcal/g)	0,85	0,94	1,05	1,19	1,43	1,99
Composition chimique en g/kg masse délipidée (poids vif vide-lipides)*						
Eau	846	829	805	789	789	771
Protéines	112	129	153	172	174	189
Minéraux	33	35	41	40	37	36

* Pour les fœtus et agneaux nouveaux-nés, les calculs ont été effectués en supposant une teneur en lipides de 30 g/kg poids vif vide (ALEXANDER, 1978)

3.1.2. Modèles d'évaluation des besoins de gestation (HUTCHINGS, 1997)

Ils résultent de l'évaluation respective des poids de la mère, de la conception, du placenta, du liquide amniotique, et poids additionnel du fœtus et des glandes mammaires

3.1.2.1. Évaluation du poids vif (en kg) de la brebis à jeun et sans fœtus (Met)

$$\text{Met} = \text{Mn} + \text{Mpl.t} + \text{Mft.t} + \text{Mu.t} + \text{Mg.t} \quad [1]$$

t = est le temps de mesure en jours,

Mn = poids vif (en kg) de la brebis non gestante,

Mpl.t, Mft.t, Mu.t et Mg.t sont respectivement le poids du placenta, du liquide amniotique, le poids complémentaire de l'utérus et des glandes mammaires (en kg).

3.1.2.2. Évaluation du poids de la conception (Mf.t)

Le poids de la conception est donné par les équations de ROBINSON et al. (1977) et GEISLER et JONES (1979).

Le poids du fœtus en kg (Mf.t) est donné par l'expression :

$$Mf.t = Mf.T \times \exp(2,42 - 17,6 \times \exp(-0,0198 \times t) - 79 \times 10^{-5} \times N + 0,0046 \times Mn/5,3) \quad [2]$$

où Mf.t est le poids de l'agneau à la naissance, N est le nombre d'agneau né et Mf.T est donné par l'expression :

$$Mf.T = \exp(0,0046 \times Mn + 1,34) \quad [3]$$

3.1.2.3. Évaluation du poids du placenta (Mpl.t)

Le poids du placenta est donné par l'expression :

$$Mpl.t = Mf.T \times \exp(-0,387 - 245 \times \exp(-0,1 \times t) - 0,119 \times N/5,3) \quad [4]$$

3.1.2.4. Évaluation du poids du liquide amniotique (Mft.t)

Le poids du liquide amniotique est donné par l'expression :

$$Mft.t = Mf.T \times \exp(-11,5 + 0,326 \times t - 0,0032 \times t^2 + 10,2 \times 10^{-6} \times t^3)/5,3 \quad [5]$$

3.1.2.5. Évaluation du poids additionnel de l'utérus (Mu.t)

Le poids additionnel de l'utérus est donné par l'expression :

$$Mu.t = Mf.T \times \exp(1,56 - 3,73 \times \exp(-0,0038 \times t) + 0,094 \times N + 0,0099 \times Mn)/5,3 - Mu.n \quad [6]$$

où Mu.n est le poids en kg de l'utérus de la brebis non gravide.

3.1.2.6. Évaluation du poids additionnel des glandes Mammaires (Mg.t)

Le poids additionnel des glandes mammaires de la brebis gestante est mesuré à partir du 100^e jour selon l'expression de MELLOR et MURRAY (1985). Pour un temps inférieur à 100 jours le Mg.t est nul.

$$Mg.t = Mf.T \times (1,73 - 0,037 \times t + 0,0002 \times t^2) \quad [7]$$

3.1.3. Modèles d'évaluation de l'énergie

3.1.3.1. Évaluation des besoins de la brebis gravide exprimés en énergie métabolisable (Rp; MJ)

Le besoin en énergie métabolisable de la brebis gravide est donné par l'expression :

$$R_p = \sum_{t=1}^T (E_{m.t} / k_m) + (E_c + E_g) / k_p \quad [8]$$

où T est la durée de gestation en jours; $E_{m.t}$ est les besoins d'énergie d'entretien par jour à un temps t, exprimé en (MJ), k_m est le rendement de l'énergie métabolisable pour l'entretien ; E_c et E_g sont l'énergie métabolisable de conception et des glandes mammaires à terme exprimés en (MJ)

3.1.3.1.1. Évaluation des besoins énergétique d'entretien $E_{m.t}$

Les besoins d'entretien en énergie couvrant les besoins d'entretien de la brebis et du fœtus sont évalués par l'expression donnée par l'AFRC (1993).

$$E_{m.t} = 0,23 \times (M_{e.t}^{0,75} + M_{f.t}^{0,75}) + 0,054 \times (M_{e.t} + M_{f.t}) \quad [9]$$

3.1.3.1.2. Évaluation des besoins énergétique de conception (E_c)

Les besoins de conception en énergie à terme sont donnés par l'équation de LANGLANDS et SUTHERLAND (1968).

$$E_c = 4,8 \times M_{f.t} \quad [10]$$

3.1.3.1.3. Évaluation des besoins énergétique des Glandes mammaires (E_g)

Les besoins énergétiques des glandes mammaires à terme sont obtenus par la multiplication de l'équation [7] et la concentration énergétique des glandes mammaires à terme (égale à 11 MJ/kg, RATTRAY et al. (1974b).

$$E_g = 11 \times M_{f.t}$$

3.1.3.1.4. Le rendement énergétique métabolisable pour l'entretien et la croissance

3.1.3.1.4.1. Rendement énergétique métabolisable pour l'entretien (km)

Le rendement énergétique (k_m) pour l'entretien est donné par l'expression de AFRC (1993) :

$$k_m = 0,35 \times q_m + 0,503 \quad [11]$$

où q_m est la concentration de l'énergie métabolisable de l'aliment.

3.1.3.1.4.2. Rendement énergétique métabolisable pour la croissance des produits de conception (k_p).

Le rendement énergétique pour la croissance des produits de conception est donné par l'expression de l'AFRC (1993) :

$$k_p = 0,78 \times q_m + 0,006 \quad [12]$$

3.1.3.1.4.3. Rendement énergétique métabolisable pour la croissance des produits de conception et de l'entretien de la brebis (k_c)

Le rendement de l'énergie métabolisable pour la croissance des produits de conception et de l'entretien de la brebis gravide est donné par l'expression :

$$k_c = E_c / (R_p - E_{m,n}) \quad [13]$$

$E_{m,n}$: sont les besoins d'énergie de la brebis tarie, calculés pour une période équivalente à la durée de gestation et évalués selon la formule proposée par l'AFRC (1993).

Tableau 17 : Efficacité de l'utilisation de l'énergie métabolisable (EM)

Auteurs	EM pour la gestation (%)	Auteurs	EM (%) pour la P.L.	Auteurs	EM des tiens pour la P.L. (%)
GRAHAM (1964)	13,00	GRAHAM (1964) (O)	60	HOFFMANN et al. (1974) (B)	81
LANGLANDS et SUTHERLANDS (1968)	13,00	HOFFMANN et al. (1974) (B)	64	SCHIEMANN et al. (1974) (B)	81
[1] SYKES et FIELD (1972) (O)	13,00	SCHIEMANN et al. (1974) (B)	64	VAN Es (1975) (B)	80
[2] SYKES et FIELD (1972) (O)	19,00	MOE et TYRELL (1974) (B)	65	VERMOREL (1978) (B)	80
MOE et al., (1970)	13,00	VAN Es (1975) (B)	60	ARC (1980) (B)	80
MOE et TYRELL (1973)	17,50	GARRET et al. (1976) (O)	66	TYRELL (1980) (B)	84
[1] RATTRAY et al. (1973) (O)	13,60	VERMOREL (1978) (B)	60	MOE (1981) (B)	84
[1] RATTRAY et al. (1973) (O)	12,50	ARC (1980) (B)	62	VERMOREL et al. (1982) (B)	80
[2] RATTRAY et al. (1973) (O)	17,50	TYRELL (1980) (B)	60	SUTTON et al. (1991) (B)	81
[2] RATTRAY et al. (1973) (O)	16,00	MOE (1981) (B)	64	BEEVER et al. (1998) (B)	86
[2] RATTRAY et al. (1974) (O)	16,00	VERMOREL (1982) (B)	60	CAMMELL et al. (2000) (B)	87
[1] RATTRAY et al. (1974) (O)	12,60	SUTTON et al. (1991) (B)	67	SUTTER et BEEVER (2000) (B)	87
[2] RATTRAY et al. (1974) (O)	24,10	BEEVER et al. (1998) (B)	69		
[1] RATTRAY et al. (1974) (O)	12,80	CAMMELL et al. (2000) (B)	62		
[1] RATTRAY et al. (1974) (O)	12,20	SUTTER et BEEVER (2000) (B)	61		
FINLAYSON et al. (1975) (B)	13,00				
GARRET et al. (1976) (B)	12,30				
GARRET et al. (1976) (B)	11,80				
VERMOREL (1978) (B)	13,00				
GEISLER et JONES (1979) (B)	13,00				
ARC (1980) (B)	13,00				
ARC (1980) (O)	13,30				
CSIRO (1990) (B)	13,00				
AFRC (1993) (B)	13,00				
HUTCHING (1997) (O)	15,00				
Moyenne \pm ET	14,25 \pm 2,78		62,93 \pm 2,91		82,38 \pm 2,484

(O) : Ovin ; (B) : Bovin ; PL : Production laitière

[1] Conception (fœtus, liquide et enveloppe) ; [2] : gestation (utérus gravide, développement glande mammaire)

3.1.3.2. Calcul des besoins totaux en énergie des brebis gravides

Les besoins totaux (R_p) en énergie métabolisable des brebis gestantes sont calculés par l'expression donnée par l'AFRC (1993) :

$$R_p = \sum_{t=1}^T (E_{m,t} / k_m) + E_c / k_c$$

Où $k_c = 0,13$.

Le rendement de l'énergie métabolisable obtenu par ce modèle est en moyenne égale à $15,00\% \pm 0,03\%$, sur une compilation de 5 valeurs (HUTCHINGS, 1997). Cette valeur est comparable à la moyenne rapportée par la littérature ($14,25\% \pm 2,78\%$) (Tableau 17).

RATTRAY et al. (1974) ont évalué le rendement de l'énergie métabolisable de gestation selon deux méthodes :

◇ **Méthode 1** : ils ont évalué le rendement de l'énergie métabolisable de gestation (utérus gravide + glande mammaire), de conception (foetus, liquide amniotique et enveloppe).

◇ **Méthode 2** : ils ont évalué le rendement de l'énergie métabolisable durant la gestation par une équation multiple de régression. Ils estiment séparément le coût de l'EM de gestation (l'énergie du gain du foetus, des enveloppes, liquide amniotique, utérus et glandes mammaires), l'énergie retenue dans la conception (foetus, enveloppes et liquides amniotiques) et l'énergie retenue dans le foetus, trois modèles d'équation ont été proposés :

- Modèle 1 : $EMI = a + b P^{0,75} + c EG + d \text{ gestation}$

- Modèle 2 : $EMI = a + c EG + d \text{ gestation}$

- Modèle 3 : $EMI/P^{0,75} = a + c EG/P^{0,75} + d \text{ gestation}/P^{0,75}$

EMI est l'énergie retenue sont exprimées en kcal/j.

$P^{0,75}$ = Poids métabolique ; c : coefficient de régression représentant le coût énergétique du gain naturel; d : coût énergétique des différents facteurs de gestation ; EG : ensemble du gain maternel (non inclus les différents facteurs de gestation). Dans le modèle 2 et 3, a représente les besoins d'entretien de la mère et, dans le modèle 1, b représente un facteur des besoins d'entretien de la mère (MOE, TYRRELL et FLATT, 1970).

Le rendement de l'énergie obtenu par la 1^{ère} méthode est de $16,1 \pm 2,0\%$ pour la gestation et de $12,3 \pm 2,2\%$ pour la conception. Pour la 2^e méthode, le rendement de l'EM est de $24,1 \pm 6,7\%$, $12,8 \pm 2,5\%$ et $12,2 \pm 2,4\%$ respectivement pour la gestation, la conception et le foetus.

Les valeurs obtenues pour la conception et le fœtus sont comparables à celles rapportées par GRAHAM (1964), LANGLANDS et SUTHERLAND (1968), MOE et al. (1970), SYKES et FIELDS (1972), RATRAY et al. (1974), Cependant, le rendement de l'EM pour la gestation est plus élevé.

L'énergie contenue dans les différents tissus pendant la gestation est rapportée au tableau 14 et 18.

Valeurs comparables à celles rapportées par LANGLAND et SUTHERLAND, 1968.

Tableau 18 : Énergie contenue dans les différents tissus (RATRAY et al., 1974)

Tissus	Nombre d'échantillons	Énergie en kcal/g MO
Fœtus à 70 jours	13	5,75 ± 0,017
Fœtus à 100 jours	20	5,96 ± 0,026
Fœtus à 125 jours	35	5,55 ± 0,015
Fœtus à 125 jours (Fœtus gras)	4	9,34 ± 0,021 kcal/g de M.G.
Enveloppes	30	5,86 ± 0,017
Liquide amniotique, 70 jours	7	5,62 ± 0,073
Liquide amniotique, 100 jours	8	5,38 ± 0,034
Liquide amniotique, 125 jours	8	5,10 ± 0,020
Liquide amniotique, 140 jours	7	5,01 ± 0,010
Utérus	30	5,44 ± 0,011 kcal/g de M.S.
Glande mammaire	30	5,67 ± 0,030 kcal/g de M.S.
Glande mammaire « gras »	8	9,20 ± 0,028 kcal/g de M.G.

3.2. Évaluation des besoins pour la production laitière

Le tissu sécréteur de la mamelle se développe à la fin de la gestation et commence à sécréter le colostrum au cours des derniers jours.

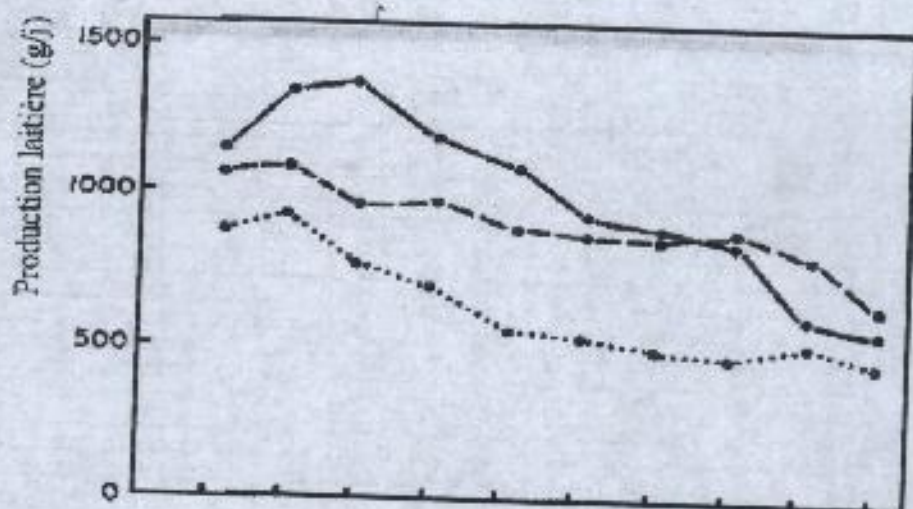


Figure 7 : Evolution de la production laitière chez la brebis (OWEN, 1976)

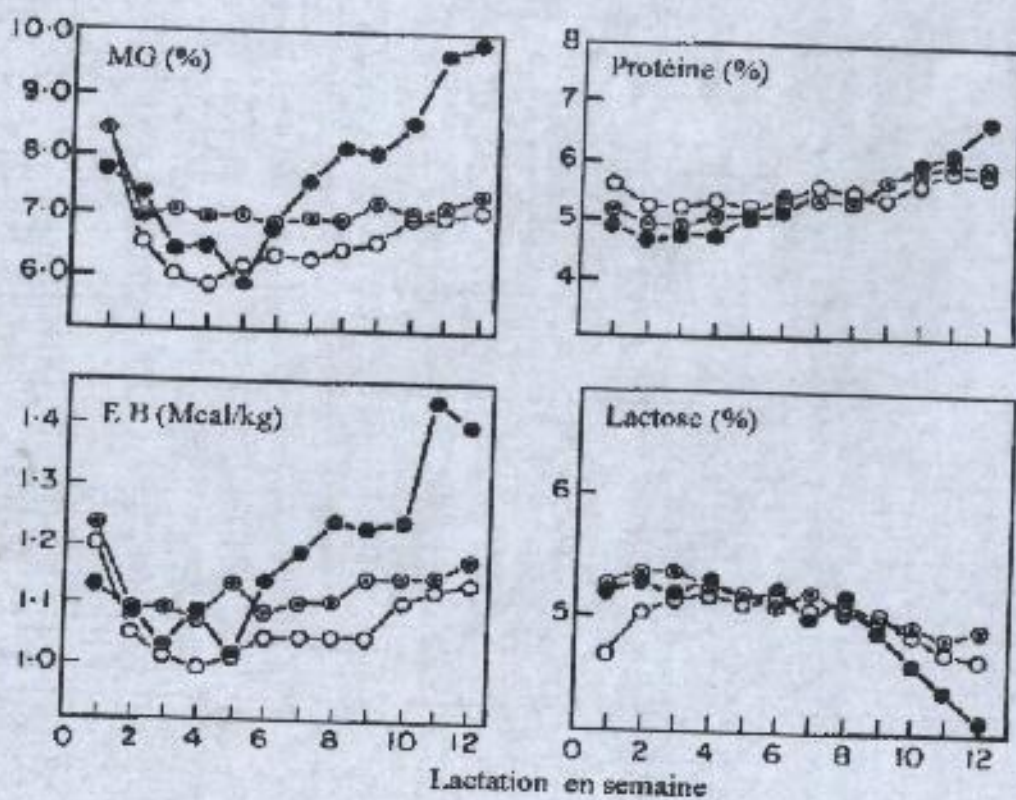


Figure 8 : Effet du stade de lactation sur la composition chimique du lait de Brebis ● Triplet ⊙ double ○ simple (OWEN, 1976)

Dès la mise bas et l'évacuation du colostrum, il entre en plein fonctionnement et atteint son maximum en quelques semaines. La mamelle prélève dans le sang les nutriments nécessaires pour fabriquer les constituants du lait : du glucose, lactose, des acides aminés pour les protéines, de l'acétate, du butyrate et des acides gras pour les matières grasses. Elle prélève aussi de l'eau et des matières minérales. En pleine lactation, il passe environ 400 litres de sang au travers de la mamelle par litre de lait produit chez la vache ou la chèvre (CHILLIARD et al., 1983).

La composition du lait évolue au cours de la lactation suivant une courbe caractéristique pour chaque espèce : elle peut être sensiblement modifiée par l'alimentation et les facteurs climatiques et pathologiques et diffère entre races et individus.

Les dépenses de lactation sont fonction des quantités d'eau, d'énergie, des protéines, des minéraux exportés dans le lait, et donc, en premier lieu, des quantités de lait produites, elles incluent aussi les dépenses de fonctionnement de la mamelle notamment en énergie, en deuxième lieu de la qualité du lait produite et en dernier lieu des quantités de réserve mobilisées pour la production laitière au début de la lactation essentiellement.

*** La quantité de lait produite**

La production laitière chez la brebis varie avec le stade de lactation : elle est maximale durant les 20 premiers jours de lactation, puis elle diminue (figure 7). Par exemple chez la brebis de race ROMANOV, la production laitière est de 2,13, 1,73 et 1,13 kg de lait par jour pour une brebis de 68 kg et de 2,27 ; 1,83 et 1,20 kg de lait par jour pour une brebis de 58 kg respectivement pour le 1^e, 2^e et 3^e mois de lactation (MOGENEDOV, 1975) ; elle est de 4, 3,7 et 2 kg/J chez la brebis de la race CAMBRIGE (GALLO et DAVIES, 1991) et de 1,5, 1, 0,5 kg/J chez la brebis de la race D'Man (ASSERRHINE, 1984).

*** composition chimique du lait**

La composition chimique du lait varie au cours de la lactation. Les teneurs en matières grasses, matières azotées et l'énergie évoluent en sens inverse de la quantité de lait (figure 8). Cependant la teneur en lactose varie dans le même sens que la production laitière au cours des premières et dernières semaines, mais elle demeure à peu près constante pendant la majeure partie de la lactation (figure 8).

La composition chimique du lait de la brebis est rapportée au tableau 19, la teneur en matière sèche est en moyenne de 18 %. Celle du lactose, des protéines et des matières grasses est respectivement de 4,68 ; 5,4 et 6,79 %, et la teneur en énergie brute de 1121 kcal par kg de lait sur une compilation de 24 valeurs rapportées par la littérature (tableau 19).

Le rendement de l'énergie métabolisable pour la production laitière est d'environ de 63 % sur une compilation de 15 valeurs données dans le tableau 17.

* Utilisation des réserves pour la production laitière

Un ruminant laitier est confronté au début de la lactation à une exportation massive de lipides, de protéines et de lactose par la mamelle, représentant en terme d'énergie nette 2,5 fois le besoin de l'animal à l'entretien pour une brebis de poids vif de 60 kg produisant 3 kg de lait. On peut dire à ce stade physiologique que l'organisme entier devient un « appendice » de la glande mammaire, orientant l'activité des autres tissus et organes pour soutenir la sécrétion lactée (tableau 20).

Tableau 20 : Liste partielle des changements métaboliques associés avec lactogénèse chez les ruminants (BAUMAN et CURRIE, 1980)

Fonction physiologique	Changements métaboliques	Tissus impliqués
Synthèse du lait	Utilisation des nutriments ↗.	Mamelle
Métabolisme lipidique	Lipolyse ↗ et lipogénèse ↘. Cétogénèse, lipotropie et stéatose ↗.	Tissu adipeux Foie
Métabolisme glucidique	Néoglucogénèse et glycogénolyse ↗. Utilisation de glucose ↘ et utilisation des lipides ↗ comme source d'énergie.	Foie Différents tissus
Métabolisme protéique	Mobilisation des réserves énergétiques ↗.	Muscles et autres tissus
Métabolisme minéral	Absorption et mobilisation du calcium ↗.	Foie, rein, intestin et os

Ces changements métaboliques se traduisent par une mobilisation des réserves lipidiques et éventuellement protéiques et par une augmentation de la production hépatique de glucose, en raison de l'incapacité dans laquelle se trouve l'animal d'accroître assez rapidement sa capacité d'ingestion pour couvrir ses dépenses d'entretien et de production laitière. Il en résulte un déficit énergétique qui se traduit par des pertes de poids plus ou moins importantes.

Le tableau 21 rapporte le bilan énergétique observé dans les essais d'alimentation sur brebis de race Romanov x Limousine.

Tableau 21 : Bilans énergétiques observés dans les essais d'alimentation sur brebis en lactation (Moyenne des 5 premières semaines d'allaitement (INRA, 1978)

Apports d'énergie (UFL)	Variation de poids (g/J)	Besoins (UFL)			Bilan Apports – besoins ----- x 100 besoins
		Entretien	Production de lait	Equivalent énergétique des variations de poids	
1,80	- 75	0,76	1,20	- 0,19	+ 1,7
1,53	- 193	0,76	1,30	- 0,48	- 3,2
1,25	- 296	0,76	1,34	- 0,74	- 8,1

3.2.1. Modèles d'évaluation des besoins de la production laitière

Des modèles sont proposés par l'AFRC (1990) et l'INRA (1978), ils sont basés sur l'estimation du contenu énergétique du kg de lait, du rendement de l'utilisation de l'énergie métabolisable pour la production laitière et sur la variation du poids vif durant la période de lactation et une correction du niveau d'alimentation.

3.2.1.1. Modèle proposé par l'AFRC (1990)

3.2.1.1.1. Modèle TB 33 (AFRC, 1990)

* Recommandation d'EM pour l'entretien (Mm)

- EM (MJ/J) = $0,23 PV^{0,73}$ pour des animaux en bergerie.
= $0,265 PV^{0,73}$ pour des animaux en pâturage.
- Km = 0,70

L'estimation de EM peut se faire aussi à l'aide d'une équation linéaire avec 5 % de marge :

$$Mm \text{ (MJ/J)} = 0,085 PV + 1,33 \text{ pour des animaux en bergerie.}$$

$$Mm \text{ (MJ/J)} = 0,095 PV + 1,71 \text{ pour des animaux en pâturage.}$$

* Recommandation d'EM pour la production laitière (ML)

- La valeur énergétique du lait (EVL) ; $EVL \text{ (MJ/kg)} = 4,6$
- Production laitière (Y)
- Energie sécrétée dans le lait (EL) ; $EL \text{ (MJ/J)} = Y \times EVL$
 $KL = 0,62$
 $ML = EL/0,62$

* Recommandation d'EM pour l'entretien et la production (Mmp)

$$Mmp \text{ (MJ/J)} = Mm + ML$$

3.2.1.1.2. Modèle ARC (1980)

* Recommandation d'EM pour l'entretien (Mm)

- EM (MJ/J) = $0,226 (PV/1,08)^{0,75} + 0,0106 PV$
- Km = $0,35 Qm + 0,503$

$$Mm \text{ (MJ/J)} = \frac{0,226(PV/1,08)^{0,75} + 0,0106 PV}{0,35 Qm + 0,503}$$

* Recommandation d'EM pour la production laitière (ML)

- La valeur énergétique du lait (EVL) ; $EVL (MJ/kg) = 0,038 MG + 0,0025 J + 2,203$

MG = teneur en matière grasse (g/kg)
J = Numéro du jour de lactation

- L'énergie sécrétée dans le lait ; $EL (MJ/J) = EVL \times Y$

Y = production laitière (kg/J)

- $KL = 0,35 Qm + 0,42$:

Qm = Concentration en énergie métabolisable de l'aliment

- Valeur énergétique de la variation de poids (EVG) ; $EVG (MJ/kg) = 26$

- Energie mobilisée pour les tissus (EG) ; $EG (MJ/J) = \Delta W \times 26$

ΔW = perte de poids (Kg/J)

- Rendement de EM des tissus pour la production laitière :

$$K(l) = 0,84$$

$$ML (MJ/J) = \frac{El - (Eg \times 0,84)}{Kl}$$

* Recommandation d'EM pour le gain de poids (Mg)

- La valeur énergétique du gain de PV (EVg) ; $EVg (MJ/kg) = 26$

- Le gain d'énergie dans les tissus (EG) ; $G (MJ/J) = \Delta W \times 26$

$$Kf = 0,95 Kl$$

$$Mg (MJ/J) = \frac{\Delta W \times 26}{0,95 Kl}$$

*** Correction pour le niveau d'alimentation (CL)**

$$CL = 1 + 0,018 (M_p / M_m)$$

$$M_p (MJ/J) = M_L + M_g$$

*** L'EM pour l'entretien et la production laitière (Mmp)**

$$Mmp (MJ/J) = 1 + 0,018 (M_p / M_m) (M_p + M_m)$$

3.2.1.2. Modèle proposé par l'INRA (1978)

Les besoins alimentaires stricts de la brebis en lactation sont calculés en faisant la somme des besoins d'entretien et de production laitière, en considérant que les besoins d'entretien sont les mêmes au cours de la lactation que pendant les autres phases du cycle physiologique : ils sont de 0,033 UFL/kg PV.^{0,76}

Le contenu énergétique du kilogramme de lait chez la brebis allaitante est fixé à 1100 et 1050 kcal respectivement pour le 1^{er} et le 2^e mois, soit 1830 et 1730 kcal d'énergie métabolisable ou 0,64 et 0,61 UFL/kg de lait.

La valeur énergétique de la variation de poids (gain ou perte) est estimée pour un gain de 100 g de poids vif à la fourniture de 0,32 UFL et pour une perte de 100 g correspond à la couverture de 0,25 UFL.

3.2.1.3. Comparaison des modèles

La comparaison des modèles chez la brebis montre que, évaluée par le modèle ARC (1980), la valeur de l'EM pour la lactation est supérieure à celle calculée par le modèle TB33 (tableau 22). Elle est respectivement de 3157 et 2676 kcal pour une brebis de poids vif de 55 kg et produisant 1 kg de lait par jour.

INRA (1978) propose une valeur encore plus élevée pour le même type d'animal (3749 kcal d'EM).

Tableau 22 : EM (MJ/j) calculée selon les deux modèles

PV (kg)	ΔW (kg/J)	Qm	Production laitière (Kg/j)					
			1,0		2,0		3,0	
			TB33	ARC 80	TB33	ARC 80	TB33	ARC 80
55	- 0,05	0,5	11,2	13,2	18,6	21,4	26,0	30,0
		0,7	11,2	11,3	18,6	19,4	26,0	26,9
75	- 0,10	0,5	10,7	13,2	18,1	21,3	25,5	29,7
		0,7	10,7	11,9	18,1	19,2	25,5	26,6

CHAPITRE 3

MESURE ET CALCUL DES BESOINS EN AZOTE

1. CALCUL DES BESOINS AZOTES D'ENTRETIEN

1.1. Signification des besoins azotés d'entretien

La notion de besoin azoté repose sur la perte inéluctable de substances azotées que subit l'organisme vivant. Ses propres constituants azotés sont dégradés et ils sont éliminés sous forme de produits usés et inutilisables. Si l'organisme ne reçoit pas les formes d'azote appropriées qui compensent cette perte, la vie devient impossible.

Ce « coefficient d'usure » légitime la notion de besoin azoté d'entretien.

1.2. Méthode d'évaluation des besoins azotés d'entretien

1.2.1. Méthode factorielle

Cette méthode permet d'estimer les besoins azotés des animaux à partir des pertes minimales d'azote, dans les urines, les fèces, par la peau et les phanères (MUDGAL et STINGH, 1981; BLANCHART et BRUN-BELLUT, 1982; BRUN-BELLUT, 1986). Les exportations minimales par les urines sont appelées azote urinaire endogène (NUE) et par les fèces, azote fécal métabolique (NFm).

1.2.1.1. Azote urinaire endogène (NUE)

L'azote urinaire endogène est l'azote remis en circulation par suite de renouvellement continu des protéines tissulaires et excrétées dans les urines (THEWIS, 1974). Pour JARRIGE et al. (1978), la perte de NUE est essentiellement représentée par le produit de la dégradation des protéines des cellules de l'organisme lors de leur renouvellement. Selon MILLWARD et al., (1975), la part de l'azote excrété représente moins de 2 % de l'azote remanié dans un organisme adulte.

Chez les ovins, ARNAL (1977) et chez les bovins, WIJAYASINGHE et al., (1983) rapportent que la vitesse de renouvellement des protéines mesurée par l'emploi de lysine ou de leucine marquée est variable suivant les tissus et les organes : très rapide dans le tube digestif, elle est plus lente dans le muscle (respectivement de 120 % et 5 % des protéines renouvelées chaque jour). GARLIK (1980), en utilisant de la tyrosine marquée, montre que chez la plupart des espèces et en particulier chez les ovins, la part des protéines renouvelées par jour est plus forte dans le foie (10 à 15 %) que dans le muscle (2%)

Cette vitesse de renouvellement diminue rapidement avec l'âge de l'animal; ARNAL (1977) signale que la vitesse de synthèse des protéines par gramme de muscle et par minute passe de 30g à 2-3g par animal âgé respectivement d'une semaine et de 10 semaines chez les ovins.

A partir de ces résultats, l'A.R.C., (1984) a tiré une loi générale selon laquelle NUE (par $\text{kg P}^{0,75}$) diminue pendant le début de la croissance pour se stabiliser ensuite.

La détermination de NUE est obtenue soit par mesure directe, soit par régression

1.2.1.1.1. Méthodes de mesure de NUE

1.2.1.1.1.1. Mesures directes de NUE

Les pertes minimales de NUE sont mesurées sur des animaux maintenus en cages métaboliques et recevant un régime protéoprive (ORSKOV, 1972).

Chez les ovins, BOUCHAT et al. (1980) montrent que des animaux mis à la diète ont une excrétion d'azote dans les urines qui augmente le 1^{er} jour, pour diminuer par la suite. Les protéines labiles serviraient de source intermédiaire avant la mobilisation des réserves lipidiques. De même, HOVELL et al. (1984) montrent que NUE est moins élevé pour les animaux recevant des infusions de glucides ou d'acides gras (régime A) dans la caillette ($450 \text{ kJ/kg P}^{0,75}$) que pour les animaux à jeun (tableau 23).

Tableau 23 : Variation des pertes urinaires d'azote ($\text{mg/kg P}^{0,75} / \text{j}$) suivant l'espèce ou la catégorie d'une même espèce (HOVELL et al. 1984)

Régime	Moutons	Taurillons	Vaches laitières
à jeun	511	617	409
régime A	361	324	286

Ces même auteurs, remarquent en outre que, suivant le niveau et la forme de l'apport d'énergie, les valeurs NUE varient. Ces variations peuvent provenir des variations de quantités d'énergie nette apportées à l'animal, liées au niveau ou à la forme de cet apport (le rendement d'énergie digestible / énergie nette pouvant être différent d'une source à une autre) (tableau 24).

Les besoins d'entretien ne sont pas couverts quand l'apport est faible et une partie des réserves protéiques peut être mobilisée pour produire l'énergie, l'excrétion azotée est alors augmentée.

Tableau 24 : Variation des pertes urinaires d'azote $\text{mg/kg P}^{0,75} / \text{j}$ suivant la source d'énergie chez les ovins (HOVELL et al., 1984)

Énergie $\text{Kj/kg P}^{0,75} / \text{j}$	Source d'énergie			
	0	Glucose	Graisses animales	Acétate
0	419	-	-	-
144	-	256	356	362
0	584	-	-	-
144	-	382	-	494
288	-	374	-	378
432	-	319	-	310

Chez la chèvre, RAJPOOT et al. (1981) estiment que les femelles tariées recevant à volonté des fourrages verts ou secs, pauvres en protéines (0,24 et 0,33 % de MAT/MS) ont une excrétion azotée équivalente à NUE ; elles excrètent en moyenne entre 0,105 et 0,115 g d'azote par $\text{kg de P}^{0,75}$, alors qu'elles ne consomment en moyenne que 0,014 g d'azote par $\text{kg de P}^{0,75}$ par jour.

1.2.1.1.1.2. Calcul de NUE par des régressions

NUE peut être estimé à partir de l'extrapolation de l'équation de régression proposée par BLANCHART et al. (1980), BRUN-BELLUT et al. (1984) et BRUN-BELLUT et al. (1991).

$$\left. \begin{array}{l} \text{NUE} = a \text{NI} + b \\ \text{NUE} = a \text{ND} + b \end{array} \right\} \text{ Pour N ingéré ou digéré égale à zéro}$$

N digéré correspond aux quantités d'azote apparemment digérées, c'est-à-dire :

$$\text{ND} = \text{NI} - \text{NFèces.}$$

NUE, NI et ND sont exprimés en g/Animal/J ou en $\text{g/Kg P}^{0,75}$.

Pour affiner l'équation, ces auteurs ont introduit le poids métabolique :

$$\left. \begin{array}{l} \text{NUE} = a \text{NI} + b \text{P}^{0,75} + c \\ \text{NUE} = a \text{ND} + b \text{P}^{0,75} + c \end{array} \right\} \text{ Pour NI et ND} = 0$$

**Tableau 25 : Pertes d'azote endogène urinaire et fécal chez les ovins
(ARC, 1965 [1]; AFRC, 1993 [2])**

Auteurs	Poids en kg	NUE g/KgP ^{0,75}	Auteurs	NFM g/kg MSJ	Perte minimum d'azote endogène g/KgP ^{0,75}
MORGAN et al. (1911, 1914) [1]	35	0,16	SOTOLA (1930) [1]	8,25	
	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]	4,80	
SCHUNERT et al. (1922) [1]	33	0,08	HAMILTON et al. (1948) [1]	5,80	
	44	0,07	ELLIS et al. (1956) [1]	2,40	
SOTALA (1930) [1]	24	0,08	HUTCHINSON (1958) [1]	4,80	
TURK et al. (1934)	24	0,12	WELCH et al. (1958) [1]	4,40	
	28	0,11	WALKER et FAICHNEY (1964) [1]	2,90	
	36	0,09	NOIR et SWAIN (1972) [2]	6,00	
HUTCHINSON et MORRIS (1936) [1]	21	0,14	ORSKOV 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 FAICHNEY (1964) [1]	5	0,17			
ARC (1965) [1]	30	0,09			
DEIF et al. (1968) [2]	43	0,058			
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 et al. (1978)	30	0,053			
BLANCHART et al. (1977)	88	0,09			
JARRIGE et al. (1978)	30	0,08			
Moyenne ± ET		0,10 ± 0,037	Moyenne ± ET	4,83 ± 1,22	0,316 ± 0,067
Prénumérant :					
WALKER et FAICHNEY (1964)[2]	5,2	0,17			
NORTON et WALKER (1971) [2]	5,6	0,18			
JAHN (1970) [2]	6,5	0,18			
INRA (1978) : • agneau en alimentation lactée		0,15			
• agneau à l'engrais		0,12			
Moyenne ± ET		0,16 ± 0,02			

NUE = azote urinaire endogène
NFM = azote fécal métabolique

2^{ème} PARTIE

ETUDE EXPERIMENTALE

De la compilation critique des données de (A.R.C.) (1965) et de (AFRC) (1993) (tableau 25), il ressort que le $NUE/kg P^{0,75}$ diminue au cours de la première partie de la croissance puis demeure ensuite à peu près constant. La décroissance initiale est sans doute due à la diminution de la vitesse de renouvellement des protéines musculaires. Par kg de poids métabolique la perte de NUE passe en moyenne de $0,16g/j/Kg P^{0,75}$ chez des agneaux préruminants à $0,10g/j/Kg P^{0,75}$ chez les adultes (tableau 25).

Cependant, selon BRUN-BELLUT et al. (1984) et BRUN-BELLUT (1986), la race, le sexe et le poids ne modifient pas les pertes de NUE, tout comme les niveaux d'apports d'azote. REYNOLDS (1981) indique que, chez les caprins, lorsque les apports azotés varient de 5 à 21 g par jour, les pertes NUE sont comprises entre 1,60 et 1,48 soit $0,12 g N/kg P^{0,75}$ alors que les valeurs des bilans azotés sont comprises entre - 1,8 et + 7,45 g d'N/J/A.

Chez les caprins, la perte d'azote urinaire endogène est comprise entre 0,038 et 0,17 g $N/kg P^{0,75}/J$ soit une moyenne de $0,126 \pm 0,051 g N/kg P^{0,75}/J$ (BRUN-BELLUT et al. 1991), (Annexe 1), chez les bovins, elle est comprise entre 0,10 et 0,22 g $N/kg P^{0,75}/J$ soit une moyenne de $0,16 g N/kg P^{0,75}/J$ sur une compilation de 23 valeurs rapportées par l'ARC (1965) et chez les ovins, elle est comprise entre 0,02 et 0,1 g $N/kg P^{0,75}/J$ soit une moyenne de $0,10 g N/kg P^{0,75}/J$ (tableau 25)

1.2.1.1.1.3. Conclusion

Par mesure directe, NUE pourrait être surestimé pour des rations protéoprives puisqu' une partie des réserves protéiques peut être mobilisée pour produire de l'énergie.

Par mesure indirecte, la valeur NUE pourrait être moins précise puisqu'il est déterminé indirectement à partir NI, ND et NU.

Toutefois nous adoptons la mesure de NUE par cette dernière voie compte tenu que la mesure directe est très difficilement applicable aux ruminants

1.2.1.2. Azote fécal métabolique (NFm)

Selon MASON (1969), STROZINSKI et CHANDLER, (1971) ; BRUN-BELLUT et al., (1991), l'azote fécal est composé de deux parties :

- fraction alimentaire d'azote indigestible ;
- fraction azotée fécale non alimentaire appelée aussi azote fécal métabolique (NFm) qui à plusieurs origines : cellules épithéliales du tube digestif, des cellules indigestibles des bactéries, mucus, et résidus provenant de la bile et des principales enzymes digestives.

Pour DRYDEN (1980), si N_{Fm} est bien l'azote des sécrétions non réabsorbé dans le tractus digestif, une partie est cependant utilisée pour la production des microorganismes dans le gros intestin. Aussi, pour JARRIGE et al. (1978) et VAN SOEST (1982), l'azote fécal renferme trois parties :

- l'azote alimentaire non digéré ;
- l'azote métabolique qui est composé de l'azote microbien non digéré ;
- l'azote endogène qui comprend les sécrétions et des desquamations des cellules du tube digestif.

Cependant, JARRIGE et al. (1978) signalent que dans les fèces la quantité de matière azotée alimentaire non digérée est très voisine de celle entrant dans le gros intestin.

L'azote fécal microbien est proportionnel à la quantité de MOD dans la ration car l'énergie disponible est le facteur limitant de la synthèse microbienne. La troisième partie de l'azote fécal représente les matières azotées endogènes qui n'ont pas été dégradées en ammoniac dans le gros intestin et transformées en protéines microbiennes.

Cette quantité est proportionnelle à la MOND de la ration. Ainsi, sur 213 mesures de digestibilité de fourrages verts, réalisées sur moutons, JARRIGE, JOURNET et VERITE (1978) proposent l'équation suivante :

$$\text{MAND} = 0,100 \text{ MAT} + 0,025 \text{ MOD} + 0,057 \text{ MOND} ; R : 0.86$$

Pour JARRIGE, GUEGUEN et VERMOREL (1978), l'azote fécal endogène provient des protéines issues des sécrétions digestibles, des cellules épithéliales desquamées et du mucus produit dans le gros intestin, l'azote recyclé dans la partie antérieure du tube digestif est en grande partie récupéré par l'organisme dans l'intestin grêle.

Si dans l'estimation des besoins d'entretien, N_{Fm} pris en compte est celui défini par MASSON (1969), il y a surestimation de l'azote endogène car il est admis que l'azote microbien non digestible est d'origine endogène; si c'est l'azote fécal endogène défini par JARRIGE (1978) et VAN SOEST (1982) qui est utilisé, il y a sous estimation de l'azote d'origine endogène car la part d'azote microbien non digéré synthétisée à partir de l'azote endogène n'est pas pris en compte.

Selon plusieurs auteurs, la proportion du flux d'azote endogène dans le tractus digestif chez le mouton est la suivante :

1/ - Partie antéduodénale : Les mesures de flux d'azote dans le duodénum et sa composition rapportée par MAC RAE et REEDS (1980) montrent que chez le mouton recevant du foin de luzerne, de graminée ou d'ensilages d'herbe, la quantité d'azote d'origine endogène est comprise entre 9 et 12 g par jour. Dans ce type de ration, la quantité d'azote endogène provenant du recyclage d'urée est comprise entre 0,9 et 1,5 g. La fraction essentielle (3 à 6 g) est représentée par des protéines issues de la salive, des desquamations et des parois du tube digestif.

2/ - Duodénum : selon PHILLIPSON (1964), 2 à 4 g d'azote endogène arrivent dans le duodénum chez le mouton adulte. JARRIGE, JOURNET et VERITE (1978) signalent que 0,6 à 0,9 g de N/kg PS sont apportés dans le duodénum de mouton par les sécrétions biliaires et pancréatiques. Pour SMITH et MAC ALLAN (1970) ainsi que KAUFMANN (1976), l'apport d'azote endogène, directement dans le duodénum, représente 10 à 25 % de l'azote issu de la caillotte. Les résultats de MAC DOUGALL (cité par DRYDEN, 1982) font état d'un passage de 13 à 16 g d'azote endogène dans le duodénum, ce qui laisserait supposer soit un apport d'azote endogène plus important que celui mentionné par MAC RAE et REEDS (1980) avant le duodénum, soit un recyclage d'azote plus élevé dans l'intestin grêle que celui mentionné par les auteurs déjà cités.

Le peu d'informations obtenues sur la ration distribuée et la méthode de mesure employée par MAC DOUGALL ne permettent pas d'expliquer ces différences qui pourraient être imputées plutôt à des différences au niveau du recyclage d'azote dans le rumen et à la synthèse microbienne.

A notre connaissance, il y a peu d'études globales de la digestibilité de l'azote endogène chez les ruminants ; cependant, les travaux de HECKER (cités par DRYDEN, 1982) mentionnent une très faible digestibilité du mucus, alors que SNOOK et MEYER (cités par DRYDEN, 1982) mentionnent une digestion quasi-complète de l'azote endogène dans l'intestin grêle chez le rat.

Selon les estimations par régression multiple de LINDSAY et al. (1980) et TAS et al. (1981), chez le mouton, ce sont 1,6 à 2 g par jour d'azote endogène qui quittent l'iléon terminal pour entrer dans le cæcum pour des animaux consommant 600 à 800 g de foin par jour.

La digestibilité de l'azote endogène dans l'intestin grêle peut être estimée à environ 50 à 70 %, bien que JARRIGE, GUEGEN et VERMOREL (1978) admettent que l'azote endogène est en grande partie récupérée dans l'intestin grêle.

3/ - Cæcum et côlon : chez le mouton à l'entretien, la disparition de l'azote dans le cæcum et le côlon est fonction de la quantité d'azote ingéré : pour les animaux recevant du foin de luzerne, le taux de disparition est de 34,2 %, il est de 9,7 % pour le brome (DIXON et NOLAN, 1983 ; DIXON et MILLIGAN, 1984). Ceci va à l'encontre des affirmations de JARRIGE, JOURNET et VERITE (1978) qui mentionnent que pratiquement toute la digestion des matières azotées alimentaires a lieu dans l'intestin grêle.

Aucun recyclage d'urée au niveau du gros intestin n'est mis en évidence par DIXON et NOLAN (1983), DIXON et MILLIGAN (1984). En revanche, dans les deux cas, il y a un recyclage d'azote non ammoniacal, non uréique de 0,6 à 0,7 g essentiellement au niveau du cæcum et du côlon proximal.

A partir des mesures de l'azote endogène passant dans l'iléon, réalisées par LINDSAY et al. (1980) et TAS et al. (1981) ainsi que des taux de disparition et de recyclage d'azote, estimés par DIXON et NOLAN (1983), DIXON et MILLIGAN (1984), BRUN-BELLUT (1986) estime à environ 2 g l'azote endogène non ammoniacal qui doit être présent dans les fèces du mouton adulte ; soit 0,25 g N/100 g de MSI ou 0,14 g N/ kg P^{0,75}.

Cette valeur ne tient pas compte des quantités d'urée qui peuvent être recyclées dans le rumen, transformées en protéines microbiennes et augmentent ainsi la part de l'azote fécal d'origine endogène.

Cette estimation de NFm n'est valable que dans le cas d'une distribution de ration «équilibrée» où les niveaux d'énergie et d'azote fermentescibles sont équivalents.

1.2.1.2.1. Méthodes de mesure de NFm

1.2.1.2.1.1. Mesures directe de NFm

MASON (1969), NOIR et SWAIN (1972), DRYDEN (1982) indiquent que la quantité d'azote fécal métabolique excrétée est équivalente à la quantité d'azote présente dans la fraction des fèces solubles dans le détergent neutre de VAN SOEST, (1963). Cette estimation prend en compte dans le NFm, la plus grande partie de l'azote microbien des fèces. Par ailleurs, les quantités d'azote fécal non alimentaire sont fortement corrélées avec les quantités de matières organiques ingérées.

Selon DRYDEN (1980), la quantité d'azote récupérée dans la fraction soluble NDF est en moyenne de 0,72 g par 100 g de MSI chez le mouton et elle augmente quand le niveau azoté de la ration s'élève. Cette variation peut être imputée à une augmentation de l'activité microbienne du rumen.

NOIR et SWAIN (1972) ont déterminé chez le mouton, la quantité d'azote non alimentaire excrétée dans les fèces à partir de digestibilités effectuées sur 23 rations différentes. La valeur moyenne de NFm est de 0,60 g ± 0,1 par 100 g de matières organiques ingérées.

ORSKOV et GRUBB (1979) qui, définissant NFm comme étant l'excrétion fécale d'azote quand les animaux reçoivent un régime protéoprive, montrent que des infusions intra-iléon de glucose et de méthylcellulose chez l'agneau s'accompagnent d'une production de fèces contenant 0,5 g d'azote par jour. Dans ce cas, l'excrétion urinaire diminue de 0,5 g.

HOVELL et al. (1984) après distribution des rations «zéro» protéines accompagnées d'infusion de glucose et d'acides gras ou de graisses, quantifient les excréments fécaux à 25 mg N/kgP^{0,75} chez les ovins et à 12 mg N/kgP^{0,75} chez les bovins.

1.2.1.2.1.2. Calcul de NFm par régression

Selon BRUN-BELLUT (1986), la plupart des valeurs publiées sont estimées par les régressions proposées par STULLCUP, DAVID et SHIELD (1975).

$$\left. \begin{array}{l} \text{NFm} = a \text{ NI} + b \\ \text{NFm} = a \text{ ND} + b \end{array} \right\} \text{ Pour NI et ND} = 0$$

NFm, NI et ND sont exprimés en g/Animal/J ou g/J kgP^{0,75}.

Les résultats obtenus par ce modèle chez les ovins sont compris entre 2,90 et 6,25 g N/kg de MSI soit une moyenne de $4,83 \pm 1,22$ g N/kg MSI sur une compilation de 11 valeurs rapportées par l'ARC (1965) (tableau 25). MASON (1969), NOIR et SWAIN (1972) et DRYDEN (1980) rapportent une perte d'azote fécal endogène comprise entre 6,00 et 7,50 g N/kg MSI chez les ovins.

Sur les caprins, la perte d'azote fécal endogène est comprise entre 1,10 et 4,90 g N/kg MSI soit une moyenne de 3,27 g N/kg MSI (annexe 1). Cette perte est comprise entre 1,9 et 4,9 g N/kg MSI soit une moyenne de $3,99 \text{ g N/kg}^{0,75}$ sur une compilation de 13 valeurs rapportées par l'ARC (1965) chez les bovins.

Pour déterminer NFm, BRUN-BELLUT (1986) tient compte des différentes origines de l'azote endogène, telle qu'elles ont été définies à partir des travaux de JARRIGE, JOURNET et VERITE (1978) et VAN SOEST (1982).

* L'azote alimentaire non digéré

Il provient de la partie de la ration non fermentée dans le rumen et particulièrement digérée dans l'intestin. Pour estimer cet azote, BRUN-BELLUT (1986) utilise comme variable :

- soit la quantité de PDIA de la ration calculée à partir de la fermentescibilité et la digestibilité dans l'intestin des composants de cette ration : le coefficient de corrélation entre N fécal et PDIA étant de 0,75 (JARRIGE et al., 1978).

$$\text{NFm} = \text{CBND} + b \text{MODI} + a \text{PDIA}$$

- soit la quantité de matières azotées insolubles (MAIns) qui sert au calcul des PDIA : le coefficient de corrélation entre N fécal et PDIA trouvé est de 0,73 (BRUN-BELLUT, 1986).

$$\text{NFm} = \text{CBND} + b \text{MODI} + a \text{MAIns}$$

* L'azote microbien synthétisé dans le tube digestif et non digéré

JARRIGE, JOURNET et VERITE (1978) ont signalé que le facteur limitant principal de la synthèse microbienne du rumen est l'énergie. Une carence en azote fermentescible peut être comblée par les recyclages d'azote. Pour estimer la quantité d'azote microbien synthétisé et non digéré, BRUN-BELLUT (1986) a utilisé la quantité de MODI de la ration qui semble être un bon estimateur de la quantité de M.O. fermentescible et donc de la synthèse microbienne dans le rumen. Le coefficient de corrélation entre N fécal et MODI trouvé est de 0,60.

* L'azote endogène recyclé

L'azote endogène recyclé dans les différents compartiments du tube digestif et non digéré représente une partie de l'azote provenant des sécrétions et des desquamations du tube digestif. Cette fraction azotée est liée à la partie non digestible de la ration. STROZINSKI et CHANDLER (1972) signalent que cette fraction est proportionnelle à la matière sèche fécale.

Dans l'estimation de la digestibilité dans l'intestin des différentes rations, JARRIGE, JOURNET et VERITE (1978), GIGER et SAUVANT (1979) et VAN SOEST (1982) utilisent la quantité de matières organiques non digérées (MOND) comme estimateur de NFm et proposent l'équation :

$$\text{NFm} = a \text{ Ni} + b \text{ MODI} + c \text{ MOND}$$

Cependant, BRUN-BELLUT et al. (1984) et BRUN-BELLUT (1986) trouvent chez les caprins que MODI et MOND sont significativement corrélés ($r = 0,35$) et ils pensent que la détermination de NFm à partir d'une équation de régression prenant en compte à la fois MODI et MOND n'est pas possible car le coefficient de MOND est lié à MODI. Ils proposent un autre composant des fèces : la quantité de « cellulose brute » ou « cellulose de Weende » qui n'est pas liée à MODI ($r = 0,04$) ni à MAIns ($r = 0,20$). Cette quantité de cellulose brute est assimilée à la cellulose brute non digestible (CBND). Elle représente les fibres non digérées qui dans leur transit entraînent des cellules desquamées, du mucus et des enzymes dans les fèces. Ils proposent l'équation de régression suivante :

$$\text{NFm} = a \text{ MAIns} + b \text{ MODI} + c \text{ CBND}$$

Le résultat obtenu par ce modèle par BRUN-BELLUT et al. (1984) chez les caprins est de 1,1g d'azote par Kg de MSI, la valeur moyenne répertoriée en littérature est de 3,27g d'azote/Kg MSI pour la même espèce (annexe 1). Elle est de 4,83 g/Kg MSI chez les ovins (tableau 25) et de 4,60 g/kg MSI chez les bovins (A.R.C., 1965).

1. 2.1.3. Fixation et pertes au niveau des phanères

La croissance des phanères (comes, poils, laine, ongles ...) et la multiplication des cellules épidermiques avec desquamation des couches externes provoquent des pertes azotées auxquelles viennent s'ajouter les pertes de la perspiration insensible (sébum ...).

Pour les ovins, TISSIER et THERIEZ (1978) signalent que la quantité d'azote fixée quotidiennement dans la toison est de 0,6 g pour un mouton de 60 kg environ, soit $0,03 \text{ g N/ kgP}^{0,75}$.

Selon les références de l'ARC (1965) et la revue bibliographique de TAMMINGA et OLDHAM (1980) et MORAND-FEHR et al. (1987), les pertes d'azote occasionnées par la croissance des phanères ainsi que la desquamation des cellules épidermiques est de $0,02 \text{ g N/ kg KgP}^{0,75}$ chez les bovins.

BRUN-BELLUT (1986), rapporte des pertes d'azote par phanères de 0,12 g N/J, soit $0,01 \text{ g N/ kgP}^{0,75}$ et par jour chez des chèvres en début de lactation maintenues en cage à métabolisme.

Il admet qu'en moyenne les pertes des caprins maintenus à zéro pâturage, en climats tempérés, sont proches de celles des bovins présentées par TAMMINGA et OLDHAM (1980), soit $0,02 \text{ g N/ kgP}^{0,75}$, valeur admise aussi par AFRC (1990).

Les besoins d'entretien évalués par la méthode factorielle représentés par la totalité des pertes azotées : NUE, NFm et NPP répondent à l'expression :

$$BE = NUE + NFm + NPP$$

1.2.2. Méthode des bilans

L'estimation des besoins d'entretien par la méthode des bilans azotés mesurés sur des mâles castrés ou des femelles sèches est obtenue par extrapolation de l'équation de régression :

$$N_{\text{bilan}} = N_{\text{digéré}} + b \quad (\text{pour un bilan azoté nul})$$

Les besoins d'entretien exprimés en $\text{g MAD/ kgP}^{0,75}$ calculés à partir des résultats du tableau 25 plus les pertes au niveau des phanères chez les ovins sont de 2,16.

Les besoins d'entretien déterminés par la méthode des bilans sont en général beaucoup plus élevés que ceux obtenus par la méthode factorielle. MAJUMBA (1960) a comparé les deux méthodes sur des femelles tariées : il obtient par la méthode des bilans des besoins de 70 % supérieurs à ceux obtenus par la méthode factorielle alors que pour SENGAR (1980) ils sont de 140 % pour la même espèce. Cette différence pourrait s'expliquer par les pertes d'azote urinaire (difficile à éviter dans les mesures du bilan azoté) qui biaiserait le coefficient de la variable $N_{\text{digéré}}$ ou celui du poids vif, entraînant une surestimation de NUE.

1.2.3. Essais d'alimentation

Les essais d'alimentation permettent de déterminer les niveaux minima d'ingestion d'énergie ou d'azote capables de maintenir les animaux en bon état, sans perte de poids dans le cas de maintien à l'entretien ou avec une production maximale sur une longue durée dans le cas d'animaux en production.

Ils sont en règle générale utilisés pour valider les besoins déterminés avec les deux méthodes précédentes.

Pour déterminer les besoins d'entretien par cette méthode, un régime dont les caractéristiques nutritionnelles sont en permanence connues est distribué durant une longue période (16 à 30 semaines) et porte sur un effectif élevé d'animaux, en raison de variabilité individuelle élevée. Les quantités d'aliments ingérées sont estimées quotidiennement pour évaluer l'énergie et l'azote ingérés.

Les animaux sont contrôlés soit par l'évaluation des gains moyens quotidiens par pesée régulière dans le cas des animaux à l'entretien, soit par mesure de la production laitière et de sa composition chimique dans le cas de production de lait.

Pour l'énergie, les résultats obtenus chez les ovins à l'entretien par la méthode d'alimentation sont généralement plus élevés que ceux obtenus par mesure en chambre respiratoire : ils sont de 95 kcal EM/ kgP^{0,75} contre 75 kcal EM/ kgP^{0,75} en chambre respiratoire mais ils sont comparables aux recommandations de l'ARC 1965 (TISSIER et THERIEZ, 1978).

Pour l'azote, la méthode d'alimentation donne des résultats plus faibles que ceux obtenus avec la méthode factorielle : ils sont respectivement de 57 g de PDI par jour pour une brebis de 60 kg de poids vif contre 64 g de PDI (-11%) mais supérieurs de 15% aux recommandations de l'ARC (1965) qui sont également déterminées par la méthode factorielle (TISSIER et THERIEZ, 1978).

2. CALCUL DES BESOINS AZOTES DE PRODUCTION

2.1. Calcul des besoins azotés de gestation des brebis

Les besoins de protéines de gestation correspondent au dépôt des protéines dans le fœtus, le placenta, les enveloppes et le liquide amniotique.

2.1.1. Modèle d'évaluation

L'évaluation des dépôts adipeux, des protéines et de l'énergie dans l'utérus gravide peut se faire à un temps t pendant les deux derniers mois de gestation par l'équation de MC DONNARD et al. (1979) et GOMPERTZ cité par AFRC (1997) :

$$g(t) = a \exp(-bt) - c(f-3)P_p \times f \times 10^3$$

t = jours de gestation ; f : nombre de fœtus ; P_p : poids de protéines fixées dans le fœtus en kg en un temps t , ou P_p : poids du dépôt adipeux dans le fœtus en kg à un temps t ; a , b et c sont les constantes, elles sont rapportées dans le tableau 26.

Tableau 27 : Evaluation des dépôts adipeux, des protéines et d'énergie dans l'utérus gravide chez la chèvre à poils et la chèvre laitière à 1-2-3 foetus (AFRC, 1997)

	Race	Nombre de foetus	Jours de gestation (ou semaine) avant la mise bas						
			63 (12)	77 (10)	91 (8)	105 (62)	119 (4)	133 (2)	147 (0)
Total de gain Dépôts adipeux totaux (g)	à poils	1	11	15	20	29	42	60	82
	à poils	2	13	18	26	38	57	83	115
	laitière	1	15	21	31	46	70	103	145
	laitière	2	19	28	43	69	108	163	230
	laitière	3	22	35	56	90	143	215	301
Dépôt de protéines totaux (g)	à poils	1	70	98	138	198	287	408	568
	à poils	2	86	128	190	282	419	606	850
	laitière	1	93	137	200	299	445	646	902
	laitière	2	121	192	297	465	714	1053	1482
	laitière	3	149	247	395	624	963	1420	1991
Dépôt d'énergie (MJ)	à poils	1	2,1	2,9	4,1	5,8	8,4	12,0	16,6
	à poils	2	2,5	3,7	5,5	8,2	12,1	17,6	24,6
	laitière	1	2,8	4,1	5,9	8,9	13,3	19,3	27,6
	laitière	2	3,6	5,6	8,8	13,7	21,1	31,3	44,0
	laitière	3	4,4	7,2	11,5	18,3	28,4	42,0	58,8
Dépôt de protéines (g/l)	à poils	1	1,7	2,4	3,5	5,2	7,5	9,9	12,8
	à poils	2	2,5	3,6	5,3	8,1	11,5	15,2	19,9
	laitière	1	2,5	3,7	5,6	8,6	12,4	16,3	20,4
	laitière	2	4,1	6,1	9,4	14,6	21,0	27,4	34,1
	laitière	3	5,7	8,5	13,0	20,0	28,0	36,7	45,3
Dépôt d'énergie (MJ/l)	à poils	1	0,05	0,07	0,10	0,15	0,22	0,29	0,37
	à poils	2	0,07	0,10	0,15	0,23	0,33	0,44	0,57
	laitière	1	0,07	0,11	0,17	0,26	0,37	0,49	0,61
	laitière	2	0,12	0,18	0,28	0,43	0,63	0,82	1,01
	laitière	3	0,17	0,25	0,38	0,56	0,85	1,09	1,33

Tableau 26 : Coefficients utilisés dans l'équation de prédiction du dépôt adipeux, et des protéines dans le fœtus et placenta de la brebis gravide.

Equation :	Valeurs des coefficients		
	a	b	c
$g/j = a \exp(-bt) - c(f-3)Pp \times f \times 10^3$			
Fœtus			
• dépôts adipeux par jour/ fœtus	0,364	0,0182	0,00111
• dépôts de protéines par jour/ fœtus	0,326	0,0176	0,00089
Placenta			
• dépôts adipeux par jour	4,778	0,066	0,00109
• dépôts de protéines par jour	2,284	0,0557	0,00096

Le dépôt de lipides dans le liquide amniotique est négligeable (MC DONNALD et al., 1979).

Le gain quotidien de protéines dans le liquide peut être estimé par l'équation de ROBINSON et al. (1977).

$$g_j = 0,076Pfl + (0,075t + 3,25) (0,326 - 0,00532t - 0,0000306P)Pfl$$

où Pfl est le poids en kg du liquide amniotique à un temps t de la gestation.

MC DONNALD et al. (1979) rapportent que la quantité de dépôt de tissus adipeux et de protéines dans l'utérus de la brebis vide est comparable à celle de la brebis pleine ; aussi, les quantités de protéines et de lipides sont de 134 g/kg et de 23,4 g/kg respectivement et l'équation de ROBINSON et al. (1977) devient :

$$g_j = 134 U (0,014193 \exp(-0,0038t)) \text{ pour les protéines}$$

$$g_j = 23,4 U (0,014193 \exp(-0,0038t)) \text{ pour les lipides}$$

où U est le poids en kg de l'utérus vide à un temps t en jours.

L'évaluation d'énergie et de protéines de la chèvre gestante est rapportée dans le tableau 27.

2.2. Calcul des besoins pour la production laitière

La détermination du rendement de la transformation de l'azote digéré dans l'intestin en azote du lait est effectuée dans la plupart des cas par compilation d'essais d'alimentation comparant différents niveaux d'apports azotés.

MORAND-FEHR et SAUVANT (1978) ont utilisé les rendements déterminés sur bovins pour proposer les recommandations pour la production laitière chez la chèvre laitière.

L'ensemble des résultats bibliographiques concernant les vaches laitières, regroupés par VERITE et JOURNET (1978), TAMMINGA et OLDHAN (1980) ainsi que l'ARC (1980) donnent des valeurs de rendement de la transformation de l'azote alimentaire exprimé en N digéré, MAD ou PDI en azote lait qui peuvent être comprises entre 0,50 et 0,80 suivant la façon dont est estimé l'azote digéré.

BRUN-BELLUT (1986) calcule le rendement de la transformation de l'azote apparemment digéré en azote protéique du lait chez la chèvre selon l'expression :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Quantité d'azote dans le lait}}{\text{Quantité d'azote digéré} - 0,23 \text{ g N digéré/ kgP}^{0,75}}$$

$0,23 \text{ g N digéré/ kgP}^{0,75}$ est le besoin d'entretien calculé à partir de la méthode factorielle. Il rapporte un rendement compris entre 0,45 et 0,73 selon l'apport d'azote au milieu de la lactation ; ce rendement serait de 0,80 en début de lactation.

L'ARC (1980) propose deux méthodes pour calculer les besoins azotés du lait de la brebis :

- besoin en protéines g/kg de lait = (Protéines dans le lait) / 0,68
- besoin en protéines g/kg de lait = 1,471 x Protéines dans le lait

Pour l'ARC (1980), les MAT dans le lait des brebis sont de 7,66 g/kg soit une quantité de $7,66 \times 6,38 = 48,9 \text{ g}$ de protéines/kg de lait.

Les besoins en protéines sont $= 1,471 \times 48,9 \text{ g} = 71,9 \text{ g/kg}$ de lait ou $48,9/0,68 = 71,9 \text{ g/kg}$ de lait.

TRAVAIL 1

ÉVALUATION DES BESOINS D'ENTRETIEN EN ENERGIE ET EN AZOTE DE L'OVIN D'OULED DJELLAL

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Les animaux

Il s'agit de la race ouled djellal, c'est une race typique de la steppe, elle serait introduite en Algérie au XI siècle par les beni-hillal en passant par la haute Egypte sous le khalifa des fatimides alors que d'autres pensaient qu'elle serait introduite par les romains.

C'est un mouton haut sur pattes ce qui confère à l'animal une grande aptitude à la marche sur des longues distances, sa laine est blanche et jarreuse avec une queue fine. Sa viande possède un léger goût de suif. La tête blanche possède souvent un cornage fin, les oreilles sont pendantes. Il présente des qualités exceptionnelles pour la production de laine, soit 2.5Kg pour le bélier et 1.5Kg pour la brebis. A la naissance, le poids moyen de l'agneau est de 3.5Kg, celui des adultes est 80Kg pour le bélier et 50Kg pour la brebis. Les paramètres de reproductions sont en moyenne de 89, 111, et 105% respectivement pour la fertilité, la prolificité et la fécondité.

L'étude porte sur 48 sujets âgés d'un an environ :

- 18 mâles pour l'essai de la 1^{ère} année ;
- 15 mâles pour l'essai de la 2^e année ;
- 15 mâles pour l'essai de la 3^e année.

Les animaux de race Ouled Djellal sont issus de mères ayant reçu une alimentation à base de paille traitée à l'ammoniac, à l'urée et non traitée. Ils ont été élevés dans une bergerie expérimentale jusqu'à 12 mois d'âge ; ils pesaient alors $30,1 \pm 2,1$ kg. Puis, ils ont été transférés à l'atelier de digestibilité en vue de la mesure de la matière sèche ingérée, de la digestibilité de la MO et des MAT, du bilan azoté et du gain moyen quotidien.

1.2. Les aliments

1.2.1. Aliments grossiers

Durant les deux premiers essais, les animaux ont reçu du foin de Vesce-avoine provenant de la ferme pilote Si-Antar (Beni-Slimane) et de la ferme de l'I.N.A., El-Alia (Alger). Lors de la 3^e année d'essai, suite à une rupture de stock de foin de Vesce-avoine, nous avons utilisé de la paille traitée à l'ammoniac, issue de la variété locale du blé dur « Oued Zenati » cultivée à sec, la culture a reçu une fumure azotée de 60 à 80 unités par hectare.

Les grains ont été récoltés au stade normal de maturation au début de Juin. Les pailles ont été ramassées le jour même et conditionnées en bottes de moyenne densité de 17 Kg environ.

Le traitement à l'ammoniac a été réalisé sans humidification préalable selon la méthode de SUNDSTOL et al. (1978) bien connue. La dose d'ammoniac a été de 40Kg par tonne de paille et la durée de traitement de 45 jours.

55

1.2.2. Aliments de complémentation

1.2.2.1. Concentré

Le concentré était composé de 78 % d'orge broyée, de 20 % de farine de sous-produits d'abattoir de volailles et de 2 % de complément minéral vitaminé du commerce. La teneur en matière azotée du concentré était de 20 %.

La composition chimique du fourrage grossier et du concentré est consignée dans le tableau 28 et celle du complément minéral vitaminé dans le tableau 29.

Tableau 28 : Composition chimique du fourrage grossier et du concentré

	Aliments	MS %	% MS			
			MM	MO	MAT	A.D.F.
Année 1	Foin de Vesce-avoine	82,68	6,56	93,43	8,42	39,55
Année 2	Foin de Vesce-avoine	86,97	7,09	92,91	8,00	52,63
Année 3	Paille de blé traitée à NH ₃	89,49	8,07	91,92	10,38	46,60
Pour les trois années	Concentré	87,57	5,04	94,66	20,00	5,29

Tableau 29 : Composition chimique du complément minéral vitaminé (CMV. ONAB 1998)

Vitamines/100 kg	en UI	Minéraux	g/100 kg
A	150.10 ⁶	Cu	120
-	-	Ca	6
D3	20.10 ⁶	Fe	600
-	-	Mg	3600
-	-	Zn	1440
E	0,3.10 ⁶	I	15
-	-	Se	3

1.2.2.2. Les vitamines

Il s'agit d'un complexe vitaminique de commerce « VITAVIA » dont la composition apparaît dans le tableau 30.

Tableau 30 : Composition chimique du complexe vitaminique « VITAVIA »/100ml

Vitamines	Proportions
Vit. A	1000000 UI
Vit. B ₃	500000 UI
Vit. E	500 mg
Vit. B ₁	200 mg
Vit. B ₂	50 mg
Vit. B ₆	80 mg
Vit. PP	400 mg
Vit. C	1000 mg
Acide pantothénique	100 mg
Excipient Q.S.P.	100 ml

1.3. Déroulement des essais

Pour mesurer les quantités ingérées, les animaux ont été placés dans des boxes individuels cimentés et paillés. La surface du box est d'environ 5 m², ils disposaient d'abreuvoir et d'une mangeoire qui permettait l'affouragement à l'extérieur du box.

Les régimes alimentaires (tableau 31) ont été distribués deux fois par jour (9 h et 16 h) pendant 6 mois.

Tableau 31 : Régimes alimentaires

	Fourrage grossier à brins longs	Concentré (g/j/animal)	Eau	Vitamines « VITAVIA »
Année 1	Foin de Vesce-Avoine à volonté	250	à volonté	2 ml/1 fois/mois par animal
Année 2	Foin de Vesce-Avoine à volonté	250		

Année 3	PT NH ₃ à volonté	250		
---------	------------------------------	-----	--	--

Les mâles sont périodiquement placés en cages à métabolisme pour mesurer la digestibilité des rations et l'évaluation du bilan azoté.

57

1.4. Mesures et calculs

La mesure de l'ingestibilité a été effectuée en continu pendant 6 mois (du mois d'octobre au mois de mars) après 10 jours d'adaptation des animaux aux régimes dans les boxes individuels.

Les quantités de matière sèche volontairement ingérées (à 0,1 g près) ont été calculées par différence entre les quantités de matière sèche des aliments distribuées et celles refusées. Les

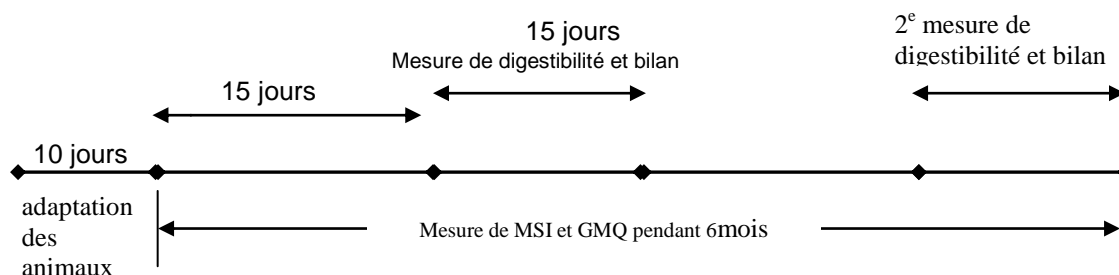
résultats obtenus ont été exprimés en g de MSI par kg P^{0,75} et par jour.

Les valeurs énergétiques et azotées de la farine de volaille et de l'orge sont tirées des tables de l'INRA (1988). La digestibilité de la matière organique (dMo) et celles des matières azotées totales (dMAT) de la ration totale ont été mesurées par la méthode de récolte totale des fèces des animaux pendant 10 jours. Le bilan azoté est mesuré en même temps.

La composition chimique (MS, MM et MAT) a été déterminée pour chaque échantillon en triple selon les procédures de l'AOAC (1975).

La figure 9 résume l'ensemble des opérations réalisées :

Figure 9 : Schéma récapitulatif du déroulement des essais



La valeur de PDI de la PT NH₃ est celle calculée par CHABACA (1993) et celle du foin de Vesce-avoine est tirée des tables de l'INRA (1988). La valeur énergétique UFL est calculée selon l'INRA (1988).

1.5. Evaluation des besoins énergétiques et azotés d'entretien

A partir des données issues des essais alimentaires (UFLI, MODI, MADI, NI et ND) et du poids des animaux (exprime en poids vif ou en poids métabolique), nous avons établi des modèles de régression simples :

$$y = a + bx + \varepsilon$$

- y : variable à prédire
- x : variable prédictrice
- a et b : coefficients
- ε : Erreur du modèle

ou 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 : variables prédictrices
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ et β_3 : coefficients
 ε : Erreur du modèle

Ces modèles nous permettent d'évaluer directement les besoins d'entretien (UFL, MOD, MAD) ou pour 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 Student Systat (KENNETH et al., 1994).

1.5.1. Evaluation des besoins énergétiques d'entretien

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

$$\left. \begin{array}{l} \text{UFLI} = a \text{ GMQ} + b \\ \text{MODI} = a \text{ GMQ} + b \end{array} \right\} \text{ Pour un GMQ nul}$$

Le GMQ est exprimé en g/J/A.

1.5.2. Evaluation des besoins azotés d'entretien

Malgré les imperfections du système MAD (INRA) en vigueur depuis un siècle dans le monde, nous l'utiliserons pour calculer les besoins azotés pour deux raisons :

- Ce système est toujours en vigueur en Algérie ;
- Nous ne disposons pas de valeurs PDI des aliments locaux que nous avons utilisés.

Deux types de méthode ont été utilisés : la méthode alimentaire et la méthode factorielle.

1.5.2.1. Méthode alimentaire par régression

Les variables utilisées sont : ND, GMQ et MADI :

- MADI = a GMQ + b pour un GMQ nul, les MADI et les GMQ sont exprimés en g/j/A.

$$\left. \begin{array}{l} \text{- MADI} = a \text{ NI} + b \\ \text{- MADI} = a \text{ ND} + b \end{array} \right\} \text{ Pour NI et ND} = 0$$

Pour rechercher une meilleure estimation des besoins d'entretien en MAD l'ADF de la ration a été introduit comme deuxième variable prédictrice.

A partir du bilan :

ND = aBN + b pour un bilan nul, ND et BN sont exprimés en g/j/A.

1.5.2.2. Méthode factorielle

BE = Azote endogène urinaire (NUE) + Azote fécal endogène (NFM) + Azote des phanères (NPP)

1.5.2.2.1. Evaluation de l'azote endogène urinaire (NUE)

L'azote urinaire endogène (NUE) est calculé en premier lieu à l'aide des équations suivantes :

$$\left. \begin{array}{l} \text{NUE} = a \text{ NI} + b \\ \text{NUE} = a \text{ ND} + b \end{array} \right\} \text{ Pour NI et ND} = 0$$

et en second lieu, le paramètre $P^{0,75}$ a été introduit pour éventuellement affiner l'estimation.

$$\left. \begin{array}{l} \text{NUE} = a \text{ NI} + c P^{0,75} + b \\ \text{NUE} = a \text{ ND} + c P^{0,75} + b \end{array} \right\} \text{ Pour NI et ND} = 0$$

NUE, NI et ND sont exprimés en g/j/A.

1.5.2.2.2. Evaluation de l'azote fécal métabolique (NFm)

$$\left. \begin{array}{l} \text{NFm} = a \text{ NI} + b \\ \text{NFm} = a \text{ ND} + b \end{array} \right\} \text{ Pour NI et ND} = 0$$

D'autres estimateurs ont été introduits dans ces équations, tels la MOND, la MODI, la MSI, le $P^{0,75}$ et l'ADF pour rechercher la meilleure estimation possible de la valeur de NFm.

1.5.2.2.3. Evaluation des pertes par les phanères (NPP)

Ces pertes n'ont pas été mesurées, nous avons retenu celles données par l'ARC (1965) et utilisées également par BRUN-BELLUT, (1986).

$$\text{NPP} = 0,02 \text{ g d'N} / \text{kg } P^{0,75} / \text{j}$$

Tableau 32 : Données utilisées pour calculer les besoins d'entretien en énergie et en azote par la méthode alimentaire

Lot	N° animal	P ^{0,75}	MS(g/Aj)	UFL(Aj)	MAD(g/Aj)	GMQ g/J	d MO %	d MAT %	ADFI g/jA
FVA	1	13,94	886,60	0,701	55,38	113,21	49,98	43,63	275,00
	2	10,97	733,97	0,579	48,12	104,43	56,66	49,83	215,00
	3	10,15	698,70	0,602	49,41	120,25	56,52	51,38	200,00
	4	8,86	607,81	0,503	40,06	80,49	54,65	54,45	165,00
	5	9,36	634,02	0,473	39,90	52,58	59,54	54,56	175,00
	6	9,51	602,53	0,502	44,61	103,93	55,52	47,63	162,00
	7	11,90	674,44	0,557	45,88	93,75	59,19	58,95	191,00
	8	11,41	744,77	0,687	62,03	104,16	61,00	58,33	208,00
	9	11,23	884,18	0,699	54,82	132,43	63,72	61,97	274,00
	10	15,66	1018,74	0,847	68,02	138,09	63,50	60,27	316,00
	11	11,21	660,75	0,650	47,89	102,12	60,70	60,09	186,00
	12	13,10	749,59	0,590	48,07	69,60	59,15	57,54	221,00
	13	11,10	640,57	0,505	41,90	65,89	58,36	-	178,00
	14	10,42	567,75	0,564	41,75	113,29	-	-	149,00
	15	12,46	852,15	0,635	62,80	128,79	-	-	261,00
	16	14,01	1020,30	0,820	71,70	138,93	-	-	328,00
	17	13,43	935,37	0,751	77,70	191,84	-	-	294,00
	18	15,43	1149,04	1,000	83,90	130,52	-	-	379,00
FVA	19	13,14	631,48	0,474	48,21	66,49	56,86	64,97	228,00
	20	13,77	728,91	0,633	51,94	53,09	68,54	61,21	279,00
	21	15,09	719,55	0,613	55,62	74,74	67,27	65,89	274,00
	22	15,31	785,20	0,594	46,46	68,56	55,04	48,23	309,00
	23	14,79	753,20	0,537	41,94	51,03	51,12	44,61	292,00
	24	15,88	831,84	0,591	43,96	73,08	55,38	52,78	333,00
	25	13,14	630,20	0,536	44,32	59,28	56,24	49,94	227,00
	26	13,49	618,20	0,497	44,45	43,81	55,10	50,93	221,00
	27	13,77	592,70	0,466	42,28	51,55	67,01	54,38	207,00
	28	12,50	536,38	0,422	39,77	53,09	58,40	58,56	178,00
	29	13,45	616,01	0,485	43,43	46,39	59,31	53,65	220,00
	30	14,70	673,55	0,530	46,03	67,01	57,40	53,96	250,00
	31	14,54	694,65	0,546	46,55	44,85	61,51	57,55	261,00
	32	13,23	647,73	0,509	44,83	51,55	-	-	236,00
	33	12,66	590,51	0,465	42,06	49,48	-	-	206,00
PTNH ₃	34	9,91	529,31	0,440	40,88	40,52	62,19	50,97	138,00
	35	10,54	656,24	0,541	47,85	54,21	65,09	59,91	197,00
	36	12,63	680,86	0,565	50,41	56,84	64,27	51,54	208,00
	37	12,16	718,11	0,599	51,93	59,47	62,41	47,83	225,00
	38	11,77	709,95	0,592	51,84	69,47	63,07	55,67	208,00
	39	13,01	727,60	0,606	53,41	63,68	59,12	48,64	230,00
	40	11,41	666,50	0,553	49,59	72,10	62,27	55,91	202,00
	41	11,18	609,82	0,505	46,85	58,94	61,47	48,44	175,00
	42	9,51	559,47	0,466	42,87	58,94	61,81	51,94	152,00
	43	11,39	700,72	0,580	49,09	82,10	-	-	217,00
	44	13,53	823,05	0,685	59,14	101,05	-	-	274,00
	45	10,34	627,06	0,542	47,58	56,840	-	-	183,00
	46	11,01	711,58	0,592	51,25	61,570	-	-	222,00
	47	10,33	583,49	0,484	44,34	61,570	-	-	163,00
	48	10,44	563,73	0,568	44,96	73,150	-	-	154,00
Moyenne		12,35	707,89	0,581	49,95	70,35	59,70	54,30	225,86
± ET		1,84	130,81	0,11	9,49	32,29	4,26	5,48	53,86

FVA : Foin de vesce-avoine; PTNH₃ : Paille traitée à l'ammoniac; P^{0,75} : Poids métabolique

2. RESULTATS

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

2.1.1. Calcul des besoins d'entretien en énergie

Les détails des données utilisées sont rapportés dans le tableau 32, les calculs sont effectués dans un premier temps en considérant l'ensemble des fourrages (FVA et PTNH₃ soit 48 sujets) et dans un deuxième temps avec seulement les animaux consommant du foin de vesce avoine soit 33 sujets sur toute la période expérimental.

Les résultats apparaissent dans le tableau 33

Tableau 33 :

Evaluation des besoins d'entretien

Equations		P	R ²	B.E.
FVA + PTNH ₃				
UFL = 0,02 GMQ + 0,397 ± 0,090 [1] γ 0,000 0,034	48	< 0,0001	0,411	0,032 UFL/kg P ^{0,75}
MOD = 1,596 GMQ + 273,698 ± 58,378 [2] γ 0,259 22,072	48	< 0,0001	0,451	22,16 MODg/kg P ^{0,75}
sans PTNH ₃				
UFL = 0,002 GMQ + 0,389 ± 0,103 [3] γ 0,000 0,046	33	< 0,0001	0,407	0,0304 UFL/kg P ^{0,75}
MOD = 0,002 GMQ + 265,281 ± 65,998 [4] γ 0,000 29,788	33	< 0,0001	0,461	20,66 MODg/kg P ^{0,75}

UFL : J/animal, MODg/animal/jour

UFL : Unité fourragères lait ; GMQ : Gain moyen quotidien ; MOD : Matière organique digestible

L'équation [1] donne un besoin de 0,032 UFL/kg P^{0,75} ; 41 % des variations du GMQ sont expliqués par les UFL ingérés. Cette valeur des besoins énergétiques est comparable à 3 % près à celle recommandée par l'INRA (1978).

Exprimée en MODg/kg P^{0,75}, elle reste aussi comparable à la recommandation de l'INRA (1978) lorsque le modèle [2] est utilisé ; soit 22,2g de MOD/kg P^{0,75} contre 26g pour l'INRA (-14%).

En revanche, la MOD est un peu mieux corrélée avec le GMQ et les besoins d'entretien déterminés avec l'équation [4] soit de 20,7 g MOD/kg P^{0,75} contre 26g pour l'INRA (1978), 20%).

Il ressort que les besoins d'entretien calculés chez les ovins Ouled-Djellal seraient légèrement plus faibles lorsque la PTNH₃ est éliminée des calculs que ces besoins soient exprimés en MOD ou en UFL.

Cette différence entre régimes pourrait s'expliquer soit par une teneur en fibre plus élevée des PTNH₃ qui en augmentant la durée de la rumination, de la fermentation et de la digestion élèverait et, du même coup, la dépense énergétique de l'animal (WEBSTER et al., 1976), soit encore par sa teneur en azote non protéique plus élevée, l'élimination de cet excès d'azote s'accompagne par une dépense supplémentaire d'énergie (BRUN-BELLUT, 1986).

2.1.2. Calcul des besoins d'entretien en azote

2.1.2.1. Méthode alimentaire par régression

* Besoins d'azote exprimés en MADg/kg P^{0,75}

Les détails des données utilisées sont consignés dans le tableau 32. L'équation qui relie les quantités de MADI aux GMQ réalisés par les animaux apparaît dans le tableau 34. Pour un GMQ nul, l'équation [5] donne un besoin de 2,66 g de MAD/kg P^{0,75}, soit + 5 % par rapport à la recommandation de l'INRA (1978) qui est de 2.52g par Kg de poids métabolique. Dans ces conditions, 56 % des GMQ sont expliqués par les MAD.

L'introduction d'ADF dans le modèle a fait progresser le R² de 0,56 à 0,72. Dans ce cas, le besoin calculé par l'équation [6] pour un GMQ nul est de 3,00 g de MAD/kg P^{0,75} contre 2,52 g de MAD/kg P^{0,75} pour l'INRA (1978). (Tableau 34).

Tableau 34 : Calcul des besoins d'entretien

Equations	N	P	R ²	B.E. en MAD g/kg P ^{0,75}
FVA + PTNH ₃				
MAD = 0,217 GMQ + 32,833 ± 6,442 [5] γ 0,029 2,436	48	< 0,0001	0,556	2,66
MAD = 0,163 GMQ + 7,901 ADF + 19,218 ± 5,136 [6] γ 0,025 1,510 3,247	48	< 0,0001	0,724	3,00
Sans PTNH ₃				
MAD = 0,235 GMQ + 30,209 ± 7,225 [7] γ 0,235 3,261	33	< 0,0001	0,594	2,35
MAD = 0,190 GMQ + 9,598 ADF + 11,178 ± 5,058 [8] γ 0,026 1,664 4,013	33	< 0,0001	0,804	2,65

MAD : g/animal/j ; ADF : g/animal/j ; GMQ : g/j

MAD : Matières azotées digestibles ; GMQ : Gain moyen quotidien ; ADF : Acid detergent fiber

L'élimination du lot PTNH₃ des calculs a permis de faire passer le R² de 0,56 à 0,59 (équations [5] et [7]) et de 0,72 à 0,80 (équations [6] et [8]). Les besoins d'entretien sont respectivement alors de 2,35 et 2,65 g de MAD/kg P^{0,75}. L'introduction de l'ADF, dans ce lot, a fait passer le R² de 0,59 à 0,80 (équations [7] et [8]).

Lorsque les besoins azotés sont calculés à partir des régimes PTNH₃ + FVA. La valeur trouvée est supérieure de 12% à celle obtenue avec le foin de vesce-avoine (équations [5] et [7] et [6] et [8]).

Cette différence pourrait s'expliquer par la nature non protéique de l'azote des PTNH₃ qui serait moins bien utilisé. Cette moins bonne utilisation de ce type d'azote avait été rapportée par BENAHEM et DULPHY, 1985 ; CHESNOT et DULPHY, 1987.

Tableau 35: Données utilisées pour le calcul des besoins azotés par la méthode des bilans

Lot	N° animal	NI (g/animal/j)	ND (g/animal/j)	NE (g/animal/j)	BN (g/animal/j)	ADFI (g/A/j)
FVA	1	10,82	5,94	8,25	2,57	23,75
	2	11,32	6,21	6,41	4,91	43,37
	3	10,65	5,84	6,62	4,03	37,84
	4	10,22	5,71	6,82	3,40	33,26
	5	13,89	7,62	7,18	6,71	48,31
	6	14,98	8,22	10,58	4,41	29,43
	7	20,73	11,37	11,43	9,30	44,86
	8	17,13	9,40	9,14	7,98	46,86
	9	16,85	9,25	8,71	8,14	48,30
	10	18,12	9,94	9,43	8,69	47,95
	11	19,77	10,85	9,79	9,98	50,48
	12	25,12	13,78	14,38	10,74	42,75
Moyenne ± ET		15,80 ± 4,69	8,68 ± 2,56	9,06 ± 2,32	6,74 ± 2,78	41,43 ± 8,54
	13	12,74	7,02	9,93	2,81	22,06
FVA	14	9,85	5,43	6,34	3,51	35,63
	15	10,19	5,61	6,45	3,74	36,70
	16	13,00	7,16	9,45	3,55	27,31
	17	12,17	6,70	8,99	3,18	26,13
	18	13,77	7,53	10,60	3,17	23,03
	19	13,68	7,54	7,69	5,99	43,79
	20	16,98	9,35	13,12	3,86	22,73
	21	18,15	10,00	13,39	4,76	26,23
	22	20,12	11,03	15,38	4,74	23,56
	23	20,34	11,21	14,31	6,03	29,64
	24	21,12	11,64	14,48	6,64	31,44
	25	13,41	7,39	9,01	4,40	32,81
Moyenne ± ET		15,04 ± 3,86	8,28 ± 2,12	10,70 ± 3,11	4,34 ± 1,23	29,31 ± 6,54
	26	17,28	9,20	12,33	4,93	28,53
PTNH ₃	27	12,82	6,82	6,96	5,85	45,63
	28	16,20	8,62	12,97	3,18	19,62
	29	16,09	8,56	11,15	4,94	30,70
	30	15,59	8,30	8,19	7,39	47,40
	31	18,67	9,93	12,66	6,00	32,13
	32	13,95	7,43	7,82	6,12	43,87
	33	17,34	9,23	12,57	4,77	27,50
	34	14,52	7,72	9,42	5,09	35,07
Moyenne ± ET		15,83 ± 1,73	8,42 ± 0,92	10,45 ± 2,24	5,36 ± 1,10	34,49 ± 8,85

FVA : Foin de vesce-avoine; PTNH₃ : Paille traitée à l'ammoniac; NI : Azote ingéré; ND : Azote digéré; NE : Azote excrété; BN : Bilan azoté; ADFI : Acid detergent fiber ingéré

2.1.2.2. Modèle des bilans

Dans ce modèle, le calcul des besoins azotés d'entretien est obtenu par l'extrapolation de l'équation de régression :

$$ND = a BN + b$$

Le détail des données utilisées dans le calcul (valeurs moyennes sur toute la période expérimentale) est consigné dans le tableau 35.

- Pour le lot FVA + PTNH₃, n = 34

$$ND = 0,661 BN + 4,854 \pm 1,473 \quad P < 0,0001 ; R^2 = 0,486$$

γ 0,120 0,703

Dans ce cas, N g/kg P^{0,75} = 0,375 ou **2,34 g de MAD g/kg P^{0,75}**.

- Pour le lot FVA, n = 25

$$ND = 0,727 BN + 4,484 \pm 1,531 \quad P < 0,0001 ; R^2 = 0,577$$

γ 0,15 0,650

Dans ce cas, N g/kg P^{0,75} = 0,349 ou **2,18 g de MAD g/kg P^{0,75}**.

Pour les deux calculs, le coefficient de variation de ND est de l'ordre de 18%.

2.1.2.3. Méthode factorielle

Les besoins d'entretien sont calculés en additionnant les différentes pertes d'azote enregistrées dans les fèces, les urines et les phanères.

2.1.2.3.1. Calcul de l'azote urinaire endogène (NUE)

L'azote urinaire endogène (NUE) représente l'azote remis en circulation par suite du *turn-over* des protéines. Théoriquement on peut l'estimer par extrapolation de modèles de régression reliant l'azote excrété dans les urines à l'azote ingéré (NI) et l'azote digéré (ND).

Nous avons introduit le poids métabolique (P^{0,75}) dans le modèle pour essayer d'améliorer l'estimation du NUE.

Le détail des données utilisées pour ces calculs est consigné dans le tableau 36 et les résultats obtenus apparaissent dans le tableau 37.

Tableau 36 : Données utilisées pour le calcul des besoins azotés par la méthode factorielle(g/Animal et par Jour)

Lot	N° animal	P0,75	MSI	NI	ND	MOND	NU	NF
FVA	1	9,51	614,19	10,82	5,94	244,52	2,15	6,10
	2	10,97	631,30	11,32	6,21	254,04	0,73	5,68
	3	9,36	577,92	10,62	5,84	227,13	1,44	5,18
	4	8,85	542,01	10,22	5,71	210,28	2,16	4,65
	5	11,23	880,80	13,89	7,62	346,96	0,86	6,31
	6	11,41	960,18	14,98	8,22	377,58	2,73	7,84
	7	13,94	1093,82	20,73	11,37	424,66	2,92	8,51
	8	11,23	866,72	17,13	9,40	336,81	2,00	7,14
	9	11,20	842,94	16,85	9,25	327,39	2,30	6,41
	10	11,60	928,84	18,12	9,94	360,31	2,23	7,20
	11	13,10	1046,53	19,77	10,85	407,72	1,90	7,89
	12	15,66	1382,26	25,12	13,78	535,95	3,71	10,68
FVA	13	13,77	690,26	12,74	7,02	262,26	5,46	4,46
	14	13,00	459,62	9,85	5,43	174,81	2,52	3,82
	15	13,00	457,71	10,19	5,61	174,56	2,97	3,47
	16	13,75	706,95	13,00	7,16	268,69	2,72	6,73
	17	13,50	682,16	12,17	6,70	259,53	2,25	6,70
	18	13,14	788,30	13,77	7,59	299,85	4,09	6,50
	19	13,14	791,63	13,68	7,54	300,73	0,84	6,85
	20	13,70	875,88	16,98	9,35	334,78	4,78	8,33
	21	15,00	935,67	18,15	10,00	438,82	5,21	8,18
	22	15,09	1070,10	20,12	11,09	408,23	7,04	8,34
	23	15,31	1079,18	20,34	11,21	412,06	3,39	9,42
	24	15,88	1155,05	21,12	11,64	442,81	4,71	9,71
	25	13,70	634,69	13,41	7,39	242,50	3,32	5,69
PTNH3	26	15,66	916,61	17,28	9,20	323,03	3,85	8,47
	27	10,43	571,77	12,82	6,82	201,75	1,82	5,14
	28	14,05	844,48	16,20	8,62	306,90	5,12	7,85
	29	13,64	831,83	16,09	8,56	293,29	2,75	8,39
	30	13,86	775,95	15,59	8,30	269,80	1,27	6,91
	31	15,78	1025,97	18,67	9,93	355,63	3,07	9,59
	32	10,67	647,28	13,95	7,43	223,20	0,66	6,15
	33	14,63	906,90	17,34	9,23	314,09	3,92	8,94
	34	11,45	690,23	14,51	7,72	236,91	2,44	6,98
Moyenne (n=34)	12,95	820,76	15,52	8,46	311,69	2,92	7,07	
±	=	±	±	±	±	±	=	
ET	1,96	210,97	3,70	2,02	85,09	1,50	1,73	
Moyenne (n=25)	12,80	827,79	15,40	8,47	322,92	2,98	6,87	
±	±	±	=	=	=	±	±	
ET	1,96	232,47	4,21	2,30	92,67	1,55	1,81	

P0,75 : Poids métabolique; MSI : Matière sèche ingérée; NI : Azote ingéré; ND : Azote digéré; MOND : Matière organique non digérée; NU : Azote urinaire; NF : Azote fécal

Tableau 37 : Quantité d'azote endogène urinaire (Lot PTNH₃ + Lot FVA)

Equations	n	P	R ²	N g/kg P ^{0,75}
NUE = 0,171 NI + 0,264 ± 1,376 [13] γ 0,065 1,03	34	< 0,0013	0,180	0,020
NUE = 0,319 ND + 0,225 ± 1,371 [14] γ 0,118 1,026	34	< 0,011	0,186	0,017
NUE = - 0,097 NI + 0,203 P ^{0,75} - 1,620 ± 1,313 [15] γ 1,017 0,117 1,984	34	P > 0,05	0,10	0,203
NUE = - 1,377 ND + 0,203 P ^{0,75} - 0,825 ± 1,303 [16] γ 1,924 0,115 1,982	34	P > 0,05	0,12	0,203

NUE ; ND ; NI ; : g/animal/jour (équations [13] et [14] et en g/j/ P^{0,75} équations [15] et [16])

NUE : Azote urinaire excrété ; ND : Azote digéré ; NI : Azote ingéré ; P^{0,75} Poids métabolique

Les équations [13] et [14] montrent que seulement 18 et 19 % des variations NUE sont expliqués respectivement par le NI et ND. Bien que significatives à P = 0,05; la part non expliquée étant de l'ordre de 80%.

L'introduction du poids métabolique n'améliore pas le R². (Équations [15] et [16] (tableau 37)).

L'élimination du lot PTNH₃ de nos calculs n'a pas non plus fait varier le R² qui est resté très faible, (équations [19] et [20] (tableau 38)).

Tableau 38 : Quantité d'azote endogène urinaire (sans le lot PTNH₃)

Equations	n	P	R ²	N g/kg P ^{0,75}
NUE = 0,154 NI + 0,601 ± 1,440 [17] γ 0,070 1,115	25	< 0,038	0,175	0,047
NUE = 0,285 ND + 0,561 ± 1,437 [18] □ □ □ 0,127 1,16	25	< 0,035	0,179	0,044
NUE = - 0,016 NI + 0,022 P ^{0,75} - 0,042 ± 0,089 [19] γ 0,070 0,009 0,105	25	P > 0,05	0,10	0,022
NUE = 0,001 ND + 0,022 P ^{0,75} - 0,060 ± 0,089 [20] γ 0,134 0,009 0,145	25	P > 0,05	0,21	0,022

NUE ; ND et NI : g/animal/j (équations [17] et [18] et en g/j/ P^{0,75} équations [19] et [20])

NUE : Azote urinaire excrété ; NI : Azote ingéré ; ND : Azote digéré ; P^{0,75} : Poids métabolique

Dans nos conditions, il apparaît que ni NI, ni ND, ni le poids métabolique ne sont de bons estimateurs de NUE. La variabilité peu importante de P^{0,75} dans nos échantillons (C.V. = 15 %) pourrait expliquer en partie ce résultat. Ce même phénomène a été rapporté par BRUN-BELLUT (1986).

Les valeurs obtenues dans nos essais varient de 0,020 d'Ng/kg P^{0,75} (ensemble des échantillons) à 0,047 d'Ng/kg P^{0,75} (foin de vesce avoine seul) pour les modèles [13] et [14] (tableau 37) et les modèles [17] et [18] (tableau 38).

Comparativement à une compilation de 28 valeurs rapportées par l'ARC (1965) et l'AFRC (1993) (tableau 25) avec des variations allant de 0,023 à 0,17g /kg P^{0,75}, avec une moyenne de 0,10 ± 0,04 seuls les résultats de ELLIOT et TOPPS (1964) se situent dans notre plage de valeurs.

Dans notre essai, compte tenu des résultats internationaux, nous avons adopté la valeur des 0,047g d'N/Kg P^{0,75}, pour le calcul des besoins d'entretien.

2.1.2.3.2. Calcul de l'azote fécal métabolique (NFm)

L'azote fécal métabolique exprimé en g d'azote par 100 g de MSI ou par kg de P^{0,75} et par jour est calculé à partir des équations du tableau 39 pour des valeurs nulles de NI, ND, MSI et MOND. Les résultats obtenus dans ces conditions de calcul sont consignés dans le tableau 39.

Tableau 39 : Quantité d'azote fécal métabolique excrétée (lot PTNH₃ + lot FVA)

Equations	n	P	R ²	N g/100 g MSI	N g/kg P ^{0,75}
NFm = 0,416 NI + 0,608 ± 0,789 [21] γ 0,037 0,591	34	< 0,0001	0,797	0,074	0,045
NFm = 0,752 ND + 0,706 ± 0,828 [22] γ 0,071 0,620	34	< 0,0001	0,777	0,086	0,054
NFm = 0,007 MSI + 0,939 ± 0,715 [23] γ 0,001 0,500	34	< 0,0001	0,833	0,11	0,07
NFm = 0,338 NI + 0,004 MOND + 0,667 ± 0,791 [24] γ 0,094 0,004 0,596	34	< 0,0001	0,803	0,08	0,051
NFm = 0,609 ND + 0,002 P ^{0,75} + 0,120 ± 0,068 [25] γ 0,101 0,006 0,104	34	P < 0,0001	0,54	0,018	0,122
NFm = 0,316 NI + 0,003 P ^{0,75} + 0,13 ± 0,069 [26] γ 0,054 0,006 0,105	34	P < 0,0001	0,53	0,020	0,133

NFm ; NI ; ND ; MSI ; MOND : g/j/animal (équations [21], [22], [23] et [24]) et en g/j/Kg P^{0,75} (équations [25] et [26]).
NFm : Azote fécal métabolique ; NI : Azote ingéré ; ND : Azote digéré ; MSI : Matière sèche ingérée ; MOND : Matière organique non digérée; P^{0,75} : Poids métabolique

Environ 80% des variations de l'azote fécal métabolique sont expliqués par NI, ND, MSI ou MOND (équations [21], [22], [23] et [24]). En revanche, lorsque le poids métabolique (P^{0,75}) est ajouté à NI ou ND (équations [25] et [26]), la part totale expliquée par ce modèle tombe à 54 % (tableau 39).

Les valeurs obtenues dans nos essais varient de 0,02 à 0,11g d’N/100g de MSI contre 0,483 pour la littérature et 0,045 à 0,133 g d’N/kg P^{0,75} contre 0,316 pour la littérature (tableau 25),

Les calculs effectués sans le lot PTNH₃ ont permis d’une manière globale d’améliorer de 8 % le R² (tableau 40). Les valeurs de NFm obtenues sont alors comprises entre 0,02 à 0,10 g d’N/100g MSI ou 0,063 à 0,19 g d’N/kg P^{0,75} (tableau 40).

Tableau 40 : Quantité d’azote fécal métabolique excrétée (sans le lot PTNH₃)

Equations	n	P	R ²	N g/100 g MSI	N g/kg P ^{0,75}
NFm = 0,391 NI + 0,847 ± 0,770 [27] γ 0,037 0,596	25	< 0,0001	0,826	0,102	0,066
NFm = 0,714 ND + 0,822 ± 0,7698 [28] γ 0,068 0,597	25	< 0,0001	0,827	0,100	0,064
NFm = 0,007 MSI + 0,813 ± 0,625 [29] γ 0,001 0,471	25	< 0,0001	0,886	0,099	0,063
NFm = 0,08 NI + 0,015 MOND + 0,866 ± 0,663 [30] γ 0,108 0,005 0,514	25	< 0,0001	0,877	0,105	0,067
NFm = 0,638 ND - 0,005 P ^{0,75} + 0,17 ± 0,07 [31] γ 0,105 0,007 0,114	25	< 0,0001	0,62	0,020	0,16
NFm = 0,318 NI - 0,003 P ^{0,75} + 0,192 ± 0,075 [32] γ 0,059 0,008 0,122	25	< 0,0001	0,57	0,020	0,19

NFm ; NI ; ND ; MSI ; MOND : g/j/animal équations [27] [28] [29] et [30]

NFm : Azote fécal métabolique ; NI : Azote ingéré ; ND : Azote digéré ; MSI : Matière sèche ingérée ; MOND : Matière organique non digérée ; P^{0,75} : Poids métabolique.

Comme pour le lot PTNH₃ + lot FVA, l’NFm est fortement corrélé avec la MSI (équations [23] et [29]).

Le calcul de NFm à partir de cette équation semblerait plus judicieux. Aussi nous avons retenu la valeur de 0,07 g d’N/kg P^{0,75}.

En adoptant par ailleurs pour NPP = 0,02 g d’N/kg P^{0,75} (ARC, 1965).

Les besoins d’entretien des agneaux par la méthode factorielle sont calculés alors par l’expression suivante :

$$BE = NUE + NFm + NPP$$

$$BE = 0,047 + 0,07 + 0,02 = 0,137 \text{ g d’N/kg P}^{0,75} \text{ soit } 0,86 \text{ g de MAD par kg P}^{0,75}.$$

Cette valeur est inférieure de 63 % et 67 % par rapport aux besoins déterminés par la méthode des bilans et la méthode alimentaire par régression.

3. DISCUSSION

L'état récapitulatif des résultats des besoins d'entretien en énergie et en azote retenus dans nos essais pour des agneaux de race Ouled Djellal âgés de 12 mois est consigné dans le tableau 41.

Les valeurs des besoins d'entretien pour l'énergie issues respectivement des modèles [1] et [2] sont de $0,032 \text{ UFL/kg P}^{0,75}$ et de $22,2 \text{ g de MOD/kg P}^{0,75}$. Elles sont obtenues à partir de paramètres simples, GMQ, UFLI et MODI tirés de nos essais d'alimentation de longue durée (6 mois). Elles nous paraissent fiables. Elles sont comparables à celles donner par l'INRA (1998)

Exprimée en MOD, nos résultats nos sont plus faibles que ceux du N.A.S. des U.S.A.(1975), de l'A.R.C. et de l'I.N.R.A.(1988) qui les estiment à $26 \text{ g de MOD/Kg de poids métabolique}$ (-14.6%).

Exprimée en EM (sur la base de $EM=3.40MOD+1.7MAD$, VAN ES 1975), nos valeurs sont de $80 \text{ Kcal/Kg de poids métabolique}$ contre $95 \text{ Kcal/Kg de poids métabolique}$ pour le NAS (1975), ARC (1980) et INRA (1988). Il semble donc que les besoins en énergie de la race ouled djellal sont inférieurs à ceux des races du nord. Des résultats similaires avaient été rapportés par ELJASSIM et al.(1996) et (2002) sur la race AWASSI.

Cette différences de besoin pourraient s'expliquer par la composition des ration. On sait en effet que l'EM diminue avec la teneur en constituants pariétaux de la ration (WEBSTER 1979). Nos régimes ne contenaient que 29% de concentré contre plus de 60% pour les rations utilisée par l'INRA. Néanmoins, la valeur de $0.031 \text{ UF/Kg de poids métabolique}$ indiquée pour la race AWASSI avait été déterminée avec des rations dont la digestibilité de l'énergie était de 78%.

Il semblerait donc que les besoins en énergie d'entretien des races rustiques OULED DJELLAL et AWASSI seraient inférieur à ceux des ovins des pays du nord. Ces résultats, ne seraient pas étonnants. En effet, outre les différences d'intensité physique, les besoins énergétiques d'entretien sont déterminés en grande partie par la composition corporelle de l'animal (WEBSTER 1978). Ils auraient tendance à diminuer avec la teneur en lipides car les cellules graisseurs ont un métabolisme plus faible que celles du muscle (BOCQUIER 2000). De même, les ruminants vivants dans des conditions alimentaires difficiles, auraient un métabolisme cellulaire plus faible (SARASWAT et SENGAR 2000). Si l'on ajoute que la quantité d'énergie produite par unité de poids dépend du type génétique et particulièrement de l'histoire nutritionnelle de l'animal notamment de restriction alimentaire (BLANC 2004), il est permis de comprendre que les besoins énergétiques de la race vivant dans des conditions difficiles soient plus faibles. Néanmoins, le GMQ utilisé comme variable explicatif des besoins énergétiques pourrait être surestimée par le poids du contenu digestif, plus développé chez les animaux consommant des rations riches en celluloses. Avec une teneur en cellulose brute de la ration totale ingérée de 29%, ce facteur n'a pas du jouer un rôle déterminant. Les valeurs obtenues dans nos essais varient de $0,020 \text{ d'Ng/kg P}^{0,75}$ (ensemble des échantillons) à $0,047 \text{ d'Ng/kg P}^{0,75}$ (foin de vesce avoine seul) pour les modèles [13] et [14] (tableau 37) et les modèles [17] et [18] (tableau 38).

Tableau 41 : État récapitulatif des besoins en énergie et en azote des agneaux de race Ouled Djellad âgés de 12 mois.

Energie				Azote			
UFL / kg P ^{0,75}		MODg / kg P ^{0,75}		EM kcal/ kg P ^{0,75}		MADg/ kg P ^{0,75}	
Nos résultats	INRA (1978)	Nos résultats	INRA (1978)	Nos résultats	NAS (1975)	INRA (1978)	ARC (1980)
Méthode alimentaire par régression		Méthode alimentaire par régression					
0,032	0,033	22,16	26	80	95	95	95
						Méthode alimentaire par régression	Méthode factorielle
						Méthode bilan	
						2,34	0,88
							2,52
							-

Contrairement à l'énergie, les besoins azotés de la race OULED DJELLAL seraient légèrement plus élevés que ceux des races du nord. Par ailleurs, les MAD ne sont pas un bon estimateurs des besoins azotés ceci d'autant plus que nos rations comportent de la paille traitée à l'ammoniac.

Pour l'azote, notre résultat (2,66 g de MAD/ kg P^{0,75}) obtenu par la méthode alimentaire par régression est supérieur de 5% à la recommandation du NAS (1975) et de l'INRA (1978) et de 24% à la recommandation de l'ARC (1980).

La comparaison des valeurs obtenues par différentes méthodes utilisées montre que les besoins azotés calculés par la méthode alimentaire par régression (2,66 g de MAD/ kg P^{0,75}) sont supérieurs de 14 % à ceux calculés par la méthode des bilans (2,34g de MAD/kg P^{0,75}) et de 209% comparativement à la méthode factorielle (0,86 g de MAD/kg P^{0,75}).

Sur caprins, une compilation de 7 et 18 valeurs des besoins d'entretien calculés respectivement à partir de la méthode factorielle et la méthode des bilans rapportée par BRUN-BELLUT et al, (1991) (Annexe 1) montre que les besoins d'entretien calculés par la méthode factorielle sont de 1,65 g de MAD/kg P^{0,75} contre 2,26 g de MAD/kg P^{0,75} par la méthode des bilans soit une différence de 38% en faveur de la méthode des bilans.

La recommandation officielle en France étant de 2,12g de MAD/kg P^{0,75} (INRA 1978) soit + 28 % et - 6 % respectivement par rapport à la méthode factorielle et la méthode des bilans.

Il ressort que la méthode factorielle a très nettement sous-estimé les besoins des animaux. Les erreurs sont à rechercher dans les trois variables ayant servi au calcul de ces besoins.

- NUE. L'azote urinaire excrété est déterminé indirectement à partir de NI, ND et de NU. NU est difficile à déterminer avec précision. BRUN-BELLUT, (1986) dans ces travaux note un coefficient de variation de 35% sur la détermination de NUE.

Les pertes d'urine sont inévitables : pertes directes ; fermentation de l'urée en ammoniac, fèces souillées. Par ailleurs l'azote des urines récolté ne correspond pas à l'azote alimentaire des 24 heures, une bonne partie est recyclée et la vessie n'est jamais totalement vide. Tous ces biais expliquent que 80% des variations de NUE ne sont pas expliqués par les modèles que nous avons utilisés.

Par ailleurs, selon BRUN-BELLUT, (1986), la détermination de NUE est de moins en moins précise lorsque la mesure est effectuée à des niveaux d'apport éloignés des besoins d'entretien ce qui est notre cas (niveau alimentaire azoté = 1,62).

Notons encore qu'en règle générale pour des animaux encore jeunes, l'azote urinaire excrété dépend de la nature de la ration (diminue avec la qualité du fourrage), de l'âge de l'animal (plus faible pour les jeunes animaux), de la race (plus faible pour la race à viande améliorée) et la qualité de l'azote ingérée (diminue avec la qualité de l'azote).

La méthode qui consiste à distribuer un régime protéoprive pour déterminer NUE est difficilement applicable chez le ruminant.

- NFm. L'azote fécal métabolique est bien corrélé avec ND, NI et surtout avec MSI, la part expliquée est de l'ordre de 80%. Il y a en effet moins de biais dans la mesure de cette fraction. Ces résultats sont en accord avec ceux de JARRIGE, JOURNET et VERITE (1978) ; GIGER et SAUVANT (1978) et BRUN-BELLUT (1986).
 - Les fèces sont moins riches en azote que les urines, les pertes même si elles existent (mais nettement plus faibles) se répercutent moins sur les pertes en azote.
 - L'azote des fèces ne donnant pas lieu à recyclage, il représente de ce fait ,plus parfaitement que les urines , l'ingéré des 24 heures.

Les valeurs de NFm que nous avons obtenues se situent dans la plage des plus faibles données internationales.

- NPP. La valeur de 0,02g d'N/Kg P^{0,75} correspondant aux pertes des phanères estimées pour les bovins (ARC, 1965), elles pourraient ne pas correspondre à celles des ovins à cause de la laine. Pour la chèvre Angora, NRC, (1980) rapporte des valeurs comprises entre 0,04 et 0,2g d'N/ Kg P^{0,75}.

Ces résultats en accord avec ceux de nombreux auteurs, DELAGE (1974) et INRA (1978) montrent que les besoins d'entretien en azote mesurés par la méthode factorielle ou la méthode des bilans nécessitent une validation par les méthodes alimentaires.

TRAVAIL 2

ÉVALUATION DES BESOINS EN ENERGIE ET EN AZOTE DE LA GESTATION ET DE LA PRODUCTION LAITIERE DE LA BREBIS OULED DJELLAL

1. MATERIEL ET METHODES

Ce travail est divisé en deux parties :

- A – En bergerie expérimentale sur brebis : l'objectif est l'évaluation des bilans nutritionnels en énergie et en azote au cours de l'état de gestation et de lactation;
- B – En atelier de digestibilité sur béliers : le but est de mesurer la digestibilité de la matière organique et des matières azotées totales des rations distribuées en bergerie.

A – EN BERGERIE EXPERIMENTALE

1.1. LES ANIMAUX

15 brebis, âgées de 4 ans et de poids moyen de $40,20 \pm 6,44$ kg (annexe 3 et 4) issues d'une conduite alimentaire de longue durée à base de paille traitée, sont placées en boxes individuels à sol cimenté et paillé, munis d'abreuvoir et d'une mangeoire qui permet l'approvisionnement de l'extérieur du box.

1.2. DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION

Elle s'est déroulée sur deux années. L'alimentation est constituée de paille traitée à l'ammoniac (voir chapitre 4 paragraphe 1.2.1.) complétée avec un concentré dont la composition chimique est consignée dans le tableau 28 du chapitre 4 paragraphe 1.2.2.1. Les animaux disposent aussi de pierre à lécher dont la composition chimique est indiquée dans le tableau 42.

Tableau 42 : Composition chimique des pierres à lécher (ONAB. Ouled-Djellal)

Composants	%
Calcaire	5,0
Phosphate bicalcique	36,5
Chlorure de sodium	29,5
Oxyde de Magnésium	5,0
Chlorure de magnésium	3,9
Eau	19,1
Oligo-élément	1,0

Le calendrier de conduite du rationnement des brebis est présenté dans le tableau 43.

Tableau 43 : Rationnement des animaux

Stade physiologique	PTNH ₃ + eau + Pierre à lécher	Concentré g/jA	Vitamines
Repos	à volonté	150	2 ml de complexe vitaminique (VITAVIA) jusqu'à 3 mois de gestation; 2 ml/2 fois /mois et par brebis à partir du 4 ^e mois de gestation jusqu'au sevrage.
Flushing		300 [1]	
1, 2, 3 et 4 mois de gestation		150	
5 mois de gestation		300	
lactation (3 mois)		400	
Consommation moyenne durant toute la période de reproduction et lactation		262	

[1] : orge

Les besoins en énergie et en azote sont calculés par référence aux valeurs déterminées pour la race Ouled Djellal dans nos essais précédent, c'est à dire : 0,032UFL/ kg P^{0,75} et 2,66g de MAD/ kg P^{0,75}.

1.3. CONDUITE DE LA REPRODUCTION

La méthode de synchronisation des chaleurs utilisée est celle préconisée par COGNIE (1988) : elle consiste en l'utilisation d'une éponge vaginale imprégnée de 40 mg de F.G.A. pendant 14 jours puis au moment du retrait de l'éponge d'une injection intramusculaire de 500 UI de PMSG. Le bélier (un pour quatre brebis) est introduit dans le box 48 heures après le retrait de l'éponge et y séjourne pendant 48 heures; il est réintroduit 15 jours après la première saillie.

1.4. LES MESURES

Durant toute la période expérimentale, les quantités de matières sèches ingérées de la paille seule et du concentré par les brebis sont déterminées chaque jour par pesée du distribué et du refus et par mesure de la matière sèche à l'étuve. La matière sèche ingérée ainsi déterminée est exprimée en g/kg P^{0,75} pour la paille seule et pour la ration totale.

Pour chaque cycle de reproduction, les variations de poids sont enregistrées durant la gestation à jeun et tous les mois ainsi qu'à la mise bas. Après la mise bas, les agneaux sont pesés à la naissance puis chaque semaine jusqu'au sevrage qui intervient à 3 mois d'âge.

L'estimation de la production laitière des brebis est faite sur 45 jours par pesée des agneaux avant et après la tétée, trois fois par jour : 9 h, 13 h et 18 h, selon la méthode décrite par RICORDEAU et al. (1960).

1.5. LES CALCULS

1.5.1. Bilan nutritionnel des brebis

1.5.1.1. Calcul de l'ingéré énergétique et azoté

La valeur azotée des rations est exprimée en MAD et l'énergie en UFL ou en énergie métabolisable selon la formule de VAN ES (1975)

$$EM = 3,4 \text{ MOD} + 1,7 \text{ MAD}$$

Nous avons pu ainsi calculer les MOD, l'énergie ingérée (en UFL ou en EM) et les quantités disponibles pour la production sur la base d'un besoin d'entretien de 0,032 UFL/kg P^{0,75}/j et 2,66 g de MAD/kg P^{0,75}/j.

1.5.1.2. Rendements énergétiques et azotés pour la Gestation et la production laitière

Les rendements de l'énergie métabolisable et de l'azote digestible pour la gestation ont été déterminés à partir des quantités d'énergie et d'azote fixées dans l'agneau à la naissance, les annexes, l'utérus gravide et le liquide amniotique.

- Agneaux : à la naissance, quatre agneaux pour chaque année d'essai ont été sacrifiés sous éther sans saignement. Chaque agneau mort est placé dans un grand plateau préalablement taré puis découpé en morceaux assez minces pour faciliter le séchage. Après pesée, le tout est mis à l'étuve (80°C) jusqu'à poids constant et la matière sèche est calculée. Les carcasses sont broyées individuellement et conservées au congélateur.

- Les annexes : elles ont été récupérées aussitôt après expulsion à la mise bas. La détermination de la matière sèche et la conservation des échantillons sont réalisées dans les mêmes conditions que pour les agneaux.

Les analyses portent sur l'énergie brute (EB), les matières azotées totales (MAT), la matière grasse (MG) et les matières minérales (MM).

- Concernant les quantités d'énergie et d'azote fixées par l'utérus gravide et le liquide amniotique, elles n'ont pas été déterminées. Nous les avons calculées à partir des données de l'INRA (1978) présentées dans le tableau 44.

Tableau 44 : Répartition des quantités totales de matière fraîche, énergie et azote fixées au cours de la gestation dans l'utérus gravide de la brebis (INRA, 1978)

	% de la quantité totale fixée	
	Enveloppes + liquide	Utérus
Poids frais	28 – 32	7 - 9
Énergie	9 – 10	9 - 10
Azote	7 – 11	11 - 12

1.5.1.2.1. Calcul des rendements

1.5.1.2.1.1. Rendement de gestation

- Pour l'énergie :

$$KGe = \frac{\text{Quantité d'énergie fixée dans le fœtus + annexes + utérus + liquide amniotique}}{\text{EM disponible pour la production}} \times 100$$

- Pour l'azote :

$$KGp = \frac{\text{Quantité de protéines fixée dans le fœtus + annexes + utérus + liquide amniotique}}{\text{Quantité de MAD disponible pour la production}} \times 100$$

1.5.1.2.1.2. Rendement pour la production laitière

Il a été calculé sur 45 jours de lactation sur la base de la teneur en énergie brute et de la teneur en protéines du lait.

- Pour l'énergie :

$$K_{le} = \frac{\text{Énergie contenue dans le lait produit}}{\text{EM disponible pour la production (y compris la variation du poids)}} \times 100$$

- Pour l'azote :

$$K_{lp} = \frac{\text{Protéines contenues dans le lait produit}}{\text{MAD disponible pour la production (y compris la variation du poids)}} \times 100$$

1.5.2. Mesure de l'énergie brute des carcasses, annexes et lait et composition chimique

1.5.2.1. Energie brute des carcasses, annexes et lait

Les échantillons de carcasse et annexe subissent une combustion complète en présence d'oxygène dans une bombe calorimétrique adiabatique de type IKA WERK. L'énergie brute est évaluée par l'équation suivante :

$$EB = \frac{(T_2 - T_1) C - Q}{P}$$

où :

- EB : l'énergie brute exprimée en calories.
 - T₂ – T₁ : la différence de température après et avant la combustion de l'échantillon, exprimée en °C.
 - Q : l'énergie dégagée par la combustion du fil de clavecin, La capacité du fil étant de 1,4 cal/cm.
 - C : capacité calorifique du calorimètre (2591 cal/°C) évaluée après la combustion de pastilles d'acide benzoïque.
 - P : poids de la pastille en grammes.
- Les mesures se font sur des prises d'essais de 0,50g

Le lait des brebis du lot est prélevé chaque matin et cumulé par semaine de lactation dans des flacons conservés au congélateur.

La combustion du lait liquide étant difficile dans la bombe calorimétrique, nous l'avons mélangé (30 g) à une farine de pomme de terre (15 g) dont l'énergie brute est connue. Le mélange ainsi obtenu est séché à l'étuve à 60°C jusqu'à poids constant. Après l'avoir bien homogénéisé, l'énergie brute est déterminée sur ce mélange, celle du lait est obtenu par différence.

1.5.2.2. Composition chimique de la carcasse, des annexes et du lait

La matière sèche (sur 3 g), les matières minérales (sur 3 g) et les matières azotées (sur 0,5 g pour la carcasse et les annexes et sur 5 ml pour le lait) ont été déterminées comme précédemment (A.O.A.C., 1975).

Le dosage de la matière grasse contenue dans les annexes et les carcasses des agneaux a été réalisé selon la méthode de SOXHLET sur 2,5 g d'échantillon et celle du lait selon la méthode de GERBER sur 5ml.

Les résultats sont exprimés en % de la matière sèche et en g/kg pour le lait

Le dosage de l'urée du lait est déterminé par la méthode de la spectrophotométrie, utilisant une trousse urée Bohringer Mannheim GmbH. Les résultats obtenus sont exprimés en mmol/l

B. EN ATELIER DE DIGESTIBILITE

1.1. LES ANIMAUX

Les mesures de la digestibilité ont été effectuées sur six ovins mâles, adultes, non castrés de race Ouled Djellal, pesant entre 30 et 37 kg, selon la méthode décrite précédemment (page 57).

1.2. LES ALIMENTS

Il s'agit de la PTNH₃, complétée avec du concentré enrichi avec 2 % de CMV (la méthode de traitement de la paille, la nature et la composition du concentré sont rapportées dans le chapitre 4, paragraphe 1.2).

La quantité de paille distribuée aux animaux est la moyenne obtenue durant deux années d'essais à la bergerie expérimentale sur des brebis à différents stades physiologiques (tableau 45).

Tableau 45 : Régimes alimentaires distribués aux animaux (g/j)

Lot	1	2	3
PTNH ₃	760	600	840
Concentré	150	300	400
Stade physiologique	Pour les 4 premiers mois de gestation	5 ^e mois de gestation	Pour les trois mois de lactation

2. RESULTATS

2.1. Digestibilité apparente des rations utilisées par les brebis Durant la gestation et la lactation

Le niveau alimentaire étant un facteur de variation de la digestibilité des aliments, nous l'avons mesuré au niveau atteint par les brebis (observé sur deux ans) aux trois stades physiologiques.

Les résultats apparaissent dans le tableau 46.

Tableau 46 : Digestibilité apparente de la matière organique et des matières azotées totales des rations utilisées dans nos essais

	Paramètres	Dose du concentré (g)		
		150	300	400
Année 1	dMO %	56,40 ± 1,23	59,70 ± 1,40	61,70 ± 1,31
	DMAT %	44,60 ± 4,46	47,80 ± 4,66	48,20 ± 2,70
	MOD ingérée par les brebis (g/j)	507,91 ± 22,27	546,70 ± 71,00	678,48 ± 26,50
	P ^{0,75} des brebis	16,55 ± 1,81	17,32 ± 2,68	15,31 ± 0,21
	NA établi par les brebis	1,33	1,37	1,93
	NA établi par les béliers	1,32	1,37	1,84
Année 2	DMO %	59,02 ± 2,84	60,75 ± 2,78	64,86 ± 2,25
	DMAT %	46,82 ± 2,90	49,50 ± 1,48	52,77 ± 2,60
	MOD ingérée par les brebis (g/j)	496,77 ± 41,73	574,80 ± 75,90	775,48 ± 30,36
	P ^{0,75} des brebis	15,88 ± 0,84	17,11 ± 1,90	16,16 ± 0,09
	NA établi par les brebis	1,36	1,46	2,08
	NA établi par les béliers	1,33	1,37	1,84

Il est intéressant de constater que le niveau alimentaire moyen atteint par les béliers lors de ces mesures de digestibilité est comparable à celui relevé pour les brebis durant les deux années d'expérience.

2.2. Bilan nutritionnel des brebis durant la gestation et la lactation

2.2.1. La gestation

Pour cette période, la moyenne des deux années d'essai est consignée dans le tableau 47.

Tableau 47 : Bilan nutritionnel des brebis durant la période de gestation
 Exprimé en UFL et en MAD (moyenne des 2 années)

Période	P ^{0,75}	B.E.		Ingéré		Bilan		GMQ réalisé g/j	GMQ théorique	
		UFL/ j	MAD g/j	UFL/j	MAD g/j	UFL/j	MAD g/j		UFL/ j	MAD g/ j
0-3 mois de gestation	16,29 ±0,35	0,521 ± 0,01	43,34 ± 0,94	0,731 ± 0,016	39,695 ± 7,417	0,210	-3,645	38,95 ± 7,60	65,62	-15,19
4 ^e mois de gestation	16,84 ±0,23	0,539 ± 0,007	44,79 ± 0,60	0,716 ± 0,048	40,865 ± 6,059	0,177	-3,925	13,69 ± 6,50	55,31	-16,35
5 ^e mois de gestation	17,21 ±0,25	0,550 ± 0,005	45,79 ± 0,40	0,806 ± 0,034	51,925 ± 3,472	0,256	6,135	59,58 ± 28,34	80,00	+25,56
moyenne 4 + 5 mois de gestation	17,02 ± 0,26	0,544 ± 0,007	45,29 ± 0,71	0,761 ± 0,063	46,395 ± 7,820	0,216 ± 0,056	+1,105 ± 5,070	36,63 ± 32,45	67,65 ± 17,46	+4,60 ±21,12
Moyenne des 5 mois	16,78	0,537	44,64	0,751	44,161	0,214	-0,478	37,41	66,98	-1,99
ET	0,46	0,014	11,23	0,048	6,748	0,039	5,729	22,98	12,40	23,87

ET : Ecart type

2.2.1.1. Période 0 - 3 mois

Le poids métabolique était de 16,29 kg, les UFLI étaient de 0,731 dont 22 % sont apportés par le concentré et 78 % par la paille et les MADI d'environ 40 g dont 63 % sont fournis par le concentré et 37 % par la paille.

. Après couverture des besoins d'entretien, les quantités d'UFL disponibles pour la production étaient de 0,21 et elles permettaient un gain moyen quotidien (GMQ) théorique d'environ 66 g/j tandis que les MADI n'arrivent pas à couvrir les besoins d'entretien. Néanmoins, malgré le déficit en MAD, le GMQ réalisé est d'environ 39 g/j.

2.2.1.2. 4^{ème} mois de gestation

Les quantités d'azote ingérées restent pratiquement stables. Elles sont fournies pour 61 % par le concentré et 39 % par la paille, alors que celles des UFLI diminuent légèrement. Elles sont apportées pour 23 % par le concentré et 77 % par la paille.

Le GMQ réalisé durant cette période est largement inférieur à celui enregistré à la période 0-3 mois, environ 14 g./j soit - 65 %.

Tableau 48 : Évolution du poids (en kg) des brabis durant les 45 jours de lactation

Brabis	Poids à la mise bas (kg)	1 ^{er} semaine		2 ^e semaine		3 ^e semaine		4 ^e semaine		5 ^e semaine		6 ^e semaine		Moyenne et ET des 6 semaines de lactation	
		PV (kg)	D de poids (g)	PV (kg)	D de poids (g)	PV (kg)	D de poids (g)	PV (kg)	D de poids (g)	PV (kg)	D de poids (g)	PV (kg)	D de poids (g)	PV (kg)	D de poids (g)
24912	41,40	41,40	0	39,40	-2000	40,00	600	40,00	0	39,20	-800	39,70	500	39,95	-283,33
24481	50,50	50,40	-100	49,60	-800	49,00	-600	49,70	700	47,70	-2000	48,00	300	49,07	-416,67
8014	40,40	37,50	-2900	37,60	100	35,30	-2300	36,00	700	35,00	-1000	35,00	0	36,07	-900,00
733	34,20	34,70	500	33,60	-1100	33,70	100	33,70	0	34,00	300	33,50	-500	33,87	116,67
8040	43,00	41,00	-1100	41,20	-700	39,80	-1400	39,50	-300	38,20	-1300	37,50	-700	39,68	-916,67
24506	34,60	36,30	1700	34,20	-2100	33,30	-900	34,00	700	32,90	-1100	34,80	1900	34,25	33,33
8021	35,30	35,00	-300	35,20	200	32,90	-2300	33,00	100	34,90	1900	34,40	-500	34,23	-150,00
8035	35,90	33,60	-2300	33,30	-300	33,30	0	33,20	-100	32,90	-300	33,00	100	33,22	-483,33
744	43,20	41,00	-2200	41,00	0	41,40	400	39,70	-1700	39,50	-200	39,80	300	40,40	-566,67
24480	40,00	33,30	-6700	38,50	5200	38,10	-400	37,70	-400	39,00	1300	39,00	0	37,60	-166,67
619	51,20	52,90	1700	53,60	700	53,35	-250	52,95	-400	53,15	200	53,00	-150	53,16	300,00
8014	40,80	40,80	0	40,90	100	40,00	-900	40,30	300	40,70	400	39,10	-1600	40,30	-283,33
24506	35,00	36,10	1100	37,10	1000	37,15	50	36,50	-650	35,85	-650	36,30	450	36,50	216,67
8032	43,90	46,80	2900	50,05	3250	50,05	0	49,60	-450	49,00	-600	48,60	-400	49,02	783,33
680	42,40	41,75	-650	41,00	-750	40,75	-250	40,75	0	40,80	50	40,00	-800	40,84	-400,00
24482	43,10	45,10	2000	47,05	1950	46,75	-300	46,40	-350	47,00	600	47,10	100	46,57	666,67
732	39,10	37,45	-1650	35,50	-1950	35,10	-400	35,15	50	35,35	200	35,10	-250	35,61	-666,67

2.2.1.3. 5^{ème} mois de gestation

A ce stade, les quantités d'UFLI augmentent de 10 % par rapport à la période 0-3 mois, tandis que les MADI augmentent franchement de 31 %. Elles sont fournies pour l'essentiel par le concentré (69 % pour les MAD et 41 % pour l'énergie).

Nous enregistrons pour ce stade de gestation, un bilan très légèrement positif pour les MAD de 6 g/j contre - 3,64 et - 3,92 g/j respectivement pour la période 0-3 mois et le 4^e mois de gestation.

Le GMQ alors réalisé, est d'environ 60 g/j. Il résulte pour l'essentiel de la croissance du fœtus qui est réalisé au cours des trois dernières quinzaines de gestation (JARRIGE et al., 1978; VERMOREL, 1988 et NICOLE-CHENE et al., 1988).

2.2.1.4. Conclusion

Pour les trois stades de gestation, environ 68 % de l'azote sont fournis par le concentré et 32 % par la paille. Pour l'énergie, la proportion est de 26 % pour le concentré et 74 % pour la paille.

Les quantités d'UFLI disponibles pour la production permettaient d'assurer un GMQ théorique de 67 g/j contre - 2 g/j pour les MADI. Le GMQ effectivement réalisé est de 37g, soit un déficit en MAD de 10g.

2.2.2. La lactation

2.2.2.1. Évolution des poids vifs des brebis durant la période de lactation

A la mise bas, les animaux ont pesé en moyenne, durant les deux années d'essai, $40,38 \pm 5,25$ kg (tableau 48). Après la première semaine de lactation, les pertes sont de 600 g par semaine en moyenne pour les brebis. Ces pertes se poursuivent durant la 3^e, 4^e et 6^e semaine de lactation; cependant, nous observons un gain de 220 g, et 42,50 g par semaine respectivement à la 2^e et 5^e semaine (figure 9).

Durant les 45 jours de lactation, les quantités d'UFLI ont progressé de 38 % par rapport à la période de gestation et de 45 % pour les MADI, ce qui autorise une production laitière théorique de 887 et 256 g/J/brebis respectivement par les UFL et les MAD, la production laitière mesurée était de 657 g/j/brebis (tableau 49).

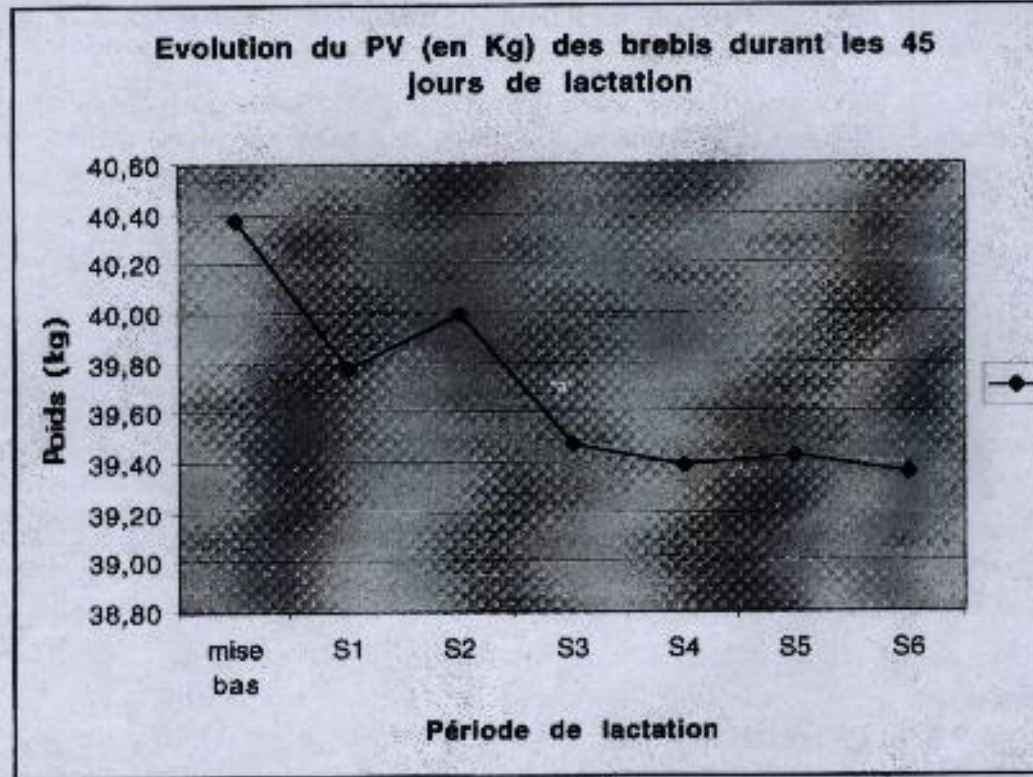


FIGURE 9 : Evolution du P.V. (en Kg) des brebis durant les 45 jours de lac

Tableau 49 : Bilan nutritionnel des brebis durant les 45 jours de lactation sur la base de UFL et P

Brebis	p ^{0,75}	B.E.		Ingérée		Bilan		Production laitière réalisée g/j	P
		UFL/J	MAD g/J	UFLI/J	MADI g/J	UFL/J	MAD g/J		
24512	15,89	0,508	42,267	1,116	75,200	0,608	32,933	612	9
24481	18,54	0,593	49,312	1,088	73,780	0,495	24,468	640	7
8014	14,68	0,469	39,049	0,885	63,770	0,416	25,721	578	6
733	14,05	0,449	37,373	0,802	59,520	0,353	22,147	419	5
8040	15,81	0,506	42,055	1,103	74,830	0,597	32,775	714	9
24506	14,16	0,453	37,665	0,822	60,640	0,369	22,975	420	5
8021	14,15	0,453	37,639	0,984	68,640	0,531	31,001	580	8
8035	13,83	0,442	36,788	0,961	65,630	0,519	28,842	805	8
744	16,02	0,513	42,613	0,870	62,970	0,357	20,357	597	5
24480	15,18	0,486	40,379	0,992	69,060	0,506	28,681	486	8
619	14,69	0,470	38,753	1,400	74,870	0,930	36,117	1100	11
8014	16,00	0,512	42,560	1,120	65,900	0,608	23,340	718	9
24506	14,85	0,475	39,501	0,990	61,430	0,515	21,929	629	8
8032	18,52	0,593	49,263	1,480	64,590	0,887	15,927	563	11
680	16,15	0,517	42,959	1,040	65,400	0,523	22,441	855	8
24482	17,83	0,570	47,428	1,210	71,550	0,640	24,122	682	11
732	14,58	0,466	38,782	0,920	60,820	0,454	22,038	646	7
794	15,70	0,502	41,762	1,010	64,320	0,508	22,558	591	8
24520	14,63	0,468	38,916	1,040	65,500	0,572	26,584	656	9
774	14,38	0,460	38,251	1,070	66,630	0,610	28,379	852	9
Moyenne	15,48	0,495	41,166	1,045	66,753	0,550	25,667	657	8
± ET	1,419	0,045	3,783	0,171	5,006	0,150	4,960	158	2

Tableau 50 : Composition des agneaux et des annexes à la naissance

	Brebis	Agneaux						Annexes					
		Poids (g)	MS %	MM % MS	MG MS	% Protéines % MS	EB kcal/kg MS	Poids (g)	MS %	MM % MS	MG MS	% Protéines % MS	FIB kcal/kg MS
1 ^{re} année	794	2950	35,43	21,90	6,5	65,30	4261,3	225,00	15	8,63	4,62	84,12	5140,38
	24520	3400	35,25	13,52	9,4	70,31	4811,5	255,00	12,47	8,72	4,15	78,64	4789,8
	772	3700	29,35	12,07	8,22	70,84	4731,5	300,00	14,33	9,22	5,56	77,60	4862,68
	738	4050	30,06	12,04	8,73	72,35	4575,2	310,00	11,44	9,23	5,88	67,53	4328,52
2 ^e année	131	2600	34,6	14,90	9,94	68,27	3939,74	576,45	8,52	8,80	4,59	72,00	4239,56
	132	2800	36,06	13,50	10	65,72	3978,61	576,45	8,52	9,10	4,59	70,18	4239,56
	27	4350	44,42	14,50	9,31	64,88	4168,32	632,80	7,7	9,70	5,7	73,70	4819,35
	25	4150	35,42	15,20	12,15	72,15	4726,14	731,00	7,26	9,50	5,49	74,20	4671,46
Moyenne		3500	35,07	14,70	9,28	68,73	4399,04	450,84	10,66	9,11	5,07	74,75	4636,41
	±		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
ET		665,48	4,58	3,14	1,62	3,11	354,28	198,24	3,06	0,38	0,65	5,25	332,35
CV %		19,01	13,06	21,36	17,45	4,52	8,05	43,97	28,73	4,17	12,82	7,02	7,17

2.3. Rendement de transformation de l'énergie métabolisable et l'azote disponible pour la gestation

2.3.1. Composition chimique et teneurs énergétiques des agneaux à la naissance et des annexes

2.3.1.1. Les agneaux

Le poids des agneaux sacrifiés varie entre 2,600 et 4,350 kg soit une moyenne de $3,500 \pm 0,66$ kg (tableau 50). Ce poids se situe dans la moyenne des poids du standard de cette race (3,590 kg, CHELLIG, 1992).

La teneur en matière sèche est en moyenne de 35 % pour les deux années, celle des matières grasses varie de 6,50 à 12,15 % MG avec un coefficient de variation de 17 %, alors que les protéines sont beaucoup plus stables ($CV \% = 4$) avec une moyenne d'environ 69 % MS. La teneur en énergie brute varie également très peu, entre 3939 et 4811 kcal/kg MS, $CV \% = 8$.

2.3.1.2. Les annexes

Le poids sec des annexes est en moyenne pour les deux années d'essai de $48 \text{ g} \pm 8,0$, avec un coefficient de variation élevé de 17 %.

Les teneurs en matière minérale et en matières grasses sont respectivement de 9 et 5 %. Ces dernières sont mieux représentées pour les agneaux lourds. La teneur en protéines est de 75 % avec un faible coefficient de variation : 7 %.

Quant à l'énergie brute, elle varie également très peu : $CV = 7 \%$; elle est en moyenne de 4636 kcal/kg de MS.

2.3.2. Estimation de la composition des liquides amniotiques et de l'utérus gravide

Les valeurs présentées dans le tableau 51 ont été calculées à partir des chiffres indiqués par le tableau 44 de l'INRA (1978).

Ainsi calculé, l'ensemble liquide-utérus présente une quantité de protéines de 187 g soit 1047 kcal et une énergie totale fixée de 1100 kcal, la part des matières grasses dans cette quantité est faible (5 %).

Tableau 52 : Rendement nutritionnel de gestation 3-5 mois sur la base de l'énergie métabolisable et des matières azotées digestibles (bilan sur 3 mois)

Brebis	Entrée					Fixé		Rendement %		
	EM/kcal ingérée	EM/kcal entretien	EM disponible pour la production kcal	MAD ingérée (g)	MAD entretien (g)	MAD disponible pour la production (g)	EB (kcal) - agneaux - ammes - utérus - liquide	Protéines (g) - agneaux - ammes - utérus - liquide	EB fixée/EM disponible	Protéines fixées/MAD disponible
794	140757	120487	20270	3870	3769	101	5498	864	27,12	855
24520	168563	123791	44771	4466	3585	881	7119	1064	15,90	121
772	181453	144970	36481	4737	4198	539	6343	974	17,38	180
738	156784	134812	21971	4204	4368	-164	6876	1115	31,29	-679
131	154582	132927	21654	3270	3848	-578	4383	774	20,24	-133,91
132	154582	132927	21654	3270	3849	-579	4958	832	22,89	-144,69
O270	158910	131448	27462	3416	3807	-391	9751	1592	35,56	-407,16
O250	164912	122305	42607	3502	3511	-9	8986	1402	21,09	-155,77
Moyenne	160068	130458	29609	3842	3867	-25	6739	1077	24	-46
±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
ET	11941	8045	10161	570	288	524	1879	288	7	455

Tableau 51 : Estimation des quantités fixées en énergie (Kcal) et en azote(g) au cours de la gestation dans l'utérus et le liquide amniotique des brebis pendant les deux années d'essai.

		Utérus		Liquide		Moyenne ± □ Utérus + liquide	
		Energie	Azote	Energie	Azote	Energie	Azote
1 ^e année	794	525,79	99,30	351,99	49,14	438,89 ± 128,89	74,22 ± 35,46
	24520	680,76	122,62	526,95	70,78	603,85 ± 108,76	96,70 ± 36,36
	772	606,59	111,93	397,15	54,04	501,87 ± 148,10	82,98 ± 40,93
	738	657,56	128,17	503,64	76,13	580,60 ± 108,84	102,15 ± 36,80
2 ^e année	131	418,60	89,39	210,29	34,45	314 ,44 ± 147,29	61,92 ± 38,65
	132	474,24	96,55	265,70	37,91	369,97 ± 147,46	67,23 ± 41,46
	25	819,83	154,25	572,74	81,11	696,28 ± 174,72	117,68 ± 51,72
	27	959,20	184,02	832,33	107,78	895,76 ± 89,71	145,90 ± 53,91
	X + ET	642,82 ± 179,99	123,28 ± 32,16	457,56 ± 197,60	63,92 ± 24,72	550,19 ± 130,99	93,60 ± 41,97

X : Moyenne ; ET : Ecart type

2.4. Rendement nutritionnel au cours de la période de gestation 3-5 mois

Les quantités d'énergie métabolisable ingérées, celles nécessaires respectivement à l'entretien et celles disponibles pour la gestation ainsi que l'azote exprimé en MAD pour les deux années d'essai sont consignées dans le tableau 52.

Compte tenu des besoins pour l'entretien, les MAD disponibles pour la gestation sont globalement nulles : (elles sont de - 25 g soit - 0,3 g/j pour les deux années d'essai).

Ce tableau présente aussi l'énergie totale fixée sous forme de carcasse, d'annexes, d'utérus gravide et le liquide amniotique; l'énergie métabolisable disponible pour la production se transforme pour la gestation avec un rendement de 24 % avec un coefficient de variation de 29 % (tableau 52).

Pour le rendement protéique il est négatif : - 46 % (tableau 52).

Tableau 53 : Composition chimique et teneur en énergie brute du lait (moyenne des deux années d'essai

Brebis	MS %	MAT g/kg	MG g/kg	MM g/kg	Urée mg/l	EB kcal/kg de lait
1	15,18 ± 3,25	53,74 ± 7,12	75,54 ± 7,70	9,84 ± 0,08	-	1105,07 ± 5,98
2	14,05 ± 2,90	52,01 ± 4,40	63,62 ± 8,94	8,84 ± 0,20	12,03 ± 6,73	984,62 ± 9,93
3	13,80 ± 3,48	52,61 ± 5,39	67,68 ± 12,28	8,53 ± 0,38	17,11 ± 13,14	1025,33 ± 27,45
4	13,88 ± 3,76	56,91 ± 1,72	65,28 ± 15,81	8,85 ± 0,91	14,68 ± 9,78	1027,66 ± 39,40
5	15,58 ± 4,12	58,44 ± 1,22	76,59 ± 9,04	9,23 ± 0,24	12,35 ± 6,28	1141,24 ± 40,39
6	14,87 ± 3,00	62,34 ± 1,49	66,84 ± 10,39	8,97 ± 1,45	15,67 ± 8,38	1072,09 ± 28,90
7	15,88 ± 3,85	64,04 ± 1,50	80,87 ± 22,58	9,23 ± 0,94	14,45 ± 9,26	1212,39 ± 83,98
8	16,50 ± 3,12	63,10 ± 5,65	70,08 ± 8,18	9,76 ± 0,23	17,05 ± 13,21	1206,56 ± 68,67
9	16,77 ± 5,43	65,09 ± 6,94	70,75 ± 12,80	9,46 ± 1,04	19,85 ± 16,89	1268,41 ± 71,08
10	18,57 ± 4,38	71,06 ± 5,85	78,43 ± 18,27	9,86 ± 0,23	21,00 ± 19,51	1378,93 ± 33,68
11	19,01 ± 4,09	69,21 ± 6,63	73,78 ± 16,85	10,07 ± 0,52	22,09 ± 20,52	1429,20 ± 1,41
12	18,38 ± 3,18	69,06 ± 10,80	74,08 ± 0,40	9,90 ± 0,28	23,11 ± 20,77	1300,70 ± 0,00
Moyenne ± ET	16,04 ± 1,84	61,47 ± 6,68	71,96 ± 5,45	9,38 ± 0,51	17,22 ± 3,83	1179,35 ± 144,55
CV %	11,47	10,87	7,57	5,44	22,25	12,26
Moyenne* ± ET	18,52 ± 1,16	57,70 ± 4,20	70,50 ± 8,70	-	348,000	1170,22

*Cité par DAKICHE et MAHMOUDI (1996)

2.5. Rendement nutritionnel de lactation (45 jours)

2.5.1. Composition chimique et énergie brute du lait

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 53. Ces résultats montrent une teneur moyenne en matière sèche de 16 %. Cette teneur augmente à partir de la 5^e semaine de lactation; la même tendance à l'augmentation est observée pour les MAT, la MG et pour l'urée.

De tous les composants chimiques dosés, l'urée est le plus dispersé : CV = 22 %, contre 11, 11, 7 et 5 % respectivement pour la MS, MAT, MG et pour les MM.

L'énergie brute est en moyenne de 1179 kcal; cette dernière augmente à partir de la 5^e semaine et diminue à la 12^e semaine.

2.5.2. Rendement de transformation de l'énergie métabolisable et de l'azote disponible en énergie et en protéines du lait

Les éléments de calcul des rendements nutritionnels de lactation sont présentés dans le tableau 54.

En moyenne, l'énergie métabolisable disponible est de 1123 kcal : elle permet l'obtention de 775 kcal d'énergie du lait soit un rendement d'environ 70 %.

Quant à l'azote disponible exprimé en MAD, il est d'environ 26 g/j, mais 40g sont recueillis dans le lait; le rendement est de ce fait supérieur à 100 % (159 %).

2.6. Evaluation des besoins en énergie et en azote au cours de l'entretien, de la gestation et de la lactation

Les besoins d'entretien calculés selon le modèle (1) et (5) chapitre 4 sont consignés dans le tableau 55.

Pour la gestation et la lactation, les besoins sont calculés à l'aide de la méthode factorielle : le rendement de l'énergie égal à 13 % et à 60 % respectivement pour la gestation et pour la lactation; l'azote exprimé en MAD est égal à 50 % pour la gestation et à 56 % pour la lactation.

Les résultats obtenus montrent que pour la période 4-5 mois, les besoins de gestation sont en moyenne pour les deux essais de 0,18 UFL/A/j et 36 g MAD/A/j en plus des besoins d'entretien (tableau 55).

Pour la lactation, ces besoins évoluent tout à fait logiquement en fonction de la composition du lait. Les valeurs moyennes obtenues pour les deux essais sont de 0,61; 0,69 et 0,79 UFL/kg de lait et de 96; 111 et 122 g de MAD/kg de lait.



Tableau 54 : Rendement nutritionnel de lactation 45 jours sur la base de l'énergie métabolisable et des matières azotées digestibles

Brebis	EM ingérée kcal	EM excrétion kcal	EM disponible kcal	MAD ingérée (g/l)	MAD excrétion	MAD disponible	Énergie (kcal) dans 1g quantité de lait	Protéines dans le lait (g)	Énergie lait/ EM disponible	Protéines lait/MAD digestible
24512	2771	1461	1310	75,20	42,22	33,98	722	37,62	55,11	89,10
24481	2704	1706	998	73,78	49,30	24,48	755	39,34	75,65	160,70
8014	2207	1350	857	63,77	39,02	24,75	682	35,52	79,54	143,55
733	2007	1292	715	59,50	37,41	22,09	494	25,75	69,11	116,59
8040	2742	1454	1288	74,80	42,01	32,79	842	43,89	65,37	133,85
24506	2052	1302	750	60,60	37,62	22,98	495	25,82	66,04	112,37
8021	2441	1302	1139	68,60	37,62	30,98	684	35,65	60,05	115,08
8035	2394	1272	1122	65,60	36,77	28,83	949	49,48	84,61	171,63
744	2169	1474	695	63,00	12,59	20,41	704	36,70	101,30	179,80
24480	2468	1396	1072	69,00	10,44	28,56	573	29,87	53,46	104,60
629	3434	1352	2182	74,87	39,05	35,82	1297	67,62	59,44	188,77
8014	2767	1472	1295	65,90	42,54	23,36	847	44,13	65,38	188,93
24506	2448	1363	1082	61,43	39,48	21,95	741	38,66	68,53	176,15
8032	2629	1703	926	65,40	48,58	16,01	663	34,61	71,59	216,16
680	2581	1480	1095	71,55	42,93	22,47	1008	52,55	92,08	233,89
24482	2984	1639	1345	71,55	47,40	24,15	804	41,92	59,80	173,60
732	2280	1341	939	60,32	38,76	22,06	762	39,46	81,11	178,89
794	2509	1443	1066	64,32	41,74	22,58	697	36,33	65,38	160,88
24520	2595	1345	1250	65,50	38,90	26,60	773	40,32	61,89	151,59
774	2661	1322	1338	66,63	38,24	28,39	1005	52,37	75,09	184,47
Moyenne	2542	1423	1123	67,07	38,13	25,66	774,85	40,38	70,53	159,03
±	+	+	±	±	±	±	±	±	±	±
ET	331	130	323	5,12	9,82	5,00	186,91	9,74	12,37	38,03
CV %	13,02	9,13	28,76	7,63	25,75	19,48	24,12	24,13	17,54	23,91

Tableau 55 : Evaluation des besoins en énergie et en azote au cours des différents stades physiologiques de la brebis oulé-djellal

	Dotation		Gestation		Lactation		Lactation		Lactation	
	4-5 mois	4-5 mois	1er mois	2e mois	3e mois					
	UFL /kgP ^{0,75} /J/A	MAD g/kgP ^{0,75} /J/A	UFL /J/A	MAD g/J/A	UFL /kg lait	MAD /kg lait	UFL /kg lait	MAD /kg lait	UFL /kg lait	MAD /kg lait
1e année	0,032	2,66	0,180	33,50	0,604	90,21	0,672	113,79	0,801	132,05
2e année	0,032	2,66	0,180	38,33	0,614	101,99	0,705	107,57	0,780	112,96
Moyenne	0,032	2,66	0,180	35,92	0,609	96,10	0,689	110,68	0,791	122,51
ET				±	±	±	±	±	±	±
CV %				3,42	0,007	8,33	0,023	4,40	0,015	13,50
				9,52	1,45	8,67	3,34	3,97	1,90	11,42

ET : Ecart type; CV : Coefficient de variation

DISCUSSION

3.1. La gestation

Les dépenses énergétiques de gestation correspondent à l'énergie fixée par le ou les fœtus, le placenta, les annexes, la paroi utérine, la glande mammaire et au métabolisme propre du fœtus et des annexes. C'est au dernier tiers de la gestation que les besoins sont les plus élevés (VERMOREL, 1988; NICOLE-CHENE et al., 1988). En effet, c'est durant cette période que l'essentiel de la croissance est effectué (80 % du poids total de l'agneau à la naissance (JARRIGE et al., 1978). Ainsi par rapport au poids à la naissance, le fœtus passe de 12 à 15 % à moins de huit semaines à environ 50 % à moins quatre semaines avant la mise bas.

Le croît journalier serait maximum pendant les trois dernières semaines de la gestation avec des valeurs de l'ordre de 170 g, 215 g et 250 g/J pour une brebis de race améliorée de 60 kg qui porte 1, 2 ou 3 agneaux (ROBINSON et al., 1977). Cette croissance s'accompagne d'une évolution de la proportion des différents tissus et de la composition chimique du fœtus. La proportion d'eau diminue, les teneurs en protéines, lipides, minéraux et énergie augmentent (INRA, 1978 : ROBELIN et THERIEZ, 1981). Le squelette présente une croissance relativement élevée (ROBELIN et al., 1984) et il se minéralise en Ca, P et Mg.

Le développement du placenta précède la croissance rapide du fœtus : il est très limité au cours des deux derniers mois de gestation (ROBINSON et al., 1979; NICOLE-CHENE et al., 1988 et BOCQUIER et al., 1988).

Dans nos expériences, en moyenne durant toute la période de gestation, le rapport des UFLI/BE est de l'ordre de 1,40 et celui de l'azote de 0,99. Dans ces conditions générales d'alimentation, le GMQ réalisé durant la période 0-3 mois (durant laquelle le fœtus a un impact négligeable sur le poids de la mère) est d'environ 39 g/j; une très faible diminution de GMQ est observée au quatrième mois de gestation (environ 14 g/j) et un gain d'environ 59 g/j est constaté au 5^e mois de gestation.

En absolue, la réponse générale au niveau alimentaire des régimes est satisfaisante pour l'énergie (GMQ théorique de 66 g contre 39 g de réaliser). En revanche, pour les MAD, le GMQ théorique s'établit à -15g/j pour la période de 0 – 3 mois contre 39g de réalisé.

Il y a donc une présomption favorable à une quantité de MAD disponible supérieure à celle calculée. Cette quantité pourrait provenir :

- soit d'une sous-estimation de la valeur azotée des pailles, puisque celle du concentré pourrait être considérée comme sujette à moins de doute.

En effet, la quantité de MAD ne rend pas bien compte chez le ruminant de la quantité des acides aminés absorbés dans l'intestin grêle, qui représente la valeur azotée réelle des aliments. Ces acides aminés ont deux origines, alimentaire et microbienne (JARRIGE, JOURNET et VERITE, 1978; GRENET et DEMARQUILLY, 1981) et ils dépendent, d'une part, de la quantité d'azote ingérée et de sa fermentescibilité dans le rumen et d'autre part, de la quantité de la matière organique digestible ingérée et de la bonne synchronisation entre la formation d'ammoniac et la fourniture d'énergie aux microorganismes du rumen.

Cependant, les calculs effectués en PDI qui tient compte de ces derniers paramètres ne rendent pas mieux compte dans nos essais de la valeur azotée des fourrages.

Ainsi, le GMQ théorique calculé par ce système, pour la période 0-3 mois, est de 50 g/j contre 39 g de réalisé, de 41g/j contre 14g de réalisé au 4^{ème} mois de gestation, de 168g/j contre 59g de réalisé au 5^{ème} mois de gestation et de 86g en moyenne contre 37g de réalisé au 4^{ème} et 5^{ème} mois de gestation. Sur cette base, le système PDI surestime la valeur azotée des régimes mais ne fait plus apparaître de déficit en azote du régime (comme c'est le cas avec les calculs en MAD) ce qui correspond plus précisément aux résultats de pesées.

- ou encore, à une surestimation des besoins d'entretien des brebis. Dans nos essais, les besoins d'entretien ont été calculés sur des mâles. Ces derniers ont une proportion de muscles (grand consommateur d'énergie), plus élevée que les femelles (RATTRAY et al., 1974; ROBELIN et THERIEZ, 1981) et que la teneur en protéines du croît est également plus élevée chez les mâles que chez les femelles de même génotype et de poids voisin (ROBELIN et GEAY, 1978, ROBELIN et THERIEZ, 1981).

C'est ainsi que, SENGAR (1980) et BRUN-BELLUT (1986) rapportent un besoin d'entretien de 1,43g de MAD/kg P^{0,75} sur des chèvres en lactation contre 1,75g de MAD/kg P^{0,75} pour les mâles soit une différence de + 18% en faveur des mâles.

- ou alors, une meilleure utilisation de l'azote disponible du fait de la gestation ; en effet, les femelles gestantes sont douées de larges facultés anabolisantes dues à l'intervention des hormones du corps jaune et à celles du placenta qui leur permettent de retenir au cours de cette phase beaucoup plus d'azote que n'en exige la construction du fœtus et de ces annexes (JACQUOT et al. 1961, DELAGE, 1974 et INRA, 1978).

Il en découle que les besoins d'entretien chez la femelle pourraient être inférieurs aux besoins d'entretien chez le mâle; sur la base des calculs effectués chez la chèvre, on pourrait estimer dans nos essais, cette surestimation à 8g de MAD/j.

3.2. La lactation

L'apport de 100 g de concentré supplémentaire et l'amélioration de l'ingestion des pailles ont porté en moyenne le rapport ingéré sur besoin d'entretien (Ingéré/BE) à 2,02 pour l'énergie et à 1,62 pour l'azote.

Dans ces conditions, la production théorique de lait autorisée est de 887 g/j/animal par les UFL et 256 par les MAD. Cependant la production laitière réellement réalisée est de 657g/j/animal, soit une production laitière supérieure d'environ 2,5 fois à celle permise par l'azote.

Les quantités de MAD nécessaires pour produire ces 400 g de lait supplémentaires sont de 36 g la base d'un besoin de 89 g/kg pour les brebis allaitantes (INRA 1978). En considérant que 100 g de perte de poids génèrent 16 g de protéines pour des brebis de petit format JARRIGE et al., 1978), 22 g de perte de croît

Sont nécessaires en moyenne pour assurer cette production, soit une perte de poids de 1575 g par semaine. Il reste 32 g de MAD dont la provenance pourrait être la résultante de :

- une meilleure utilisation de l'azote digéré pour la production laitière comparativement aux besoins théoriques retenus de 89 g/kg de lait,
- une sous-estimation de la valeur azotée des pailles, par le système MAD comparativement aux GMQ réalisés que l'on pourrait estimer à environ 9 g de MAD,
- une surestimation des besoins de la brebis Ouled Djellal évoquée précédemment, soit 8 g.

Sur cette base théorique 15 g de MAD seraient produits grâce à une meilleure utilisation de l'azote pour la production laitière.

Néanmoins à ces hypothèses, il faut signaler d'une part les erreurs inévitables de pesées et la précision de la balance (100 g) et d'autre part, l'impact du contenu du tube digestif (s'agissant d'animaux consommants de fortes quantités de fourrage grossier, XANDE, 1978) ; les variations de poids étant un élément central de nos calculs de bilan.

3.3. Les rendements d'utilisation de l'énergie et des protéines pour la gestation et pour la lactation

Le calcul de ces rendements suppose la connaissance d'une part des quantités d'énergie et de matières azotées dont dispose la brebis pour synthétiser ces productions et d'autre part, la composition de ces productions.

3.3.1. La gestation

La quantité d'énergie et de protéines contenues dans les carcasses d'agneaux et les annexes synthétisées a été mesurée par les auteurs. Elle représente selon JARRIGE et al. (1978) environ 80 % des quantités totales d'énergie en rapport avec l'état de gestation (placenta, utérus gravide, liquide amniotique et accessoirement dans les glandes mammaires).

La teneur en matière sèche des carcasses des agneaux utilisées ($35,1 \pm 4,6$ %) est plus élevée comparativement à la moyenne des 16 valeurs ($25,3 \pm 3,6$ %) répertoriées dans la littérature (INRA, 1978; ROBELIN et THERIEZ, 1981; et VILLETTE et AUROUSSEAU, 1981). En revanche, celle des protéines est comparable (69 % MS pour les mêmes auteurs). Pour la teneur en matières minérales, elle est plus faible (15 % MS contre 17 %, VILLETTE et AUROUSSEAU, 1981) et celle des matières grasses est légèrement plus faible ($9,28 \pm 3,11$ % MS contre $10,47 \pm 4,43$ sur 17 valeurs rapportées par JAGUSCH, et al. (1970); SYKES et FIELD, 1972; CHIOU et JORDAN, 1973; INRA, 1978; et ROBELIN et THERIEZ, 1981).

Il en résulte un teneur en EB de 4826 ± 156 Kcal en moyenne (INRA, 1978 et VILLETTE et AUROUSSEAU, 1981) contre 4399 Kcal dans nos essais soit -10%.

Quant aux quantités totales d'énergie et de protéines fixées, elles sont respectivement de 6739 kcal et de 1077 g contre 6190 kcal et 844 g pour un exemple donné par l'INRA (1978). Cette différence pourrait s'expliquer par la part des annexes, (utérus et liquide amniotique, a été calculée à partir des résultats bibliographiques) plus importante dans nos données calculées (2100 kcal contre 1416 kcal).

Dans nos essais, l'énergie métabolisable (EM) a été utilisée avec un rendement de 24 %. Cette valeur est identique à celle rapportée par RATTRAY et al., 1974, mais plus élevée que celles habituellement rapportées par la littérature (moyenne de $14 \pm 2,78\%$ sur 25 valeurs publiées entre 1964 et 1997, tableau 17). Elle pourrait être dû à la part de l'énergie des annexes précédents cités ou à une meilleure utilisation de l'énergie par les brebis Ouled Djellal en lactation.

Pour l'azote, compte tenu des apports en MAD faibles de nos régimes par rapport aux besoins réels des brebis, il n'a pas été possible d'obtenir des valeurs de rendement exploitables, le rendement obtenu dans nos essais est de - 46%. En revanche, l'expression des besoins en PDI a permis de calculer un rendement de 66%.

Il se confirme que l'utilisation des PDI aboutit à une meilleure adéquation entre valeurs azotées des régimes et besoins des sujets.

3.3.2. La lactation

La composition chimique du lait de la brebis de la race Ouled-Djellal comparée à une compilation de 24 valeurs internationales publiées entre 1963 et 1992 (tableau 18) indique une teneur en MG et en énergie brute comparable, une teneur en MAT légèrement plus élevée (+ 6 %) et une teneur en MS plus faible (- 13 %).

L'amélioration de la composition chimique au cours de la lactation observée dans nos essais est classique. L'INRA (1978) rapporte que la teneur en matière grasse des laits collectés dans la région de Roquefort passe de 64 à 93 ‰ et celle des matières azotées de 50 à 60 ‰, les moyennes pondérées étant de 73 et 58 ‰. La même observation est rapportée par OWEN (1976).

A partir des données relatives aux quantités de protéines et d'énergie fixées ou exportées, les rendements de transformation de l'azote et de l'énergie métabolisable en protéines et en énergie ont pu être calculés.

Pour la lactation, le rendement individuel pour l'énergie varie de 53 à 101 % soit une moyenne d'environ 70 %, valeur supérieure de 9 % par rapport à la moyenne de 15 valeurs ($63 \pm 2,9\%$) rapportées dans le tableau 17. Par ailleurs, TISSIER et al. (1978) indiquent des variations de 65 à 83 % pour des brebis allaitant deux agneaux; nos résultats se situent dans cette plage (65 à 83% sur la base de 100g de perte).

L'introduction dans nos calculs des variations de poids permet d'obtenir un rendement de 60%, valeur comparable à celle rapportée par SUSMEL et al. (1983), (59%) pour des races méditerranéennes.

Le rendement pour la lactation varie avec le rendement $Q = EM/EB$, plus Q est élevé et plus l'utilisation métabolique de l'énergie est bonne; soit une plage de variation de 53 à 63% avec des rations classiques (VERMOREL, 1978). Dans notre expérience, en prenant en compte les pertes de poids, nous nous situons dans cette zone (53 à 63%).

Concernant le rendement de transformation des protéines alimentaires en protéines du lait, nos résultats aboutissent à une valeur inexploitable (159%), la valeur rapportée par l'INRA (1978) étant de 56% elle a été obtenue sur 54 séries d'essais effectués entre 1953 et 1977 (TISSIER et al. 1978) sur des animaux qui n'étaient ni en situation de sous-alimentation ni en suralimentation excessive.

En revanche, lorsque les calculs sont fait en PDI, le rendement trouvé est de 73% soit + 9% par rapport à la valeur de l'INRA (1978). L'introduction de la variation des poids pour la période de lactation dans nos calculs (sur la base de 100g de perte =550Kcal) a aboutit à un rendement de 64%, soit - 4% à la recommandation de l'INRA.

3.3.3. Conclusion

Les rendements obtenus dans nos essais en tenant compte des variations de poids sont de 24% et -46% respectivement pour l'énergie et pour l'azote (exprimé en MAD) pour la période de gestation et de 60 et 118% pour la période de lactation.

L'utilisation du système PDI dans nos calculs a permis d'obtenir des valeurs proches des recommandations de l'INRA (64% dans nos essais contre 67% pour l'INRA).

3.4. Besoins de gestation et de lactation

Durant la période de 4-5 mois de gestation, nos calculs aboutissent à un besoin moyen de 0,18 UFL/Animal/j en supplément des besoins d'entretien, ce qui représente 33 % en moyenne des besoins d'entretien pour les deux essais, soit en supplément, environ 11 UFL/animal pour les deux derniers mois de gestation. La recommandation habituelle de l'INRA (1978) est de 37,5 % soit environ 12 UFL/animal, ce qui pour l'INRA permettrait d'obtenir un agneau de poids normal sans perte de poids chez la mère.

Par contre pour l'azote exprimé en MAD, nos calculs aboutissent à un besoin de 36 g/animal/j soit 80 % des besoins d'entretien contre 37,5% pour l'INRA (1978) soit une différence de 115 %. Exprimé en PDI, les besoins obtenus restent plus élevés par rapport aux recommandations de l'INRA (30g de PDI/animal/j soit 68% des besoins d'entretien). Sur cette base, Il semblerait que les besoins azotés de gestation de la brebis Ouled Djellal soient supérieurs à la recommandation de l'INRA.

Pour les besoins de lactation, ils sont de 0,61; 0,69 et 0,79 UFL/kg de lait en moyenne pour les 1^{er}; 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation. Pour l'azote, ils sont 96; 111 et 122g de MAD/kg de lait ou 80; 92 et 102g de PDI/Kg de lait, alors que les recommandations de l'INRA (1978) sont de 0,61; 0,68 et 0,83 UFL/Kg de lait et 89; 104 et 122g de MAD ou 75; 88 et 102g de PDI respectivement au 1^{er}, 4^{ème} et 8^{ème} mois de traite pour les brebis laitières. Pour les brebis allaitantes, l'INRA, retient la valeur de 88g de PDI et 104g de MAD par Kg de lait pour le premier mois de lactation, 75g de PDI et 89g de MAD/Kg de lait pour le second mois.

Les besoins de lactation obtenus dans nos essais par la brebis Ouled Djellal sont comparables à la recommandation de l'INRA (1978).

Pour les besoins de gestation, les auteurs comme LEROY et al. (1964) cités par l'INRA (1978), recommandent un apport supplémentaire constant de +0.3 UF, sans tenir compte du poids de la portée, le NAS (1975) recommande, + 50% des besoins d'entretien (portée simple) et + 100% (portée multiple).

L'ARC, (1980) n'a pas donné de valeur pour les besoins de gestation. Pour les besoins de lactation, l'ARC (1980) se contente de fixer à 1100 kcal le contenu énergétique du lait des brebis allaitantes au cours du premier mois de lactation et de 1050 kcal au cours du second avec des besoins stricts respectifs de 1830 et 1730 kcal d'énergie métabolisable, soit 0,64 et 0,61 UFL/Kg de lait.

3.4.1. Conclusion

Les besoins de gestation obtenus dans nos essais sont comparables pour l'énergie (11UFL/animal en supplément des besoins d'entretien pour les deux derniers mois de gestation) à la recommandation de l'INRA (12 UFL/animal), par contre, pour les besoins azotés exprimés en MAD ou PDI, ils sont respectivement supérieurs de 116 et 68% à la recommandation de l'INRA.

Pour les besoins de lactation, nos calculs aboutissent à 0,61; 0,69 et 0,79 UFL/Kg de lait et à 96; 111 et 122 g de MAD ou 80; 92 et 102 g de PDI par Kg de lait respectivement pour le 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation, valeurs comparables à la recommandation de l'INRA (1978).

Tableau 56 : Caractéristiques des pailles utilisées

Paille	Origine	Variété	Période de traitement	Date d'utilisation	Composition chimique % MS					
					MS %	MM	MO	MAT	NDF	JMO
PTU	Oued S'mar	Ouled Zenati	Juillet-août (93)	29/10/93 au 11/01/94	88,70	8,7	89,70	13,2	76,30	
	Berrouaghia	Ouled Zenati	Octobre-novembre (93)	12/01/94 au 05/05/94	86,50	6,3	94,30	12,8	77,10	
	Berrouaghia	Ouled Zenati	Février-mars (94)	06/05/94 au 31/12/94	89,10	6,3	94,30	12,8	77,10	
	Oued S'mar	Ouled Zenati	Juillet-août (94)	01/01/95 au 12/06/95	88,50	7,53	88,60	16,9	77,40	55,6
	Tiaret	Ouled Zenati	Janvier-février (95)	13/06/95 au 28/09/95	88,80	8,6	82,30	12,2	67,40	± 2,6
	Oued S'mar	Ouled Zenati	Juillet-août (95)	29/09/95 au 28/05/96	88,00	7,5	91,40	12,5	72,00	
	Meflah	Ouled Zenati	Février-mars (96)	28/05/96 au 06/10/96	88,50	7,3	92,50	12,2	76,50	
	Oued S'mar	Ouled Zenati	Juillet-août (96)	07/10/96 au 31/03/97	87,70	7,41	93,59	16,98	72,00	
	Oued S'mar	Ouled Zenati	Juillet-août (93)	29/10/93 au 11/01/94	89,30	6,8	81,60	7,8	77,90	
	Berrouaghia	Ouled Zenati	Novembre-décembre (93)	12/01/94 au 05/05/94	87,30	6,5	90,50	7,9	71,30	
	Berrouaghia	Ouled Zenati	Février-mars (94)	06/05/94 au 19/10/94	88,90	7,9	90,70	7,8	78,30	
	PTNH ₅	Oued S'mar	Ouled Zenati	Juillet-août (94)	20/10/94 au 19/04/95	90,50	7,6	81,50	7,2	66,60
Tiaret		Ouled Zenati	Janvier-février (95)	20/04/95 au 04/09/95	90,50	7,1	88,30	6,8	78,30	± 2,6
Oued S'mar		Ouled Zenati	Juillet-août (95)	05/09/95 au 05/03/96	92,30	8,5	91,50	8,5	77,30	
Meflah		Ouled Zenati	Janvier-février (96)	06/03/96 au 05/10/96	90,50	7,6	92,40	8,7	76,50	
Oued S'mar		Ouled Zenati	Juillet-août (96)	06/10/96 au 31/03/97	88,50	5,4	94,60	7,5	70,50	
Oued S'mar		Ouled Zenati		29/10/93 au 06/05/94	95,60	7,9	90,70	4,3	76,30	
Berrouaghia		Ouled Zenati		07/05/94 au 20/07/94	89,90	7,6	92,30	3,6	79,20	
Berrouaghia		Ouled Zenati		21/07/94 au 25/07/94	85,60	8,4	91,60	4,13	83,60	47,0
Oued S'mar		Ouled Zenati		26/10/94 au 30/06/95	89,10	8,3	90,80	3,5	80,20	+ 3,4
Tiaret		Ouled Zenati		01/06/95 au 27/02/96	95,20	8,1	91,90	4,1	73,10	
Oued S'mar		Ouled Zenati		28/02/96 au 14/07/96	91,80	8,1	91,30	3,1	73,20	
Oued S'mar		Ouled Zenati		15/07/96 au 31/03/97	88,00	4,9	95,10	3,2	78,20	

TRAVAIL 3

VALIDATION ZOOTECHNIQUE

Ce travail réalisé durant quatre ans (1993 – 1996) avait pour but de vérifier en conditions d'exploitation réelle, d'une part, la validité des besoins nutritionnels que nous avons déterminés (0,032 UFL et 2,66 g MAD/kg P^{0,75}) et d'autre part l'effet d'une longue alimentation à base de pailles (non traitées; traitées à l'ammoniac ou à l'urée) sur les performances de croissance et de reproduction des ovins.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Les aliments

Les pailles utilisées dans cet essai étaient de la variété locale Ouled Zenati, cultivées, récoltées et conditionnées dans les mêmes conditions que celles mentionnées dans la page 57 (paragraphe 1.2).

Ces pailles ont été acheminées à l'I.N.A., à chaque opération de traitement, un tiers (environ 5 tonnes) est stocké en l'état sous un hangar, il constitue le lot paille non (PNT), un autre tiers était traité sous bâche l'ammoniac anhydre (PTNH₃) et le dernier tiers à l'urée (PTU).

Le traitement à l'ammoniac a été réalisé sans humidification préalable selon la méthode classique de SUNDSTOL et al. (1978), la dose d'ammoniac a été de 40 kg par tonne de paille et la durée de traitement de 45 jours. Celui à l'urée était traité selon la proposition «subhumide» de LARWENGE et al., (2000). Le traitement est réalisé sans uréase, par arrosage manuel d'un lit de paille sur deux avec une solution d'urée composée de 70Kg d'urée et de 200 litres d'eau par tonne de paille. La durée de traitement était de 60 jours.

A l'issue du temps de traitement, les meules sont ouvertes, les bottes aérées pendant 72 heures puis stockées sous un hangar ouvert.

Les caractéristiques des pailles sont données dans le tableau 56. Le concentré de complémentation était composé de 78 % d'orge, 20 % de farine de sous-produit de volaille et de 2 % de complément minéral vitaminé; sa teneur moyenne en matières azotées totales était de 20 ± 0,02 %.

1.2. Les animaux

L'étude a porté sur 45 agnelles de race Ouled Djellal âgées d'environ un an et pesant alors en moyenne 29 kg.

Elles étaient achetées à un élevage en bergerie de l'office régional de viande rouge, centre de Birtouta, Alger.

Arrivées à la bergerie expérimentale de l'I.N.A. d'Alger, elles étaient identifiées et réparties en trois lots homogènes correspondant aux trois pailles expérimentales (tableau 57).

Chaque lot était placé dans un box à sol cimenté et paillé, la surface du box est en moyenne de 23 m² (1,5 m²/animal), les animaux disposaient de deux abreuvoirs et d'une mangeoire de 6 mètres de long (0,4 m/animal) qui permettait l'approvisionnement des animaux de l'extérieur du box.

Tableau 57 : Répartition des animaux par catégorie de paille.

Lot PNT		Lot PTU		Lot PTNH ₂	
N° Boucle	Poids (kg)	N° Boucle	Poids (kg)	N° Boucle	Poids (kg)
49568	27,10	49674	27,70	49712	28,29
49725	25,00	47282	28,00	49612	29,10
49530	30,50	49651	27,60	47477	29,00
47491	32,20	788	29,20	797	27,00
06611	35,20	746	27,90	732	28,00
794	29,10	761	27,60	738	26,30
733	26,50	739	25,00	055	27,00
765	30,60	756	31,10	771	28,00
792	28,50	750	27,60	49548	28,00
8628	29,40	764	29,70	49731	28,00
06644	29,50	762	28,10	06684	29,80
772	30,80	798	24,10	774	25,80
49571	29,20	763	26,60	753	30,00
752	25,00	728	28,10	49730	28,00
744	23,50	779	30,40	49516	28,00
Moyenne	28,80	-	27,91	-	28,02
Ecart type	3,03	-	1,82	-	1,17

1.3. Déroulement des essais

Le rationnement a pour objectif de distribuer en moyenne 300 g de concentré par jour et par animal (chiffre observé sur le terrain en complément de foin de Vesce-avoine de qualité moyenne, CHELLIG, 1992). Sur un cycle de reproduction, la répartition du concentré selon le stade physiologique est consignée dans le tableau 58.

Tableau 58 : Rationnement des animaux

Stade physiologique	Paille à brin long, eau et pierres à lécher	Concentré (g/animal)			Vitamines	Observations
		PNT	PTU	PTNH ₃		
Croissance modérée	à volonté	200			2 ml de complexe vitaminiq (Vitavia) jusqu'à 3 mois de gestation,	9 g d'urée/5ml/brebi s/jour sont rajoutés dans le concentré du régime PNT
Flushing		300 [1]	300 [1]	300 [1]		
1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e mois de gestation		200	100	100		
4 ^e mois de gestation		300	200	200	2 ml 2 fois/mois et par brebis à partir du 4 ^e mois de gestation jusqu'à sevrage	
5 ^e mois de gestation		400	300	300		
Lactation		500	400	400		
Quantité de concentré consommée durant la période de reproduction (g/A)			350	250	250	

[1] : orge

Les agnelles ont reçu les régimes distribués deux fois par jour (9 h et 16 h) pendant dix mois, à l'issue desquels, les animaux pesant respectivement 38,5 ; 34 et 40 kg pour les régimes PNT, PTU et PTNH₃ ont été suivis d'une mise en reproduction.

La méthode de synchronisation des chaleurs utilisée est celle préconisée par COGNIE (1988).

1.4. Mesures et calcul

La composition chimique de l'orge, de la farine de sous-produit de volaille et des pailles résulte d'analyses réalisées tous les trimestres durant les quatre années d'essais sur des échantillons prélevés toutes les semaines puis cumulés.

Les valeurs énergétiques et azotées de l'orge, de la farine de sous-produits de volaille sont tirées des tables de l'INRA (1988). La digestibilité de la MO et des MAT des pailles (mesurée sur quatre moutons par la méthode de la récolte totale des fèces) est mentionnée dans le tableau 59.

Pour chaque cycle de reproduction, les brebis sont pesées avant la saillie, puis à 4 mois et 5 mois de gestation, à la mise bas et au 1^{er}, 2^e et 3^e mois de lactation. Les quantités de matières sèches ingérées (MSI) sont déterminées chaque jour par mesure à l'étuve d'un échantillon représentatif du distribué et du refus. La quantité d'eau est également mesurée.

Tableau 59 : Composition chimique et valeur nutritionnelle des pailles et du concentré.

Composition % MS	PNT	PTU	PTNH ₂	S/P volaille	Orge
MS %	90,7 ± 3,7	88,2 ± 0,9	89,7 ± 1,5	91,5	86,5
Cendres (% MS)	7,6 ± 1,2	7,4 ± 0,9	7,0 ± 0,9	11,0	47,0
N x 6,25 (% MS)	3,7 ± 0,5	13,7 ± 2,0	7,8 ± 0,6	57,8	12,2
CB (% MS)	42,5 ± 3,5	40,5 ± 2,7	42,0 ± 3,3	-	-
dM ₆₀ %	47,0 ± 3,4	55,6 ± 2,6	53,0 ± 3,6	-	-
PDIA (/kg MS)	12,0	12,0	12,0	282,0	30,0
PDIN (/kg MS)	22,0	66,0	42,0	412,0	80,0
PDIE (/kg MS)	45,0	57,0	55,0	292	101
UFL (kgMS)	0,48	0,58	0,56	1,13	1,12
MAD (/kg MS)	13	32	32	491	86

La fécondité des brebis et la productivité pondérale sont calculées par les expressions :

$$\bullet \text{ Fécondité (\%)} = \frac{\text{nombre d'agneaux nés}}{\text{nombre de brebis mise en reproduction}} \times 100$$

$$\bullet \text{ Productivité pondérale (kg d'agneau/brebis)} = \frac{\text{Poids des agneaux au sevrage}}{\text{nombre de brebis mise en reproduction}}$$

Les agneaux sont pesés à la naissance puis à chaque semaine d'âge jusqu'au sevrage qui est réalisé à trois mois.

La production laitière est estimée sur 45 jours selon la méthode décrite par RICORDEAU et al. (1960) par pesée des agneaux avant et après tétée, trois fois par jour : 9 h, 13 h et 18 h.

1.5. Analyse statistique

Les données (MSI de la paille seule, UFLI (apport)/UFL (BE), MAD (apport)/MAD (BE), PDIN ingéré/PDIE ingéré, eau bue, la fécondité, poids des agneaux à la naissance, poids des agneaux à 45 jours d'âge, production laitière, poids des agneaux au sevrage, productivité pondérale) ont été soumises à une analyse de la variance à un facteur selon le modèle :

$$Y = \mu + \alpha + \varepsilon$$

où Y représente la variable expliquée, μ la moyenne générale, et α l'effet traitement et ε erreur résiduelle du modèle.

Puis chaque traitement a été comparé deux à deux à l'aide du test de TUKEY. Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel STUDENT SYSTAT (KENNETH ET al., 1994).

2. RESULTATS

2.1. Effet du traitement sur la quantité de matière sèche volontairement ingérée et sur la consommation d'eau

Les quantités de matière sèche moyenne volontairement ingérées de la paille seule pour toute la période ont augmenté avec le traitement à l'urée ou à l'ammoniac ($P < 0,01$). Elles passent en moyenne de $40 \text{ g/j/kg P}^{0,75}$ pour la PNT à 48 et $48 \text{ g/j/kg P}^{0,75}$ respectivement pour la PTU et PTNH₃ (tableau 60).

L'amélioration de l'ingestibilité après traitement est classique, elle est rapportée par plusieurs auteurs (BENAHMED et DULPHY, 1985 ; CHENOST et DULPHY, 1987 et CHENOST et KAYOULI, 1997). L'apport de l'azote du traitement stimule l'appétit en rétablissant l'équilibre azoté de l'animal d'une part et permet l'accroissement de la microflore du rumen et de son activité cellulolytique ayant comme conséquence une diminution du temps de séjour de la paille dans le rumen d'autre part.

Notons la bonne ingestibilité de nos pailles non traitées ($40 \text{ g/j/kg P}^{0,75}$) par rapport à celle couramment observée dans les pays du nord où elle est de $30 \text{ g/j/kg P}^{0,75}$. Traitée à l'urée ou à l'ammoniac, elle augmente de 30 % sur 17 valeurs répertoriées par CHENOST et DULPHY (1987) pour la PTU et de 40 % sur 38 valeurs répertoriées par CHENOST et KAYOULI (1997) pour la PTNH₃.

Cette différence entre les pailles des pays du nord et nos pailles pourrait s'expliquer :

- par la vitesse de dégradation dans le rumen plus élevée de nos pailles compte tenu de leur plus faible teneur en lignine de $10,3 \pm 2,7$ % MS pour DEBOEVER et al. (1987) à $5,2 \pm 0,89$ % MS pour TRIKI (1988) et CHABACA (1992).
- par une adaptation des animaux dès le jeune âge à consommer de la paille (SUNDSTOL et al., 1978 ; XANDE, 1978 et DULPHY et al., 1982).

Dans ces conditions, un développement plus important de la capacité du stockage du rumen a été observé : (XANDE, 1978).

Durant la phase de croissance, la quantité de MSI observée chez les agnelles du lot PNT était d'environ $39 \text{ g./j/kg P}^{0,75}$. Celle de la paille traitée à l'urée ou à l'ammoniac augmente respectivement de 28 % et de 20 % soit 50 et $47 \text{ g/j/kg P}^{0,75}$.

Le niveau du concentré dans la ration passe de 36, 15 et 15 % pour les agnelles en croissance modérée respectivement pour les lots PNT, PTU et PTNH₃ à 44, 25 et 22 %.

Pour la phase de gestation, l'augmentation du niveau de concentré dans la ration totale entraîne une diminution de la quantité de la MSI du fourrage grossier d'autant plus que le fourragé est de mauvaise qualité (XANDE, 1978). Le niveau de 30 % est en règle générale considéré comme optimal (CHENOST, 1987). Cette dose n'est atteinte que pour le lot PNT. Ainsi, la diminution de la consommation de la paille observée dans nos essais (de 39, 50 et 47 g/j/kg $P^{0,75}$ à 36, 43 et 42 g/j/kg $P^{0,75}$ respectivement pour les brebis du lot PNT, PTU et PTNH₃) pourrait être expliquée en partie par cette augmentation de la dose de concentré mais aussi par la pression qu'exerce le développement du volume de l'utérus gravide sur le tube digestif (FORBES, 1970 et TISSIER et al., 1975). En effet, 80 % de la croissance du fœtus est réalisée au cours des deux derniers mois de gestation (VERMOREL et al., 1988).

Durant la phase de lactation, bien que le niveau de concentré ait été doublé (72, 58 et 45 % respectivement pour les brebis du lot PNT, PTU et PTNH₃), la consommation de la paille n'a pas été diminuée ; elle a même augmenté en moyenne de 17, 6 et 23 % respectivement par suite de la demande supplémentaire liée à la production laitière et à l'augmentation progressive de l'activité du tube digestif (FELL et al., 1972).

Le rapport, quantité d'énergie et de matières azotées ingérées sur les besoins d'entretien est en moyenne de :

- pour les UFL, de 1,07, 1,09 et 1,75 pour la paille non traitée ; de 1,18, 1,22 et 1,87 pour la paille traitée à l'urée et de 1,06, 1,13 et 1,79 pour la paille traitée à l'ammoniac.
- pour les MAD, de 1,93, 1,98 et 3,01 pour la PNT; de 1,08, 1,34 et 2,39 pour la PTU et de 0,98, 1,24 et 2,22 pour la PTNH₃, respectivement pour la période de croissance modérée, la période de gestation et la période de lactation, sans que ces différences soient toutefois significatives.

En revanche, la consommation d'eau est statistiquement plus élevée ($P < 0,01$) pour la PTU. Elle s'établit en effet à 109, 124 et 163 ml /j/kg $P^{0,75}$ pour la période de gestation et à 121, 194 et 213 ml/j/kg $P^{0,75}$ pour la période de lactation, respectivement pour la PNT, PTNH₃ et PTU (tableau 60).

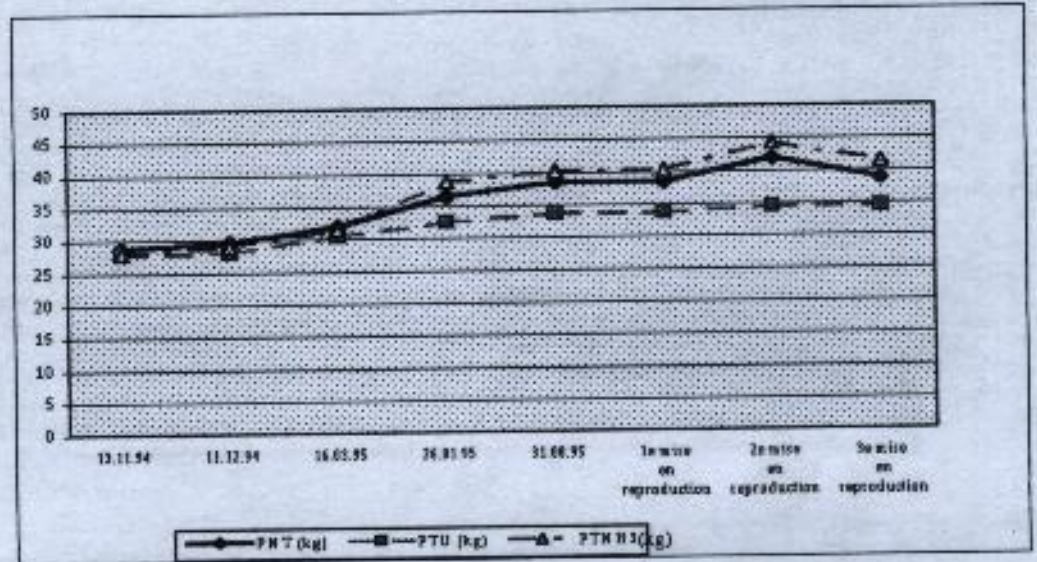


Figure 10 : Effet du régime sur la croissance des agnelles

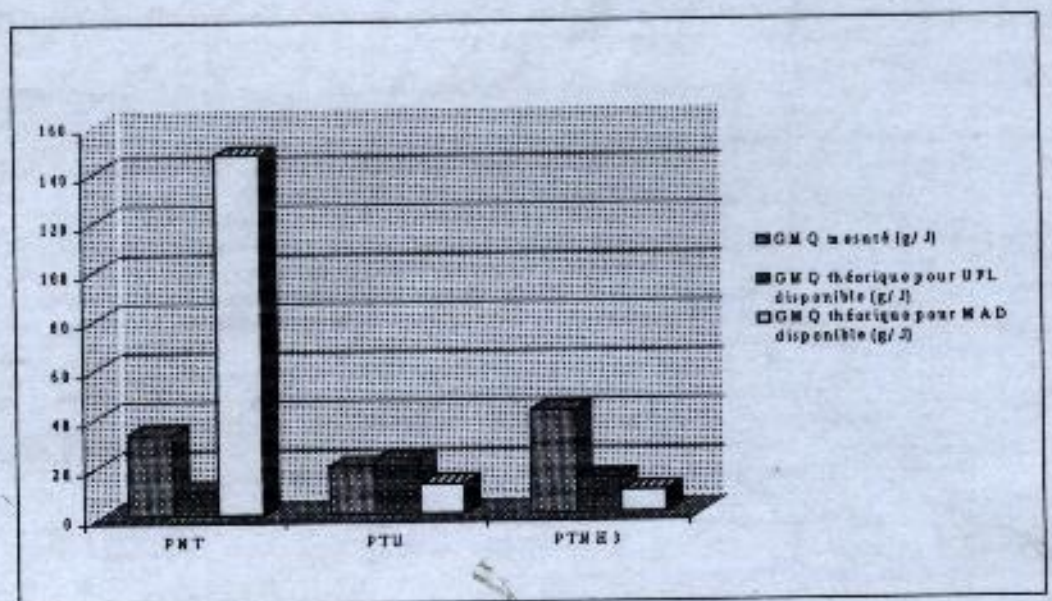


Figure 11 : Effet du régime sur le GMQ théorique

Tableau 60 : Effet du traitement sur la consommation de la matière sèche volontairement ingérée et sur la consommation d'eau

		MSI paille seule	UFLI (apport)	MAD (apport)	PDIN(Ingéré)	Eau bue
		g/j/kg P ^{0,75}	UFL (BE)	MAD (BE)	PDIE(Ingéré)	ml/kg P ^{0,75}
PNT	Croissance	38,9 ± 3,7	1,07 ± 0,09	1,93 ± 0,19	0,78	-
	Gestation	36,0 ± 3,8	1,09 ± 0,13	1,98 ± 0,24	0,99	109,6 ± 2,9
	Lactation	44,4 ± 2,0	1,75 ± 0,05	3,01 ± 0,02	1,00	121,0 ± 5,6
PTU	Croissance	50,4 ± 5,1	1,18 ± 0,11	1,08 ± 0,08	1,15	-
	Gestation	42,9 ± 4,6	1,22 ± 0,12	1,34 ± 0,34	1,11	163,0 ± 13,9
	Lactation	49,6 ± 1,3	1,87 ± 0,01	2,39 ± 0,05	1,07	213,0 ± 37,5
PTNH ₂	Croissance	47,1 ± 7,9	1,06 ± 0,17	0,98 ± 0,12	0,85	-
	Gestation	41,6 ± 5,8	1,13 ± 0,05	1,24 ± 0,24	0,88	124,0 ± 13,6
	Lactation	54,6 ± 2,4	1,79 ± 0,05	2,22 ± 0,01	0,90	194,0 ± 47,5
Moyenne ± ET		45,0 ± 5,9	1,35 ± 0,34	1,78 ± 0,68	0,97 ± 0,12	154,0 ± 42,8
R ²		0,47	0,01	0,32	0,72	0,53
RSD		78,90	0,35	0,65	0,06	36,20
P		0,01	NS	NS	0,05	0,01

ET : Ecart type ; R² : Coefficient de détermination ; RSD : residual standard deviation ; NS : Non significatif à P = 0,05

2.2. Effet du régime alimentaire sur les performances des animaux

Après environ 10 mois de régime, le poids moyen des agnelles s'établissait à 33,7 ; 38,5 et 40,2 kg respectivement pour les agnelles du lot PTU, PNT et PTNH₂ (tableau 61 et figure 10).

Tableau 61 : Effet du régime sur l'évolution du poids des agnelles en croissance modérée et sur le poids des brebis à la mise en reproduction

		PNT (kg)	PTU (kg)	PTNH ₃ (kg)
Phase de croissance modérée	13.11.94	28,8 ± 3,0	27,9 ± 1,8	28,0 ± 1,2
	11.12.94	29,6 ± 3,1	28,0 ± 2,2	29,0 ± 2,4
	16.03.95	32,0 ± 3,2	30,4 ± 2,9	31,5 ± 4,6
	26.01.95	36,4 ± 2,6	32,5 ± 2,3	38,7 ± 3,9
	31.08.95	38,5 ± 2,6	33,7 ± 3,7	40,2 ± 1,3
	GMQ mesuré (g/J)	33,22	19,86	41,78
	GMQ théorique par UFL (g/J)	10,15 ± 11,15	22,6 ± 13,65	14,06 ± 17,01
GMQ théorique par MAD (g/J)	146,80 ± 13,92	12,52 ± 10,85	9,17 ± 10,63	
Phase de reproduction	1 ^o mise en reproduction	38,5 ± 2,6	33,7 ± 3,7	40,2 ± 1,3
	2 ^o mise en reproduction	41,9 ± 4,7	34,5 ± 4,4	44,2 ± 5,3
	3 ^o mise en reproduction	38,8 ± 6,7	34,5 ± 3,5	41,4 ± 6,0

Pour la période de croissance modérée et sur la base d'un besoin d'entretien égal à $0,032 \text{ UFL/kg P}^{0,75}$ et $2,66 \text{ de MAD/kg P}^{0,75}$, la croissance théorique était de 10, 23 et 14 g/J pour les UFL et de 147, 12 et 9 g/j pour les MAD (figure 11) respectivement pour les régimes PNT, PTU et PTNH₃. La croissance mesurée de 33, 20 et 42 g/j est globalement ajustée à l'énergie et à l'azote fourni sauf pour l'azote de la PNT où l'urée a été rajoutée dans le régime. Pour ce régime, l'énergie a été probablement le facteur limitant compte tenu de cet apport d'urée.

Néanmoins, nous observons que la réponse des agnelles du lot PTU semble être plus faible comparativement à celles des agnelles du lot PNT et PTNH₃ (20g contre 33 et 42g). Ce cas de figure est également observé par d'autres auteurs (CHENOST et BESLE, 1992; NEFZAUI et al., 1993 et HOUMANI, 1998).

En moyenne sur les trois cycles de reproduction, la fécondité est de 67 % pour les brebis du lot PNT contre 78 et 91 % respectivement pour les brebis du lot PTU et PTNH₃, (tableau 62).

Tableau 62 : Paramètres de reproduction et de productivité

	Fécondité %	Pds des agneaux à la naissance (kg)	Pds des agneaux à 45 j d'âge (kg)	Production laitière globale (l)	Poids des agneaux au sevrage (kg)	Mortalité des agneaux %	Mortalité des brebis %	Productivité (kg/bre)
PNT								
Cycle 1	67	3,05	8,50	610	12,80	10	0	7,66
2	73	3,63	8,62	666	13,84	10	0	9,22
3	60	3,51	7,42	562	10,94	11	0	5,84
Moyenne	66,7 ± 6,5a	3,40 ± 0,31	8,18 ± 0,66a	613 ± 52a	12,53 ± 1,47a	10,3 ± 0,58	0	7,58 ± 1,70
PTU								
Cycle 1	80	3,32	7,84	587	13,19	10	0	7,91
2	67	3,79	9,04	563	13,60	0	0	9,07
3	87	2,83	6,15	521	9,15	61	33	3,05
Moyenne	78,0 ± 10,1b	3,31 ± 0,48	7,68 ± 1,45a	550 ± 25b	11,98 ± 2,48a	23,6 ± 32,7		6,68 ± 3,19
PTNH ₃								
Cycle 1	80	3,61	9,95	708	17,45	16	0	11,6
2	80	3,81	9,61	670	14,72	8	0	10,7
3	113	3,06	8,03	607	12,16	29	6	8,73
Moyenne	91,0 ± 10,1c	3,49 ± 0,39	9,20 ± 1,02b	661 ± 50a	14,78 ± 2,64b	17,7 ± 10,6		10,72 ± 0,96
Moyenne ± ET	78,6 ± 15,4	3,40 ± 0,12	8,32 ± 1,16	608 ± 61	13,10 ± 2,33			8,30 ± 1,16
R ²	0,47	0,06	0,14	0,44	0,14			0,61
ETR	13,00	0,38	1,00	2,45	2,25			0,31
P	0,05	NS	0,05	0,05	0,05			0,01

ET = écart type ; R² = Coefficient de détermination ; ETR = écart résiduel du modèle ; NS = non significatif (P = 0,05). Les valeurs d'une même colonne affectées de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05).

La production laitière pour les brebis du lot PTU était de 550 ml/brebis ; elle est plus faible (P<0,05) de -10 % et -17 % respectivement et comparativement à celle des lots PNT et PTNH₃.

Pour les agneaux à 45 jours d'âge, le poids était en moyenne de 7,68 kg pour les agneaux issus du lot PTU, contre 8,18 (-6%) pour lot PNT, ces poids étaient significativement plus faibles que ceux des agneaux issus du lot PTNH₃ (9,20Kg ; -16%).

Au sevrage, le poids était de 11,98Kg contre 12,53 et 14,78 ($P < 0,05$) respectivement pour les lots PNT et PTNH₃.

De même la productivité pondérale par brebis était significativement plus élevée ($P < 0,05$) pour le lot PTNH₃ soit 10,72 Kg/brebis contre 7,58 et 6,68 Kg/brebis respectivement pour le lot PNT et PTU.

La mortalité est plus élevée pour le lot PTU, ceci particulièrement au 3^e cycle de reproduction où elle représente 33 et 61 % respectivement des brebis et des agneaux (tableau 62).

3.- DISCUSSION

Le traitement des pailles à l'ammoniac anhydre pour améliorer leur valeur alimentaire est maintenant bien connu (SUNDSTOL et al., 1978). Cependant, le traitement nécessite des moyens coûteux (citermes spéciales; moyens de transport, voies d'accès) qui font souvent défaut dans certains les pays du sud. Cet ammoniac peut être néanmoins généré de façon économique sans aucun risque à partir de l'urée classiquement utilisée comme engrais. Cette source d'ammoniac a l'avantage, sur la précédente, d'être universellement répandue, facile à transporter, à stocker et à manipuler.

Aussi, depuis les premiers travaux de HADJIPANAYIOTOU, 1982 ; CLOETTE, DE VILLIERS et KRITZINGER, 1983, le traitement à l'urée génératrice d'ammoniac a été présenté comme pouvant remplacer l'ammoniac anhydre dans le traitement des pailles à l'ammoniac.

Des essais indépendants de longue durée visant à étudier les performances de croissance et de reproduction des ovins ont été publiés pour le traitement à l'ammoniac (huit cycles de reproduction, CORDESSE et al. 1989) et pour l'urée (quatre cycles de reproduction, CHERMITI, 1994), mais nous n'avons relevé aucun travail comparant les deux traitements sur une longue période dans un même essai.

Dans cette discussion, nous essayerons de comparer les performances de reproduction, le taux de mortalité et la productivité pondérale obtenus au cours d'un même essai pendant trois reproductions chez des brebis alimentées à base de paille traitée à l'urée ou à l'ammoniac.

La fécondation (fertilité x prolificité) dépend principalement du passé alimentaire de la brebis, de la race, de la fertilité du bélier et du numéro de mise bas. Plus faible pour les primipares, elle serait maximale à la quatrième mise bas (CRAPLET et THIBIER, 1984). Compte tenu d'un standard de fécondation de la race Ouled Djellal de 95 % (CHELLIG, 1992), les résultats moyens de fécondation des lots PTU et PTNH₃ sont respectivement de 78 et 91 %. Cette valeur est comparable à celle obtenue (85 %) pour les races comme la barbarine de Tunisie (CHERMITI, 1994) recevant une alimentation à base de paille traitée à l'ammoniac.

Dans nos essais, la fécondation est améliorée avec le numéro de mise bas, comme on pouvait s'y attendre, pour les brebis du lot PTU de 80% à 87% respectivement pour le 1^{er} cycle et le 3^{ème} cycle de reproduction, cependant, cette amélioration reste faible par rapport aux brebis du lot PTNH₃ puisque pour ce lot, la fécondité observée était respectivement de 80% et de 113%.

Dans nos conditions expérimentales, seule la variable alimentaire pourrait expliquer ces résultats. Pourtant le bilan alimentaire théorique est nettement en faveur des PTU (UFLI (Apport)/UFL (B.E.) = 1,42 ; MAD apport/MAD besoin (BE) = 1,60 contre 1,33 et 1,48 pour le PTNH₃ (tableau 60). Il y a donc manifestement une moins bonne utilisation par les brebis des rations PTU.

Cette observation est aussi illustrée par la perte de poids différente entre le lot PTNH₃ et le lot PTU à la fin du 3^e cycle de reproduction : 38 kg contre 34 kg pour la PTU.

Ce faible poids des brebis PTU généré probablement par un épuisement de l'organisme (le poids des agneaux à la naissance étant comparable) est peut-être responsable du fort taux de mortalité (33 %) observé à la 3^e mise bas, contre 6 % pour les brebis du lot PTNH₃, malgré un niveau énergétique comparable à celui généré par la PTNH₃, mais le niveau azoté est plus élevé. Ce qui est pourrait partiellement expliquer ces résultats (tableau 60).

L'azote fixé sur la paille et libéré dans le rumen est normalement transformé en ammoniac par les microorganismes du rumen qui l'incorpore dans leurs protéines grâce à deux systèmes enzymatiques : le système glutamate-synthétase et NADP-glutamate déshydrogénase (LONGI, 1971 ; CHAMPREDON et PION, 1972 ; HAVASSY et al., 1976 et JARRIGE et al., 1988). L'ammoniac en excès qui est toxique pour l'organisme est transformé (avec consommation d'énergie, BRUN-BELLUT, 1986) en urée essentiellement par le foie et excrété dans les urines ; il s'en suivrait un gaspillage d'énergie préjudiciable à la prise de poids. La forte consommation d'eau observée par les brebis du lot PTU (P < 0,01) en est le témoin (tableau 60).

Le foie, à terme, pourrait être altéré ne pouvant plus alors jouer totalement son rôle de détoxification de l'ammoniac.

Le dosage des transaminases (glutamo-oxalo-acétique, GOT ; et glutamo-pyruvique, GPT) dans le sang qui sont des indicateurs de lésions des tissus riches en transaminases comme le foie (PION et al. 1980) illustre cette hypothèse (tableau 63).

Tableau 63 : Quantité de transaminase (UI/l) sanguine des brebis recevant durant de longues périodes une alimentation à base de PTU ou PTNH₃, TRIKI et DEKAR (non publié)

Lot	à Jeun		2 h après le repas		8 h après le repas		Normes (UI/l)	
	GOT	GPT	GOT	GPT	GOT	GPT	GOT	GPT
PTU	129,95	64,60	141,40	75,10	128,75	64,50	25 à 123	15 à 70
	±	±	±	±	±	±		
	4,34	2,75	7,22	3,38	7,89	8,03		
PTNH ₃	105,90	43,66	113,30	62,63	99,80	49,90	123	70
	±	±	±	±	±	±		
	7,00	2,98	7,32	6,98	9,60	3,15		

GOT : Glutamo-oxalo-acétique ; GPT : Glutamo-pyruvique.

Dans ces conditions, il pourrait en résulter des concentrations anormales d'ammoniac dans le sang installant une toxicité chronique (tableau 64) qui a abouti à la mort des brebis. Cette situation a été observée au 3^{ème} cycle de reproduction.

Tableau 64 : Concentration d'urée (mmol/l) dans le sang des brebis recevant durant de longues périodes une alimentation à base de PTU ou PTNH₃, TRIKI et DEKAR (non publié)

Lot	à jeun	2 h après le repas	8 h après le repas	Normes
PTU	7,43 ± 0,15	7,65 ± 0,05	7,43 ± 0,09	2,2 à 7,4
PTNH ₃	6,59 ± 0,18	6,84 ± 0,20	6,01 ± 0,11	

Assez logiquement, la différence entre PTU et PTNH₃ est moins apparente pour le poids des agneaux à la naissance (tableau 62). Il est en effet connu (JARRIGE et al., 1978) que le fœtus est prioritaire sur la mère. Néanmoins, les agneaux du lot PTU présentent à la troisième mise bas un poids plus faible (2,83 kg) par rapport aux agneaux du lot PTNH₃ (3,06 kg). Cette plus faible performance du lot PTU est de nouveau notée pour la croissance des agneaux qui a été en moyenne pour les trois cycles de 97 g/J contre 127 g/J pour les agneaux du lot PTNH₃ soit - 24 %. Cette différence est beaucoup plus grande à la troisième mise bas soit 110 g/j contre 74 g/j seulement, (- 33 %). Cette meilleure croissance des agneaux issus du lot PTNH₃ est due à une production plus élevée de lait (661 g/brebis et par jour pour le lot PTNH₃ contre 550 g/brebis et par jour pour le lot PTU soit - 17 % en moyenne pour les trois cycles; mais probablement aussi à une qualité moindre de lait produit par les brebis du lot PTU. En effet, la quantité d'urée présente dans le lait des brebis, PTU est de 420 mg/l de lait contre 40 g/l de lait pour les brebis du lot PTNH₃, la moyenne internationale est de 348 mg/l pour un lait de brebis standard (DAKICHE et MAHMOUDI 1996).

CANAS et al., 1998, rapportent un accroissement de la teneur en urée du lait de 12 à 27 mg/dl chez les brebis de race sarde lorsque le niveau protéique de la ration passe de 14 à 21% de la matière sèche. De même LAGRIFFOUL et al., 1999, indiquent un accroissement significatif de la teneur du lait en urée chez la brebis de race lacaune (de 38 à 52mg/dl soit + 36%), lorsque le taux de couverture des besoins moyen en PDIN passe de 120 à 160%.

Ces résultats illustrent bien l'impact des quantités d'azote ingérées sur la quantité d'urée dans le lait, il est d'autant plus fort que l'azote est de nature non protéique.

Dans nos essais, les quantités de matières azotées ingérées par les brebis du lot PTU étaient de 6,52 g/kg P^{0,75} contre 3,70 g/kg P^{0,75} pour les brebis du lot PTNH₃ soit une différence entre PDIN et PDIE de + 4,42 g/kg P^{0,75} pour le lot PTU contre - 6,29g/kg P^{0,75} pour le lot PTNH₃.

On comprendrait alors que le lait des brebis du lot PTU soit plus riche en urée donc de moins bonne qualité et susceptible alors d'affecter la croissance des agneaux. Le calcul montre qu'à même teneur en protéines, le lait des brebis recevant le régime PTU (sur 45 jours de lactation) apporte 65g de protéines (GMQ théorique de 300g) de moins que celui des brebis issues du régime PTNH₃.

CONCLUSION GENERALE

Dans le présent travail, nous avons d'une part évalué les besoins en énergie et en azote pour l'entretien, la gestation et la lactation de l'ovin de la race Ouled Djellal et d'autre part, vérifié les résultats obtenus sur des agnelles en croissance modérée et sur des brebis alimentées à base de paille traitée (à l'urée ou à l'ammoniac) ou non traitée. Il s'en est suivi la comparaison des performances de reproduction chez les brebis de race Ouled Djellal ayant reçu sur une longue durée une alimentation à base de paille traitée à l'urée ou à l'ammoniac.

Les résultats obtenus par la méthode alimentaire pour les besoins d'entretien sont :

- pour l'énergie, de 0,032 UFL/kg $P^{0,75}$ ou de 22,2g de MOD/kg $P^{0,75}$, valeurs légèrement inférieures à la recommandation de l'INRA.

- pour l'azote, de 2,66g de MAD/kg $P^{0,75}$ soit + 5% par rapport à la recommandation de l'INRA.

Pour les besoins de gestation, ils sont :

- pour l'énergie, de 0,18 UFL par animal et par jour en supplément des besoins d'entretien pour la période 4-5 mois (ou 0,011 UFL/kg $P^{0,75}$), valeur comparable à celle de l'INRA (0,012 UFL/kg $P^{0,75}$)

- pour l'azote, les besoins de gestation pour la même période (4-5 mois) sont de 36g de MAD/animal/jour en plus des besoins d'entretien, soit 81% des besoins d'entretien ou de 2,11g de MAD/Kg $P^{0,75}$, la recommandation de l'INRA étant de 0,94g de MAD/kg $P^{0,75}$.

Au vu de ces premiers résultats, les besoins en énergie de la race Ouled Djellal seraient comparables ou même légèrement plus faibles que ceux des ovins de race améliorée tandis que les besoins azotés seraient légèrement plus élevés.

Pour l'énergie, les rendements obtenus dans nos essais pour la gestation sont de 24% et de 60% pour la lactation; soit un meilleur rendement comparativement à la valeur de 14 % habituellement admise.

Le rendement pour la lactation obtenu est comparable à la valeur obtenue en littérature (63%).

Pour l'azote, le calcul des besoins en MAD aboutit à des valeurs erronées des rendements. En revanche, l'utilisation des PDI aboutit à des rendements de 73 et 66% respectivement pour la lactation et la gestation, valeurs supérieures de 9% et de 8% à celles de l'INRA qui sont de 67 et 60% respectivement.

En ce qui concerne la validation des besoins d'entretien obtenus dans nos essais, les résultats montrent que la croissance mesurée durant 10 mois s'ajuste aux besoins calculés même si on peut observer une sous-estimation de la valeur azotée des pailles.

Dans ce travail, l'exposition des brebis à une alimentation de longue durée à base de PTU a provoqué une intoxication chronique qui s'est traduite à la troisième mise bas par la mortalité de 1/3 de l'effectif des brebis et de 60% de agneaux.

la production laitière, le poids des agneaux à 45 jours et les paramètres de reproduction sont également nettement plus faibles comparativement aux brebis du lot PTNH₃.

Dans l'ensemble, il conviendrait de poursuivre le travail sur les besoins des animaux en ayant soin de bien mesurer la valeur azotée des pailles traitées à l'ammoniac ou à l'urée dont l'azote est essentiellement de nature non protéique.

La paille traitée à l'urée qui avait suscité beaucoup d'espoir dans les pays du Sud, mérite des études complémentaires en particulier sur la complémentation énergétique pour permettre une meilleure utilisation de l'azote.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A. F. R. C., 1990 : Technical Committee on responses the nutrients report n° 5. Nutritive requirements of ruminants animals energy. *Nutr. Abst. Rev. Serie B.* 60 : 729-804.

A. F. R. C., 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.

A. F. R. C., 1997: The nutrition of goats, AFRC Technical Committee on responses to nutrients. Report n° 10. *Nutrition Abstracts and Reviews Serie B.* vol. 67, n° 11: 765-861.

AGUILERA, J. F. ; PRIETO, C. ; FONOLIA, J., 1990 : Energy metabolism of lactating goats of the granadina breed. In: *11th Symp. On energy metabolism. EAAP, Publ. 42, Pu doc Wageningen (The Netherlands)* : 100-110.

ALEXANDER, G., 1961: Energy exchanges in new-born lambs. *Proc. 2th Symp. Energy Metab. Wageningen 11-15 sept. EAAP n° 10. Laboratory of animal physiology. Wageningen, Netherlands* : 60-69.

ALEXANDER, G., 1961: Energy metabolism in the starved new-born lamb. *Aust. J. Agric. Res.* 13, 1 : 144-164.

ALEXANDER, G., 1962b: Temperature regulation in the new-born lamb. V- Summit metabolism. *Aust. J. Agric. Res.* 13, 1 : 100-121.

ALEXANDER, G., 1978: Quantitative development of adipose tissue in foetal sheep. *Aust. J. Biol. Sci.* 31: 489-503.

A.O. A.C., 1975: Official methods of analysis, 12 th ed., Washington, DC, 120

P.A.R.C., 1965: The nutrients requirements of farm livestock n° 2. The ruminants, London, U.K. Agricultural Research Concil, London, 264 P.

A.R.C., 1980: The nutrients requirements of ruminants *Livestock. Technical review by an agricultural research council working party, Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, U.K.*, 120 P.

A.R.C., 1984: The nutrients requirements of ruminants *Livestock. Supplement n° 1. Slough, U.K. Commonwealth Agricultural Bureau*, 160 P.

ARNAL, M., 1977: Muscle protein turnover in lamb throughout development. In : *Pro. 2rd. Intern. Symp. Proteine metabolismes nutrition. Flevohof*. 150-154.

ARTHUR, G. H., 1971: *The development of the conceptus in veterinary reproduction and obstetrics*, 96-99

ASSERRHINE, M., 1984 : Production laitière des brebis D'Man et D'Man x Timahdite. Conduite en race pure ou en croisement et croissance des agneaux produits. *Mémoire de 3^e cycle INV Hassan II ; Rabat Maroc*, 82 P.

ATWATER, W. O. ; BENEDICT, F. G., 1902 : Experiments on the metabolism of energy and matter in the human body. *United States Department of Agriculture Office of Experimental Station, Bulletin 109*.

117

BAUMAN, D. E. ; CURRIE, W. B., 1980 : Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation ; a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63 : 1514-1529.

BEDRANI, S., 1984 : La steppe, les pasteurs et agro-pasteurs en Algérie. *CREAD*, 39 P.

BEEVER, D. E. ; CAMMELL, S. B. ; SUTTON, J. O. ; HUMPHRIES, D. J., 1998a : The effect of stage of harvest of maize silage on the concentration and efficiency of utilization metabolizable energy by lactating dairy cows. In : *Energy metabolism of farm animals (ed. K. M. C. Cracken, E. F. international symposium on energy metabolism CAB international, Wallingford : 359-362*

BENEVENT, M., 1971 : Croissance relative pondérale postnatale dans les deux sexes des principaux tissus et organes de l'agneau Mérinos d'Arles. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 11 : 5-39.

BENHAMED, H. ; DULPHY, J. P., 1985 : Note sur la valeur azotée de fourrages pauvres traités par l'urée ou l'ammoniac. *Ann. Zootech.* 34 (3): 335-346.

BICKEL, H. ; DURRER, A., 1973 : Energy utilisation by growing sheep. In : *6th, Symp. energy metabolism of farm animals, Stuttgart, B.R.D.. EAAP n° 14, Université Hohenheim : 119-121*.

BLANCHART, G.; BRUN-BELLUT, J., 1982: Determination of protein maintenance requirements in goats from nitrogen losses in urine and faeces. *Communication, projet B «nutrition des caprins», sous réseau FAO, Reading 9-10 Nov. 1982*; 30 P.

BLANCHART, G. ; BRUN-BELLUT, J. ; VIGNON, B., 1977 : Comparaison chez les ovins et chez les caprins, de la valeur alimentaire de différentes rations et de l'utilisation de l'azote. *Bull. E.N.S.A.I.A. 21 (1)* : 37-47.

BLANCHART, G. ; BRUN-BELLUT, J. ; VIGNON, B., 1980 : Comparaison des caprins aux ovins quant à l'ingestion, la digestibilité et la valeur alimentaire de diverses rations. *Repr. Nutr. Develop. 20*: 1731-1737.

BLAXTER, K. L., 1962: The energy metabolism of ruminants. *CHARLES, C., Thomas, Springfield, Illinois*, 120 P.

BLAXTER, K. L., 1967: George Scott Robertson Memorial lecture, Belfast : Queen's University. 150 P.

BOCQUIER, F. ; THERIEZ, M. ; PRACHES, S. ; BRELURUT, A., 1988 : Alimentation des ovins ; in : *Alimentation des bovins, ovins et caprins, ed. INRA Publication Versailles* : 249-274.

BOUCHAT, J. C.; DOIZE, F. ; PAQUAY, R., 1980 : Effects of fasting on blood composition and nitrogen losses in the adult sheep depending on previous diet and body weight. *Reprod. Nutr. Develop. 20* : 77-92.

BOUKHOBZA, M., 1982 : L'agropastorisme traditionnel en Algérie de l'ordre tribal au désordre colonial. Office des Publications Universitaires. 451 P.

BREIREM, K., 1953 : *Wiss. Abh. dtsh. Akad. Landwirtschaftswiss, n° 31*.

BROAD, T. E. ; DAVIES, A. S., 1980 : Pre and post natal study of the carcass growth of sheep. I- Growth of dissectable fat : its chemical components. *Anim. Prod. 3* : 63-71.

BRODY, S. ; PROCTOR, M., 1932, Cité par RIGAUR, R. ; MELCHIOR, J. C., 1992, In : *Le métabolisme énergétique chez l'homme : Méthodes de mesure et applications pratiques*, 143 P.

BRODY, S., 1945 : Bioenergetics and growth. *Reinhold Publishing Corp. New-York*, 160 P.

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)*, 80 P.

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.

BULL, L. S. ; TYRRELL, H. F. ; REID, J. T., 1974 : Energy utilization by growing male and female sheep and rats by comparative slaughter and respiration technique. in : *7th*,

Symp. energy metabolism of farm animals, Vichy (France). EAAP n° 19, INRA CRZV Thiex, France : 137-138.

CAMMELL, S. B. ; BEEVER, D. E. ; SUTTON, J. D. ; France, J. ; The LATE ALDERMAN, G. ; Humphries, D. J., 2000 : An examination of energy utilisation in lactating dairy cows receiving a total mixed ration based on maize silage. *Animal Science* 71 : 585-596.

CANAS, R. ; ROMERO, J. J. ; BALDWIN, R. L., 1982 : Maintenance energy requirements during lactation in rats. *J. Nutr.* 112, 1876-1880.

CANNAS, A. ; PES, A. ; MANCUSO, R. ; VODRET, B. ; NUDDA, A., 1998 : Effect of dietary energy and protein concentration on the concentration of milk urea nitrogen in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 81, 493-508.

CHABACA, R., 1993 : Valeur azotée des pailles traitées à l'ammoniac ou à l'urée et impact de la fixation de l'azote des teneurs en substances phénoliques. *Thèse de Magister, INA (El-Harrach), 60 P.*

CHAMPREDON, C. ; PION, R., 1972 : Influence de la teneur en urée du régime sur l'amino-acidémie libre des chèvres en lactation. *Ann. Biol. Anim. Biophys.* 12 (2) : 307-320.

CHARON, K. M., 1988 : Change in content of milk components during lactation and their influence on lamb rearing of finisheep. *J. Agri. Sci. in Finland* 60 : 662-663.

CHELLIG, R., 1992 : Les races ovines algériennes, *Office des publications universitaires*, 1 place centrale de Ben-Akoun, Alger, 76 P.

119

CHENOST, M., 1987 : Influence de la complémentation sur la valeur alimentaire et l'utilisation des foin et pailles par les ruminants ; in : *Les fourrages secs : récolte, traitement et utilisation. Demarquilly ed. INRA : 199-230.*

CHENOST, M. ; BESLE, J. M., 1992 : Les pailles traitées à l'ammoniac provenant de l'hydrolyse de l'urée dans l'alimentation des génisses de la race laitière en croissance hivernale. *Ann. Zootech.* 41 : 153-167.

CHENOST, M. ; DULPHY, J. P., 1987 : Amélioration de la valeur alimentaire des mauvais foin et des pailles par les différents types de traitement, in : *Les fourrages secs, récoltes, traitement et utilisation. Ed. INRA, St-Cyr 78000 Versailles : 200-230.*

CHENOST, M. ; KAYOULI, C., 1997 : Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes. *Étude F.A.O., Production et Santé animale, 226 P.*

CHERMITI, A., 1994 : Développement de systèmes d'alimentation des ovins à base de paille traitée à l'ammoniac dans les conditions sud méditerranéennes. In : *Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zone méditerranéenne, ed. Tisserand, J. L. ; Zaragoza ; IAMZ, CIHEAM série B : étude et recherche, options méditerranéennes 6 : 109-117.*

CHIGARU, P. R. N. ; TOPPS, J. H., 1981 : The composition of body-weight changes in under fed lactating beef. *Cows. Anim. Prod.* 32 : 95-103.

CHILLIARD, Y. ; REMOND, B. ; SAUVANT, D. ; VERMOREL, M., 1983 : Particularités du métabolisme énergétique. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Thiex, INRA 53* : 37-64.

CHIOU, W. S. ; JORDAN, R. M., 1973 : Ewe milk replacer diets for young lambs. III- Effect of age of lambs and dietary protein and fat levels on the body composition of young lambs. *J. Anim. Sci.* 36 : 607-612.

CLOETTE, S. W. P. ; DE VILLIERS, T. T. ; KRITZINGER, N. M., 1983 : The effect of ammoniation by urea on the nutritive value of wheat straw for sheep, *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 3, 143-146.

COGNIE, Y., 1988 : Nouvelles méthodes utilisées pour améliorer les performances de reproduction chez les ovins, *Prod. Anim.* 1 (2) : 83-92.

CORDESSE, R. ; FACI, R. ; MUNOZ, F. ; ALIBES, X. ; GUESSOUS, F., 1989 : Long-term utilization of ammonia treated straw for ewes in Mediterranean countries. in : *Evaluation of Straw in ruminant feeding. Eds CHENOST M., RIENINGER, L. P., Elsevier, Amsterdam*, 80-85.

CRAPLET, C. ; THIBIER, M., 1974 : Le mouton : production, génétique, alimentation et maladie. 4^e édition, ed. Vigot Frères. France, 568 P.

CSIRO, 1990: Feeding standards for Australian livestock ruminants. CSIRO Publications, East Melbourne, Victoria. 20 P.

DAKICHE, S. ; MAHMOUDI, N., 1996 : Bilan des travaux sur les performances zootechniques des agnelles et des brebis alimentées à base de paille traitée à l' NH_3 ou à l'urée ou non traitée. *Thèse d'ingénieur, I.N.A. El-Harrach*, 65 P.

120

D'ARSONVAL, M. A., 1886 : Recherches de calorimétrie. *Journal d'anatomie et de physiologie*, 22 : 113-161.

DAUNCEY, M. J.; MURGATROYD, P. R. ; COLE, T. J., 1978 : A human calorimeter for direct and indirect measurements of 24 hour energy expenditure. *British Journal of Nutrition*, 39 : 557-566.

DE BOEVER, J. L. ; COTTYN, B. G. ; DE BRABANDER, D. L. ; BUYSSE, F. X., 1987 : Traitement de la paille. 3- Effet de l'urée sur la composition, la digestibilité et la valeur alimentaire. *Revue de l'agriculture* 2 (40) : 375-383.

DELAGE, J., 1974 : L'alimentation azotée, INA Paris-Grignon, 148 p.

DESPRETZ, C., 1824 : La cause de la chaleur animale. *Journal de Physiologie expérimentale et de pathologie*, 4 : 143-153.

DIXON, R. M.; MILLIGAN, L. P., 1984 : Nitrogen kinetics in the large intestine of sheep given bromegrass pellets. *Can. J. Anim. Sci.* 64: 103-111.

DIXON, R. M. ; NOLAN, J. V., 1983 : Studies of the large intestine of sheep. 3- Nitrogen kinetics in sheep given chopped lucerne hay. *Br. J. Nutr.* 50 : 757-768.

DRYDEN, G. Mcl., 1980: The estimation of metabolic faecal nitrogen loss in the sheep. *Proc. Nutr. Soc. Aus.* 7. : 132-135.

DRYDEN, G. Mcl., 1982 : Endogenous nitrogen in ruminant faeces. *Proc. Nutr. Soc. Aus.* 7: 132-135.

DULONG, P. R., 1841 : Mémoire de la chaleur animale. *Annales de chimie et de physique*, 1 : 440-455.

DULPHY, J. P. ; KOUASSI, A. ; BIEN AIME, A., 1982 : Étude de la valeur alimentaire des pailles de céréales traitées ou non à la soude ; in : Influence de la nature du complément énergétique. *Ann. Zootech.* 31 (3) : 215.

EALLES, F. A. ; SMALL, J., 1980 : Summit metabolism in new-born lambs. *Res. Vet. Sci.* 29 : 211-218.

FELL, B. F. ; CAMPBELL Rosa, M. ; MACKIE, W. S. ; WEEKES, T. E. C., 1972 : Changes associated with pregnancy and lactation in some extra reproductive organs of the ewe. *J. Agric. Sci. Camb.* 79 : 397-407.

FORBÈS, J. M., 1970 : The voluntary food intake of pregnant and lactating ruminants. *Review Brit. Vet. J.* 126 : 1-11.

FINLAYSON, J. D. ; CACHO, O. J. ; BYWATER, A. C., 1975 : A simulation- model of grazing sheep. 1- Animal growth and intake. *Agricultural Systems*, 48 : 1-25.

GALLO, C. B. ; DAVIES, D. A. R., 1991 : Effect of early weaning on lamb in a triplet lamb rearing system. *Anim. Prod.* 52 : 141-148.

121

GARLICK, P. J., 1980: Assessment of protein metabolism in the intact animal. In : *Buttery, B. J. ; Lindsay, D. B., Proteins deposition in animal, Butterworths ed. London*, 51-68.

Garret, W. N.; Ferrell, C. L. ; Rattray, P. V., 1976 : Energy utilisation by the pregnant ruminant. In : 7th, *Symp. energy metabolism of farm animals, Vichy (France). EAAP n° 19, INRA CRZV Thiex, France* : 314-318.

GEAY, Y. ; ROBELIN, J. ; JARRIGE, R., 1976 : Variation des quantités d'énergie, de protéines et de lipides fixées dans la carcasse par les jeunes taureaux à l'engrais. In : 7th, *Symp. energy metabolism of farm animals, Vichy (France). EAAP n° 19, INRA CRZV Thiex, France* : 139-143.

GEISLER, P. A.; JONES, C. N., 1979: A model for calculation of the energy requirements of pregnant ewe. *Ann. Prod.* 29 : 339-355.

GIGER, S. ; SAUVANT, D., 1979 : Étude des facteurs de variation de l'excrétion azotée fécale chez la chèvre. *IV Symp. int. met et nutr. azotée. Ed. INRA Publ. II*, 250 P.

GRAHAM, N., 1962 : Influence of training and tranquillizers when measuring heat production in sheeps. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, 4 : 138-144.

GRAHAM, N., 1964: Energy exchanges of pregnant lactating ewes. *Aust. J. Res.* 15: 127.

GRAHAM, N., 1965: Metabolism of the pregnant ewe and some effects of thermal stress. In : *BLAXTER, K. L. (ed.) : Energy metabolism. London, Academic Press (Proc. 3th Symp. energy intab, Troon), (EAAP Pub. n° 1) : 387-340.*

GRENET, E. ; DEMARQUILLY, C., 1981 : Utilisation de l'azote des fourrages verts par la mouton en croissance ; influence du stade de végétation, de l'espèce fourragère, de la fertilisation azotée et de l'addition d'orge. *Ann. Zootech. 4 (26) : 483-501.*

HADJIPANAYIOTOU, M., 1982 : The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass and forage science 37, 89-93.*

HAVASSY, I. ; BODA, K. ; KOSTA, K. ; RYBOSOVA, E., 1976 : Incorporation of intravenously administered 15N into sheep plasma proteins and their amide groups. *Physiol. Bohemoslov., 25 (4) : 33-340.*

HOFFMANN, L. ; SCHIEMANN, R. ; JENTSCH, W. ; HENSELER, G., 1974 : Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. *10. Mitteilung : Energienormen für Milchkühe. Arch. Taerernähr., 24: 245-261.*

HOLMAN, S. W., 1895: Calorimetry : methods of cooling correction. *Proceedings of the american academy of arts and science, 31 : 245-254.*

HOUMANI, M., 1998 : Effet comparé de l'aspersion mécanique de l'urée en solution sur andain au champ et manuelle sur bottes pour le traitement de la paille de blé sur la digestibilité et sur la croissance des agneaux. *Ann. Zootech. 47 : 197-205.*

122

HOUSSIN, Y. ; BRELURUT, A., 1980 : Mortalité avant sevrage d'agneaux de différents génotypes dans un troupeau en conduite intensive. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA 40 : 5-12.*

HOVELL, F. B. ; ASPLUND, J. M. ; ORSKOV, E. R., VERA, J. K. ; MC LEOD, N. A., 1984 : Basal and fasting N losses and endogenous flow of nitrogen of ruminants nourished by intragastric infusion. *Can. J. Anim. Sci. 64 : 142-143.*

HUTCHINGS, N. J., 1997: Estimating the metabolizable energy requirements for pregnancy in sheep. *Anim.Sci. 64 : 463-467.*

INRA, 1978. Alimentation des ruminants. *Ed. INRA, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles, 597 P.*

INRA, 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. *Ed. INRA, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles, 597 P.*

JACQUOT, R. ; LEBARS, M. ; LEROY, A. M ; SIMONNET, S. I., 1961 : Nutrition animale ; Vol. II : Données générales sur la nutrition et l'alimentation ; Tome II : Métabolisme et transit ; 965-1430.

JAGUSCH, K. T. ; COOP, I. E., 1971 : The nutritional requirements of grazing sheep. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod. 21 : 224*

JAGUSCH, K. T. ; NORTON, B. W. ; WALKER, D. M., 1970 : Body composition studies with the milk-fed lamb. II- The effect of the age of the lamb and the protein content of

the died on the chemical composition of the body and its organs. *J. Agric. Sci.* 75 : 279-285.

JARRIGE, R. ; JOURNET, M. ; VERITE, R., 1978 : L'azote in : *Alimentation des ruminants*, ed. INRA Publications, Versailles.

JARRIGE, R. ; GUEGEN, L. ; VERITE, M., 1978 : Entretien, In : *Alimentation des ruminants*, Ed ; INRA Versailles, 207-216.

JARRIGE, R. ; PETIT, M. ; TISSIER, M. ; GUEGUEN, L., 1978 : Reproduction, gestation et lactation. In : *Alimentation des ruminants*. ed. INRA Publication (Route de Saint-Cyr) 7800 Versailles : 229-243.

JEQUIER, E. ; SCHUTZ, Y., 1983 : Long term measurements of energy expenditure in humans using a respiration chamber. *Am. J. Clin. Nutr.* 38 : 389-398.

KAUFMANN, W., 1976: Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH regulation of rumen and on feed intake in ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 3 : 103-114.

KENNETH, N. B. ; JEFFREY, W. S., 1994 : Analyse statistique de données. *International Thomson Publishing France*. 586 P.

LACHICA, M. ; PRIETO, C. ; AGUILERA, J. F., 1997 : The energy cost of walking on the level and on negative and positive slopes in the Granadino goats. *Journal of Dairy Research*, 38 : 333-341.

123

LAGRIFFOUL, G. ; GUITARD, J. P. ; ARRANZ, J. M. ; AUTRAN, P. ; DRUX, B. ; DELMAS, G. ; GAUTIER, J. M. ; JOUDON, J. P. ; MURIN, E. ; SABY, C. ; VACARESSE, C. ; VAN QUACKEBEKE, E. ; BOCQUIER, F., 1999 : Influence du taux de couverture des besoins azotés des brebis sur la production et sa teneur en urée. *Renc. Rech. Ruminants*, 6, 166.

LANGLANDS, J. ; SUTHERLAND, H. A. M. (1968) : An estimate of the nutrients utilized for pregnancy by Merino sheep. *Brith. J. Nutr.* 22 : 217-221.

LAVOISIER, A. L., 1778. Cité par JACQUOT, M. ; LEROY, A. M. ; SIMONNET, S. I. ; COURVOISIER, F. ; WEBER, M. ; LEBARS, M., 1964, In : *Nutrition animale, Vol. III : Données générales sur la nutrition et l'alimentation* ; ed. Baillière, J. B. et fils : 1433-2179.

LAWRENCE, A. ; TRIKI, S. ; CHABACA, R. ; REZZOUG, A., 2000 : proposition d'une méthode subhumide de traitement des pailles à l'urée, *Ann. Zootech.* 49 : 479-485.

LEFEVRE, J., 1911 : Chaleur animale et bioénergétique. *Masson ed. (Paris)*, 260 P.

LINDSAY, J. R. ; HOGAN, J. P. ; DONNELLY, J. B., 1980 : The digestion of protein from forage diets in the small intestine of sheep. *Aus. J. Agric. Res.* 31 : 589-600.

LONGI, B., 1971 : Les hyperammoniémies par anomalie enzymatique du cycle de l'urée. Thèse, faculté de médecine et pharmacie, Lyon, 180 P.

LUNDY, H. ; MC LEOD, M. G. ; JEWITT, T. R., 1977 : An automated multicalorimeter system : experiments on laying hens. *British Poultry Science*, 19: 173- 186.

MAC RAE, J. C. ; REEDS, P., 1980 : Prediction of protein deposition in ruminants. In: *Protein deposition animals*. P. J. BUTTERY and D. B. LINDSAY, Ed. Butterworths, London, 100-120.

MAJUMBA, B. N., 1960: Studie on goat nutrition. II- Digestible protein requirements for maintenance from balance studies. *J. Agric. Sci. Camb*, 54: 335-340.

MASON, V. C., 1969: Some observations on the distribution and origin of nitrogen sheep faeces. *J. Agric. Sci. Camb*. 73 : 99-111.

MC DONALD, I. ; ROBINSON, J. J. ; FRASER, C. ; SMART, R. L., 1979 : Studies on reproduction in prolific ewes. 5- The accretion of nutrients in the foetuses and adnexa. *J. Agric. Sci. Camb*. 92: 591-603.

MELLOR, D. ; MURRAY, L., 1985 : Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in scottish blackface ewes with twin lambs. *Research in Veterinary Science* 39 : 230-234.

MEYER, R., 1842, Cité par RIGAUR, R. ; MELCHIOR, J. C., 1992, In : *Le métabolisme énergétique chez l'homme : Méthodes de mesure et applications pratiques*, 143 P.

MILLWARD, D. J.; GARLIK, P. J. ; STEWART, R. J. C. ; Nnanyelugo, D. O. ; Waterlow, J. C., 1975 : Skeletal muscle growth and protein turnover. *Biochem. J.* 150 : 235-243.

124

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 2000 : Statistiques agricoles, série B, Campagne 1999/2000.

MOE, P. W., 1981: Energy metabolism of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 64 : 1120-1139.

MOE, P. W.; TYRRELL, H. F., 1973: The rationale of various energy systems for ruminants. *J. Anim. Sci.* 1 (37) : 183-189.

MOE, P. W.; TYRRELL, H. F., 1974: Prediction of the net energy value of feeds. In : 6th, *Symp. energy metabolism of farm animals, Stuttgart, B.R.D.. EAAP n° 14, Université Hohenheim* : 205-207

MOE, P. W. ; TYRRELL, H. F., FLATT, W. P., 1970 : Partial efficiency of energy use for maintenance, lactation, body gain and gestation in the dairy cow. In : A. SCHURCH and WENK, E. (ed) : *Energy metabolism of animals. Publishers Juris. Druck and Verlag (EAAP Pub. n° 13)* : 66 P..

MOE, P. W.; TYRRELL, H. F., FLATT, W. P., 1971: Energetics of body tissue mobilization. *J. Dairy Sci.* 54: 549.

MOGENEDOV, K., 1975: Milk production of romanov ewes and growth of thier lamb. *Animal Breeding Abstract* 43 : 5853.

MORAND-FEHR, P. ; DOREAU, M., 2001 : Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress de chaleur. *Prod. Anim.* 14 (1) : 15-27.

MORAND-FEHR, P. ; SAUVANT, D., 1978 : Caprins, In : R. JARRIGE, *Alimentation des ruminants, Ed. INRA Publ. Versailles*, 449-467..

MORAND-FEHR, P. ; SAUVANT, D. ; BRUN-BELLUT, 1987 : Recommandations alimentaires pour les caprins. Bull. Tech. CRZV Thieux INRA 70: 213-222.

MUGDAL, V. D. ; SINGH, N., 1981 : Nitrogen excretion and protein requirements. In : *Nutrition et systèmes d'alimentation, I- Symposium International. Tours, INRA-ITOVIC, ed. Paris* : 142-151.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1975: Nutrient requirements of domestic animals. 5. Nutrient requirements of sheep. 5^e édition ; National Academy of Sciences, Washington, 120 P.

NEFZAOUÏ, A. ; ROKBANI, N. ; CHERMITI, A., 1993 : Traitement de la paille de l'ammoniac et à l'urée. 1- Effet du traitement et du hachage sur la digestibilité et les rétentions azotées chez les ovins. *Ann. de l'INRA*, 66: 185-200.

NICOLE-CHÊNE, J. ; MARTAL, J. ; CHARRIER, J., 1988 : Ovins chorionic somatomammotropin and foetal growth. *Repro. Nutr. Develop.* 28 (6B) : 1541-1815.

NOIR, K. W. ; SWAIN, A. J., 1972 : The metabolic excretion and true digestibilities of nitrogen and fat by cattle and sheep with particular reference to forage. Faeces relationships. *Aust. J. Agric. Res.* 23 : 879-884.

N.R.C., 1966 : Biological energy interrelation sheeps and glossary of energy terms. *Nec. Publ. 1411. Washington, D.C.*, 60 P.

125

ORSKOV, E. R., 1972 : Recent advances in knowledge of protein evaluation for ruminant, in : E. MILLER ; I. H. PIKE ; A. J. H. VAN ES, . eds *Protein contribution of feeds for ruminants. Butterworth, London*, 198 P.

ORSKOV, E. R. ; GRUBB, D. A., 1979: The minimum N metabolism in sheep. *Proc. Nutr. Soc.* 38: 244.

ORSKOV, E. R. ; MC DONALD, I., 1970 : The utilisation of dietary energy for maintenance and protein deposition in young growing sheep. In : A. SCHURCH and WENK, E. (ed) : *Energy metabolism of animals. Publishers Juris. Druck and Verlag (Zurich)* : 121 P.

OWEN, J. B., 1976 : Sheep production, ed. *Bailline Tindall, London*. 436 P.

PHILLIPSON, M., 1964, cité par BRUN-BELLUT, J., 1986, in : Détermination des besoins azotés de la chèvre en lactation. *Thèse de doctorat en science, Institut national polytechnique de Lorraine (France)*, 80 P.

PION, R. ; ARNAL, M. ; CHAMPREDON, C. ; PATUEAU-MIRAND, F. ; BONIN, D. ; 1980 : Quelques critères biochimiques de l'état de nutrition azotée des animaux. In : l'utilisation des profils métaboliques en alimentation animale, cycle approfondi d'alimentation animale. INA Pris Grignon 159-171.

POCZPKO, L., 1981 : The environment physiology of juvenile animals. In : Clark, J.A. : *Environnemental aspects of housing for animal production. Butterworths Publ. London* : 109-130.

PRIETO, C. ; AGUILERA, J. F. ; LARA, L. ; FONOLLA, J., 1990 : Protein and energy requirements for maintenance of indigenous granadina goats. *British Journal of nutrition*, 63 : 153-163.

PURSER, A. F., 1967 : Is lamb birthcoat type related to hardiness. *Animal breeding research organization report* : 26-34

RAJPOOT, R. L. ; SENGAR, O. P. S. ; SINGH, S. N., 1981 : Energy and protein in goat nutrition. In : *MORAND-FEHR, P. ; BOURBOUZE, I. ; DESIMIANE, M. (ed) : Nutrition and systems of goat feeding. Symposium International Tours (France). May 12-15, 1981. INRA Itovic Paris (France), Vol. 1 . INRA Itovic (France) : 101-124.*

RATTRAY, P. V. ; GARRET, W. N. ; EAST, N. E. ; HINMAN, N., 1974b : Efficiency of utilization of metabolizable energy during pregnancy and energy requirements for pregnancy in sheep. *J. Anim. Sci.* 38(2) : 383-393. REYNOLDS, L., 1981 : Nitrogen metabolism in indigenous Malawi goats. *J. Agric. Sci.* 96 : 347-351.

RICHARD, D., 1988 : Utilisation de l'eau lourde pour l'estimation de la composition corporelle de béliers peul-peul. *Repro-Nutr. Develop. Sup. n° 1* : 187-188.

RICORDEAU, G. ; BOCCARD, R. ; DENAMUR, R., 1960 : Mesure de la production laitière des brebis pendant la période d'allaitement. *Ann. Zootech.* 9 : 97-120.

RIESET, J. ; REGNAULT, U., 1849 : Recherches chimiques sur la respiration des animaux de diverses classes. *Annales de chimie et de physique*, 26 : 293-513.

126

ROBELIN J., 1973 : Estimation de la composition corporelle des animaux à partir des espaces de diffusion de l'eau marquée. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 13 (2) : 285-305.

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. ; THERIEZ, M., 1981 : Fixation des protéines chez les ruminants : évolution 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.

ROBELIN J. ; VILLETTE, Y. ; ETIENNE, M., 1982 : Croissance et développement corporel au cours de la période périnatale. In : *Physiologie et pathologie périnatales. Ed. C. R. Z. V. de Thiex. INRA*, 81-93.

ROBELIN J. ; VILLETTE, Y. ; ETIENNE, M., 1984 : Croissance et développement corporel au cours de la période périnatale. In : *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme. Ed. C. R. Z. V. de Thiex. INRA*, 83-92.

ROBINSON, J. J. ; MC DONALD, I. ; FRASER, C. ; CROFTS, R. M. J., 1977 : Studies on reproduction in prolific ewes. I- Growth of the products of conception. *J. Agric. Sci. Cam.* 88 : 539-552.

ROBINSON, J. J. ; MC DONALD, I. ; FRASER, C. ; CROFTS, R. M. J., 1979 : Studies on reproduction in prolific ewes. 6- The efficiency of energy utilisation for conceptus growth. *J. Agric. Sci. Cam.* 94: 331-338.

RUBNER, M., (1902): The law of energy consumption in nutrition. *English translation, 1982. New-York Academie Press*, 150 P.

SCHIAMANN, R.; HENSELER, G. ; JENTSCH, W. ; WITTENBURG H., 1974 : Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. 8. *Mitteilung : Energieumsatz-messungen an Hochleistungskühen in Frühstadium der Laktation. Arch. Tierernähr.*, 24: 105-137.

SCHMIDLY, P. ; ROBELIN, J. ; BAS, P., 1989 : Comparaison de différentes méthodes d'interprétation de la prédiction de l'eau corporelle par la méthode de dilution d'eau lourde. Application chez les chevaux mâles. *Repro. Nutr. Vet.* 29 : 487-494.

SCHÜRCH, M., 1961, cité par RIGAUD, R. ; MELCHIOR, J. C., 1992, In : *Le métabolisme énergétique chez l'homme : méthodes de mesure et applications pratiques*, 143 P.

SENGAR, O. P. S., 1980: Indian research on protein and energy requirements of goats. *J. Dairy Sci.* 63: 1655-1670.

SMITH, N. E.; BALDWIN, R. L., 1974: Effects of breed, pregnancy and lactation on weight of organs and tissues in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 57: 1055-1060.

SMITH, R. H., MAC ALLAN, A. B., 1970: Nucleic acid metabolism in the ruminant. 2- Formation of microbial nucleic acids in the rumen in relation to the digestion of food nitrogen and fate of dietary nucleic acids. *Br. J. Nutr.*, 24 : 545-556.

SORMUNEN-CRISTIAN, R. ; WIRKUNEN, H., 1985 : Milk production of finisheep ewes. *Proceeding 36th annual meeting of the european association of animal production*, vol. 2, 222 P.

127

STALLCUP, O. T., DAVIS, G. V.; SHIELDS, L., 1975: Influence of dry matter and nitrogen intakes on fecal losses cattle. *J. Dairy Sci.* 58: 1301-1307.

STROZINSKI, L. L.; CHANDLER, P. T., 1971: Nitrogen metabolism and metabolic fecal nitrogen as related to cattle intake and digestibility. *J. Dairy Sci.* 55: 1281-1283.

SUKUL, H.; BOYLADS, W. J., 1992: Evaluation of us sheep breeds for milk production and milk composition small ruminant. *Research* 7: 195-201.

SUNDTOL, F. ; COXWORTH, E. M. ; MOWAT, D. M., 1978 : Improving the nutritive value of straws and other low quality roughages by treatment with ammonia. *World Anim. Review*, 26, 13-21.

SUSMEL, P. ; ESPEJO DIAZ, M. ; BRELURUT, A., 1983 : L'unité ovine méditerranéenne (U.O.M.). 1- Définition et méthode de calcul. *Rapport EUR n° 11893* : 96-120.

SUTTER, F. ; BEEVER, D. E., 2000 : Energy and nitrogen metabolism in Holstein-Friesian cows during early lactation. *Animal Science* 70: 503-514.

SUTTON, J. D.; CAMEL, S. B. ; BEEVER, D. E. ; HAINES, M. J. ; SPOONER, M. C. ; HARLAND, J. J., 1931 : The effect of energy and protein sources on energy and nitrogen balances in friesian cows in early lactation in : *Proceeding of the 12th energy metabolism symposium*, European Association for animal production, Ittingen, Switzerland (ed. C. WENK and M. BOESSINGER), 288-291.

SYKES, A. R. ; FIELD, A. C., 1972 : Effect of dietary deficiency of energy protein and calcium on pregnant ewe. II- Body composition and mineral content of the lamb. *J. Agric. Sci...* 78: 119-125.

SYKES, A. R.; GRIFFITHS, R. G. ; SLEE, J., 1976 : Influence of breed, birth weight and weather on the body temperature of new-born lambs. *Anim. Prod.* 22 : 395-402.

TAMINGA, S. ; OLDHAM, J. D., 1980 : Amino-acid utilization by dairy cows-concept of amino-acid requirement. *Livest. Prod. Sci.* 7: 453-463.

TAS, M. V.; EVANS, R. A. ; AYFORD, R. F. E., 1981 : The digestibility of amino acids in the small intestine of the sheep. *J. Nutr.* 45 (1) : 167- 174.

THEWIS, A., 1974 : Métabolisme de l'azote chez le ruminant. *Ann. Genbloux*, 80: 3-11.

THORBEC, G. ; HENCKEL, S., 1978: Studies on energy requirement for maintenance in farm animals. In: 7th, *Symp. Energy metabolism of farm animals, Vichy (France)*. EAAP n° 19, INRA CRZV Thiex, France : 117-120.

THORBEC, G. ; NEERGOARD, L., 1970: Construction and function of an open circuit respiration plant for cattle. In: *Energy metabolism of farm animals. Proceedings of the 5th Symposium, Zurich, Switzerland*. EAAP Publication, n° 13, eds. SCHURCH A. ; WENK, C., Zurich. Juris Verlag, 1971: 243-246.

TISSIER, M. ; THERIEZ, M., 1978 : Ovins, In : R. JARRIGE, *Alimentation des ruminants*, Ed. INRA Publ. Versailles, 403-446.

TISSIER, M. ; THERIEZ, M. ; GUEGEN, L. ; MOLENAT, G., 1978 : Ovins ; in : *Alimentation des ruminants*. Ed. INRA, Versailles : 403-448.

128

TISSIER, M. ; THERIEZ, M. ; MOLENAT, G., 1975 : Évolution des quantités d'aliments ingérées par les brebis à la fin de la gestation et au début de lactation. Incidences sur leurs performances. 1- Étude de deux rations à base de foin de qualité différente. *Ann. Zootech.* 24 : 311-324.

TISSOT, J., 1904 : Nouvelle méthode de mesure et d'inscription du débit et des mouvements respiratoires de l'homme. *J. Physiol. Pathol. Gen.* 6: 688-700.

TOBIN, G. ; HERVEY, G. R., 1984 : accuracy in indirect calorimetry. In: *Human energy metabolism. Physical activity and energy expenditure measurements in epidemiological research bases upon direct and indirect calorimetry*. Ed. VAN ES, A. J. H., Euro-Nutr. Report, 32-36.

Tobin, G STRIZHOV, V. V., 1980: Rearing of romanov lamb in industrial complexe. *Animal Breeding Abstrats*, 59 : 6888.

Triki, S., 1988 : Etude comparative de l'efficacité de deux méthodes de traitement de la paille de blé à l'ammoniac ; essai d'introduction dans l'alimentation des génisses en croissance. *Thèse de Magister, INA (El-Harrach)*, 114 P.

TYRRELL, H. F., 1980: Limits to milk production efficiency by the dairy cow. *J. Anim. Sci.* 51: 1441-1447.

TYRRELL, H. F.; MOE, P. W.; Oltjen, R. R., 1976 : Energetics of growth and fattening compared to lactation in cattle. In: 7th, *Symp. Energy metabolism of farm animals, Vichy (France)*. EAAP n° 19, INRA CRZV Thiex, France : 205-207.

VAN ES, A. J. H., 1961: Between-animal variation in the amount of energy required for the maintenance of cows. *Ph. Or Thesis ; Wageningen, Holland*, 200 P.

VAN ES, A. J. H., 1975: Feed evaluation for dairy cows. *Livestock. Prod. Sci.* 2: 95-107.

VAN SOEST, P. J., 1982: Nutritional ecology of the ruminants. *Ed. O and B., Books inc. Corvallis*, 374 P.

Verite, R. ; Journet, M., 1978 : Vaches laitières. In : *Alimentation des ruminants*, ed. INRA Publ. 78000 Versailles, 345-376.

VERMOREL, M., 1978 : Énergétique, in : *Alimentation des ruminants*, ed. INRA Publ. 78000 Versailles, 47-87.

VERMOREL, M., 1978: Feed evaluation for ruminants; the new energy systems. *Livestock production science*, 5 : 347-365.

VERMOREL, M., 1982 : Climat, thermogénèse et production de l'animal. In : *Actions du climat sur l'animal au pâturage* ; INRA éditions, Paris : 97-114.

VERMOREL, M., 1988 : Nutrition énergétique. In : *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, ed. INRA, route St-Cyr, 7800 Versailles : 57-74.

VERMOREL, M. ; BOUVIER, J.C. ; BONNET, Y. ; FAUCONNEAU, C., 1973 : Construction et fonctionnement de deux chambres respiratoires de type «circuit ouvert» pour jeunes bovins. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 13 : 659-681.

129

VERMOREL, M. ; DARDILLAT, C. ; VERNET, J. ; SAIDO ; DIMIGNE, C., 1984 : Thermorégulation de l'agneau et du veau nouveau-nés, In : *Physiologie et pathologie périnatale chez les animaux de fermes*, CRZV de Thiex : 151-176.

VERMOREL, M.; REMOND, B. ; VERNET, J. ; HART, I. C. ; LIAMADIS, D. (1982) : Utilisation of body reserves by high-producing cows in early lactation ; effect of crude protein and amino acid supply in : A. Ekern et F. Sundstol, « *Energy metabolism of farm animals* ». *EAAP Publ.*, n° 29 : 18-21.

VILLETTE, Y. ; AUROUSSEAU, B., 1981 : Influence du poids à la naissance et du génotype sur la composition chimique de l'agneau nouveau-né. *Ann. Zootech.* 30 (3) : 285-298.

VILLETTE-HOUSSIN, Y. ; BRELURUT, A., 1980 : Variation et implication de la durée de gestation dans un troupeau ovin. *Bull. Techn. CRZV Thiex, INRA 41* : 49-55.

VILLETTE-HOUSSIN, Y. ; THERIEZ, M., 1982 : Facteurs de variation du poids à la naissance des agneaux. s: 165-186.

VIZINHET, A. ; PRUD'HON, M. ; BENEVENT, M., 1974 : Evolution des différents types de dépôt adipeux après la naissance chez les agneaux Mérinos d'Arles normaux ou hypophysectomisés. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 14 : 117-119.

VOIT, J., 1901. Cité par JACQUOT, M. ; LEROY, A. M. ; SIMONNET, S. I. ; COURVOISIER, F. ; WEBER, M. ; LEBARS, M., 1964, In : *Nutrition animale, Vol. III : Données générales sur la nutrition et l'alimentation* ; ed. Baillière, J. B. et fils : 1433-2179.

WAINMAN, F. W. ; BLAXTER, K. L., 1958 : Closed circuit respiration apparatus for the cow and steer. Developments in the design of closed circuit respiration apparatus for animals weighing up to 70 kg. *Proc. 1th Symp. Energy. Metab. Copenhagen, 11-15 sept.*, EAAP n° 8, Statens Husdyrbrugsudvalg. Copenhagen : 80-95.

WALLACE, L. R., 1948: The growth of lambs before and after birth in relation the level of nutrition. *J. Agric. Sci.* 38: 243-401.

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 Thiex, France: 46-48.

WIJAYASINGHE, M. S.; MILLIGAN, L. P.; THOMPSON, J. R., 1983: In vitro degradation of leucine in muscle, adipose tissue, liver, and kidney of fed and starved sheep. *Bioscience Reports*, 3: 1133-1140.

WILKINSON, J. M. ; STARK, B. A., 1987 : The nutrition of goats. In: *Recent advances in animal nutrition*. HARESIGN, W.; COLE, D. J. A. (eds), London, UK; Butterworths : 91-106.

XANDE, A., 1978 : Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le mouton. I – Influence de la complémentation azotée et énergétique sur l'ingestion et l'utilisation digestive d'une paille d'orge. *Ann. Zootech.* 27 (4) : 583-599.

Summary

Title : Research on the needs of energy and on nitrogen of the Algerian ovine race of Ouled Djellal: validation zootechnique.

The needs of the Ouled Djellal ovine race are defined in terms of energy and nitrogen. We applied the obtained results in the sheepfold to the growing ewe-lambs during 6 months and to the ewes in a fixed period on three times of giving birth by using a nutrition based on non-treated straw or treated with urea or ammonia.

To calculate the needs of treatment in terms of energy and nitrogen of 12 months old ewe lambs, we used a nutrition methods by throw-back, balance-sheets analytic called « factorial ».

The chemical constitution of lamb carcass and of the appendage at the birth time as well as the composition of the milk allowed us to calculate the needs of gestation, milk production as well as the incoming of the use of energy and nitrogen for these two productions.

The obtained results by the method for treatment in terms of a fixed standard of nutrition are as follows :

- For energy ,0.032UFL /Kgp0,75 or 22,2 g of MOD/Kgp0,75, values slightly lower INRA recommendation.
- For nitrogen 2,66 g de MAD/Kgp0,75, let us say + 5% according to INRA recommendation .

For more and further details , about gestation is shown below :

- For energy, 0,18 UFL/Kgp0,75 or 22,2g of MAD/Kgp0,75, a day by animal supplementary to the needs of upkeep 4-5 months period (or 0,011UFL/Kgp0,75/day ;value equal those of INRA ,0,012 UFL/Kgp0,75/day)
- For nitrogen and for the same period (4-5months), the needs are 36g of MAD/animal/day ,let us say 80% of the upkeep needs or 2,11g of MAD/Kgp0,75.

According to these first results, the needs in energy of the Ouled Djellal Race are comparable or slightly below to those of an improved Race when the needs of nitrogen would be higher.

Regarding to the incoming , the use of energy and nitrogen they are divided into :

- For energy : 24% for gestation versus 14% average and 70% versus 63% for lactation.
- For nitrogen : expressed in MAD system ,the values are not reliable when the PDI system reaches incoming of 73% and 66% respectively for lactation and gestation ;values are 9% and 8% upper those of INRA.

The introduction in our account , and of the important variation for the lactation period reaches an incoming of 64% which means 9% compared to the INRA recommendation. The application of the values in the rationing of the ewe-lambs, and the sheep in a natural situation in sheepfold shows a satisfying adjustment according to basic needs of upkeep's and the need of production of the sheep.

However, we notice a slight under-estimation of the nitrogenous value and of the staw treated by urea or ammonia.

In this study , the exposition of the sheep to a long time feeding based on urea treated straw has caused physiological disorder (increase of GOT and GPT) which carry away a weak zoo technical performance and high rates of urea in the milk , compared to diet based on straw treated by ammonia.

Keywords :

Nutritionnal needs,use incoming,energy ,nitrogen,gestation,lactation,sheep,ewe-lamb,increasing,reproduction,Ouled Djellal Race,treated straw,urea,ammonia.

RESUME

Les besoins en énergie et en azote de la race ovine Ouled Djellal ont été évalués puis les résultats ont été appliqués en bergerie sur des agnelles en croissance, pendant 10 mois et sur des brebis en reproduction sur trois mises bas, en utilisant une alimentation à base de paille non traitée ou traitée à l'urée ou à l'ammoniac.

La méthode alimentaire par régression, la méthode des bilans et la méthode analytique dite factorielle ont été utilisés pour calculer les besoins d'entretien en énergie et en azote des agneaux âgés de 12 mois.

La composition chimique de la carcasse des agneaux et celles des annexes à la naissance tout comme celle du lait a permis de calculer les besoins de gestation, de la production laitière ainsi que les rendements d'utilisation de l'énergie et de l'azote pour ces deux productions.

Les résultats obtenus par la méthode alimentaire pour l'entretien sont :

- Pour l'énergie, 0.032UFL /Kg de poids métabolique ou 22.2 g de MOD/Kg de poids métabolique, valeurs inférieures à la recommandation de l'INRA,
- Pour l'azote, de 2.66g de MAD/Kg de poids métabolique, valeur comparable à la recommandation de l'INRA.

Pour la gestation, ils sont :

- Pour l'énergie, de 0.18UFL par animal et par jour en supplément des besoins d'entretien pour la période 4-5 mois (ou 0.011 UFL/Kg de poids métabolique et par jour ; valeur comparable à celle de l'INRA, 0.012UFL/j/Kg de poids métabolique).
- Pour l'azote et pour la même période (4-5mois, de 36g de MAD/animal /jour en plus des besoins d'entretien, soit 80% des besoins d'entretien ou 2.11g de MAD /Kg de poids métabolique.

Quand aux rendements de l'utilisation de l'énergie et de l'azote, ils sont de :

- Pour l'énergie, de 24% pour la gestation contre 14% en moyenne dans la littérature et de 70% (contre 63%) pour la lactation.
- Pour l'azote, exprimé dans le système MAD, les valeurs sont peu fiables. En revanche, le système PDI aboutit à des rendements de 73% ET DE 66% respectivement pour la lactation et la gestation ; valeurs supérieures de 9% et de 8% à celles habituellement recommandées

L'application de ces besoins au rationnement des agnelles et des brebis en situation d'exploitation naturelle en bergerie montre un ajustement satisfaisant sur la base des besoins d'entretien et des besoins des productions.

Néanmoins, l'exploitation des brebis à une alimentation de longue durée à base de paille traitée à l'urée a provoqué des désordres physiologiques (augmentation par exemple de GOT et GPT), qui ont entraîné des performances zootechniques faibles et des taux d'urée dans le lait élevés comparativement aux régimes à base de paille traitée à l'ammoniac.

- mots clés : Besoins nutritionnels, énergie, azote, gestation, lactation, rendement d'utilisation, brebis, agnelle, croissance, reproduction, race Ouled Djellal, paille, traitée urée, ammoniac.

الخلاصة

العنوان/ بحث في الاحتياجات الطاقية والأزوتية للأغنام من سلالة أولاد جلال: تطبيق في الإنتاج الحيواني.

بعدما تم تحديد الاحتياجات الطاقية والأزوتية، لأغنام سلالة أولاد جلال، لقد طبقنا النتائج المتحصل عليها في الزريبة (الحظيرة) الرخلات في طور النمو، لمدة 10 أشهر، على نعاج في فترة التكاثر لثلاثة وضع حمل متتالية، باستعمال غذاء قاعدي مشكل من التبن غير المعالج أو تبن معالج بالنشادر.

لغرض تحديد الاحتياجات المصانة من الطاقة والأزوت، لخراف بعمر 12 شهرا، لقد استعملنا طريقة التغذية التراجعية، نموذج بالتقويمات وبطريقة التحليل العاملي.

سمحت لنا التركيبة الكيميائية لهياكل الخراف وملحقاتها عند الولادة، مثلها، مثل الحليب؛ بحساب الاحتياجات لمدة الحمل، الإنتاج الحليبي، وكذلك مردودية الطاقة والأزوت لهذين الإنتاجين.

صانة هي: إن النتائج المتحصل عليها بطريقة التغذية للا

- 0.032 UFL/Kg (ب) CÔÊPáÇ بالنسبة للطاقة، والمقدرة بوحدة علف حليب/كغ ($p^{0.75}$ أو بوحدة $22.2g \text{ de MOD/Kg } p^{0.75}$ مواد عضوية هضمية () أو بوحدة $p^{0.75}$ INRA. نسيبا من توصيات المعهد الوطني للبحث الزراعي الفرنسي.
- (MAD/ Kg) مواد أزوتية هضمية (2.66 غ من بالنسبة للأزوت، والمقدر بوحدة $p^{0.75}$ أي هناك زيادة $p^{0.75}$ INRA. مقارنة لتوصيات المعهد الوطني للبحث الزراعي الفرنسي % 5ب

وتكون بالنسبة إلى مدة الحمل كما يلي:

- (، مضافا إليها احتياجات الصيانة 0.018 UFL بالنسبة للطاقة للحيوان الواحد في اليوم -)
- هذه القيم مشابهة للمعهد الوطني للبحث $0.011 \text{ UFL/ Kg } p^{0.75}$ للفترة 4-5 اشهر ()
- اليوم). INRA. $0.012 \text{ UFL/Kg } p^{0.75}$ /الزراعي الفرنسي (اليوم)

- MAD بالنسبة للأزوت ولنفس الفترة (4-5 أشهر)، إن احتياجات 36 غ من - من احتياجات الصيانة أو %حيوان/اليوم، بالإضافة احتياجات الصيانة، أي 80 $2.11MAD/Kg p^{0.75}$ غ من

يمكننا أن نستنتج انطلاقاً من هذه النتائج الأولية، بأن الاحتياجات أغنام سلالة أولاد جلال، تكون مشابهة أو أقل بقليل بالنسبة حملان الصنف المسحن، بينما الاحتياجات الأزوتية تكون عالية.

أما بالنسبة لمردودية إستعمالات الطاقة والأزوت تكون كما يلي:

معدل ما جاء في المراجع العلمية % بالنسبة لمدة الحمل مقابل 14 % - بالنسبة للطاقة، فإن 24 بالنسبة لإرضاع. % (مقابل 63 % و 70

، فإن القيم تكون MAD مواد أزوتية هضمية - بالنسبة للأزوت، معبراً عنه في نظام، وحدة % و 66% يشكل مردودات بـ PDI 73 منخفضة الفعالية، بينما نموذج بروتينات الأمعاء الدقيقة من قيم المعهد % و 8% على التوالي، بالنسبة للإرضاع ومدة الحمل، وهذه القيم أعلى بـ 9 . INRA الوطني للبحث الزراعي الفرنسي

يقودنا المدخل إلى حساباتنا الخاصة بالتغيرات الوزنية في فترة الإرضاع، إلى مردودية بـ

INRA مقارنة مع توصيات المعهد الوطني للبحث الزراعي % أي 4-64%

إن تطبيقات قيم الاحتياجات العلفية للرحلات والنعاج في وضعية الإنتاج الطبيعي لقطيع الأغنام، يوضح ضبط مرضي على قاعدة الاحتياجات لصيانة (حفظ) والاحتياجات إنتاج النعاج.

بينما، يمكن أن نلاحظ تقديرات طفيفة لقيمة الأزوت للتبن المعالج باليوريا أو بالنشادر.

في هذا العمل، إن تعريض النعاج، إلى تغذية طويلة المدى، غذاؤها القاعدي تبن معالج باليوريا (، متبوعة بتحسينات ضعيفة في الإنتاج GTP و GOT يحدث اضطرابات فسيولوجية (ارتفاع الـ الحيواني و معدل اليوريا في الحليب مرتفع، بالمقارنة مع التبن المعالج بالنشادر.

الكلمات المفتاحية: الاحتياجات الغذائية، مردود الاستعمال، طاقة، أزوت، مدة الحمل، إرضاع (إلبان)، نعجة (شاة)، رخصة (أنثى الحمل)، نمو، التكاثر، غنم سلالة أولاد جلال، تبن معالج، اليوريا (البولة)، النشادر.

