

*Recherches expérimentales
sur la tolérance
du mouton barbarin
à l'inanition et
à la restriction alimentaire*

Relations entre
la consommation d'énergie
et la variation de poids

INTRODUCTION, PROBLÉMATIQUE

Contrairement aux cultures fourragères ou aux pâturages semés, l'évaluation de la production consommable d'un terrain de parcours pose des problèmes complexes.

Les difficultés tiennent à plusieurs causes :

- l'hétérogénéité de la végétation, à la fois dans sa composition floristique, dans sa structure et dans sa répartition spatiale ;

- le nombre élevé d'espèces plus ou moins consommées par le bétail, selon leur stade de développement phénologique (ce nombre peut atteindre plusieurs dizaines en un site donné) ;

- la présence d'espèces ignorées du bétail à titre temporaire ou permanent.

Le plus souvent, les évaluations quantitative et qualitative de la valeur d'un parcours sont effectuées par l'estimation de la phytomasse fourragère présente à des intervalles de temps déterminés. Cette estimation peut s'effectuer par des méthodes destructrices (coupe, récolte) ou non. Dans ce dernier cas, on utilise des méthodes indirectes et des techniques diverses, plus ou moins appropriées.

Une telle évaluation ne peut cependant constituer qu'une approximation relativement grossière, en raison de la difficulté pour l'expérimentateur de simuler - ne serait-ce que de manière approchée - le choix alimentaire des animaux. C'est pourquoi, autant que possible, on a recours à des essais de charge, où l'instrument de mesure de la phytomasse consommée et de sa valeur alimentaire est constitué par l'animal utilisateur habituel du parcours dont on se propose de mesurer la production consommable. On ne vise pas à une alimentation optimale des animaux mais seulement à mesurer les quantités apparemment consommées dans des conditions acceptables pour l'éleveur. Bien entendu, des essais de charges peuvent être effectués pour de nombreuses autres raisons : valeur alimentaire de la biomasse présente, palatabilité des espèces, préférences alimentaires, etc.

En connaissant, d'une part, le nombre de jours de pacage, la surface du parcours et les besoins alimentaires des animaux et, d'autre part, la composition floristique, la structure et la phytomasse présente et supposée consommable, ainsi que la valeur bro-

matologique, on peut évaluer la valeur instantanée du parcours avec une approximation suffisante pour l'utilisateur. La répétition saisonnière de l'essai permet ainsi d'estimer la valeur pastorale annuelle ou à long terme du parcours étudié.

Mais cette méthode présente également des difficultés dont la complexité matérielle de mise en œuvre et le coût, élevé par rapport à la simple évaluation de la phytomasse, ne sont pas les moindres. L'expérimentateur se heurte par ailleurs à 2 difficultés méthodologiques importantes :

- le nombre minimal d'animaux, nécessaire pour obtenir des résultats représentatifs de la réalité ;

- le moment où retirer les animaux de la parcelle à évaluer de façon à s'assurer que tout le fourrage consommable a été effectivement consommé.

Le problème des repousses au cours de la période d'essai peut être résolu soit par un choix judicieux de la période, soit par l'utilisation de cages ; la méthode utilisée ici suppose, évidemment, que les besoins théoriques d'entretien des animaux soient connus, ce qui ne pose pas de problème particulier.

Habituellement la technique consiste à accepter une perte de poids des animaux que l'on fixe arbitrairement à une limite préétablie qui peut varier entre 5 et 25 % du poids vif, selon le type habituel de gestion des parcours, la nature des animaux et le système de production dans lequel on se trouve.

La limite arbitraire de perte de poids admissible étant choisie, il se présente alors un second problème : quel déficit alimentaire attribuer à la perte de poids mesurée chez les animaux ? Autrement dit, quel est le taux de conversion de l'unité de perte de poids en unités d'énergie déficitaire ? La connaissance de ce taux de conversion est évidemment nécessaire à l'évaluation de la production effective du parcours.

Le sujet est très mal documenté. Il existe, bien entendu, une très riche littérature sur les relations entre le gain de poids et la consommation d'énergie chez les ruminants domestiques, principalement pour les animaux en croissance. Il existe également des données, beaucoup moins abondantes, sur le métabolisme en régime de jeûne chez les bovins et chez les ovins (BENEDICT et RITZMAN, 1927 ; BLAXTER, 1962). Cependant, nous n'avons trouvé que 2 références relatives au sujet qui nous préoccupe (MEYER et CLAWSON, 1964 ; MEYER *et al.*, 1982) ; au plus, ces références concernent-elles de jeunes béliers castrés, issus de la race croisée de Californie. Il ne semble pas exister de références sur la race barbarine ni sur des ovins adultes menés en élevage extensif.

La race barbarine *lato sensu* constitue une importante population ovine en Afrique du Nord (Égypte, Libye, Tunisie) et au Proche-Orient (Syrie, Iraq, Arabie Saoudite, Jordanie, Turquie, Israël) ; elle comprend environ 60 millions de têtes. Sa particularité anatomique et physiologique d'accumuler du tissu adipeux dans la queue en fait un animal particulièrement adapté aux zones arides et à la pénurie périodique de fourrage. Il était donc intéressant, à de nombreux titres, d'étudier les réactions du mouton barbarin adulte à la sous-nutrition, situation chronique dans l'aire géographique d'extension de la race.

Les résultats obtenus par MEYER et CLAWSON (1964) sur de jeunes béliers castrés, âgés de cinq mois, montrent une réponse non linéaire à la restriction alimentaire, avec des taux de conversion de 11 à 12,8 Mcal énergie brute (EB) de déficit énergétique par rapport à la ration d'entretien pour chaque kilogramme de perte de poids vif sur une période de 42 jours : soit environ 4,3 à 5 unités fourragères laitières (UFL) de déficit énergétique net par kilogramme de perte de poids. C'est-à-dire 5 UFL pour une ration qui représente 65 % des besoins d'entretien et 4,3 UFL pour une ration qui correspond à 33 % des besoins énergétiques d'entretien.

Le nombre de régimes de restriction alimentaire administrés dans l'expérimentation mentionnée ci-dessus est insuffisant pour déterminer les taux de conversion sous des régimes de sous-nutrition relativement faibles ou, au contraire, intenses.

MÉTHODES, TECHNIQUES ET MOYENS

L'expérimentation, objet de la présente communication, a été menée en Libye en 1982 au Projet de développement pastoral de Wishtata à 45 km au sud-est de Tarhuna, à mi-chemin entre cette ville et celle de Beni Walid. Le site se trouve à 32° 25' de latitude nord et 12° 38' de longitude est ; son altitude est de 450 m.

Les principales caractéristiques climatiques sont :

- une pluviosité moyenne annuelle de 135 mm, répartis d'octobre à avril ;
- une moyenne des températures minimales journalières de janvier de 5,7 °C ;
- une moyenne des températures maximales journalières de juillet de 36,4 °C ;
- une température moyenne annuelle de 21 °C ;
- une évapotranspiration potentielle annuelle évaluée à 1 500 mm (LE HOUÉROU *et al.*, 1982).

Faute de jeunes béliers en nombre suffisant, les animaux utilisés étaient de jeunes brebis de dix-huit à vingt-quatre mois non encore saillies. Les animaux présentaient un poids de 45,5 kg ± 2,5 kg. 11 groupes de 7 animaux ont été constitués ; chaque groupe, qui représentait au départ la variation de poids de l'ensemble du lot, a été soumis à un régime différent, depuis le jeûne absolu jusqu'à la mise à disponibilité de 171 % de la ration d'entretien, calculée d'après les données de la littérature (JARRIGE *et al.*, 1978). Les régimes initialement calculés et prévus représentaient respectivement 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 et 200 % de la ration d'entretien ; mais, par suite d'un nombre d'incidents et d'accidents mineurs, les rations réelles administrées ont été les suivantes :

- groupe A, jeûne complet, eau *ad lib.* ;
- groupe B, 25 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.* ;
- groupe C, 48 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.* ;
- groupe D, 68 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.* ;
- groupe E, 87 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.* ;
- groupe F, 102 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.* ;
- groupe G, 120 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.* ;
- groupe H, 126 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.* ;
- groupe I, 142 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.* ;
- groupe J, 159 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.* ;
- groupe K, 171 % de la ration d'entretien, eau *ad lib.*

L'alimentation au cours de la période compensatoire était fournie *ad lib.* et composée de la même manière, paille-urée et grain d'orge. Les groupes A, B et C furent réalimentés progressivement jusqu'à la ration *ad lib.* pendant une durée de sept à dix jours avec une croissance de la ration de 100 g.j⁻¹ en paille-urée et en grain.

Les animaux étaient maintenus en permanence dans des enclos carrés de 5 m de côté, situés à l'air libre, sans ombrage, à proximité de leur zone habituelle de parcours. Ces enclos comprenaient une aire individuelle d'alimentation, de 1 m² environ, et un parc commun, de repos et d'exercice, de 18 m².

L'expérimentation a duré cinq mois (du 4 juillet au 28 novembre 1982), après une période préexpérimentale d'adaptation à la ration qui a duré quarante jours (du 25 mai au 3 juillet). Cette période, relativement longue, a été nécessaire d'une part pour ajuster la ration d'entretien et pour adapter les animaux à ce type de fourrage et à l'urée et, d'autre part, pour entraîner le personnel d'encadrement et d'exécution à la rigueur nécessaire à l'expérimentation.

La ration se composait d'éléments largement disponibles dans la région, orge en paille et en grain, récoltés sur place, et urée du commerce à 46 % d'azote. La proportion d'urée ajoutée à la paille, initialement de 1,5 % sur la matière sèche, fut réduite à 1 % au cours de la période préexpérimentale, à la suite d'un léger symptôme d'intoxi-

cation sur un animal. La quantité maximale d'urée ingérée par jour a été ainsi de 4 g.tête⁻¹.j⁻¹ au cours de la période expérimentale, pour des animaux qui ingéraient 400 g de MS de paille et 450 g de grain d'orge. Le mélange était opéré par dilution de 200 g d'urée dans 10 l d'eau pour chaque balle de paille de 24 kg à 93 % de MS.

En raison de la limite supérieure d'ingestion de la paille dans les rations les plus abondantes, les proportions de paille-urée et de grain ont varié en fonction de la ration dans les fourchettes suivantes :

- paille, de 53 % (lot B) à 21 % (lot K), en pourcentage de la MS du menu ;
- grain, de 47 % (lot B) à 79 % (lot K).

L'apport azoté était ainsi :

- grain, de 60 % (lot B) à 85 % (lot K) ;
- urée, de 40 % (lot B) à 15 % (lot K).

L'apport d'urée correspond à la nécessité d'éliminer le problème de carence azotée afin que les variations de poids résultent seulement du régime énergétique et qu'elles ne puissent être attribuées à un éventuel déséquilibre de la ration, raisonnement vérifié et confirmé au cours de la période préexpérimentale de quarante jours (*cf. supra*).

Pendant la période de croissance compensatoire, l'alimentation comprend les mêmes éléments, fournis *ad lib.* ; l'offre journalière était égale à la consommation de la veille augmentée de 25 %. Toutefois, le groupe A, soumis au jeûne, a reçu une ration croissante jusqu'à une ration *ad lib.* sur une période de dix jours ;

Les animaux avaient accès individuellement à une ration calculée pour chaque animal en fonction de son poids initial. La ration de paille était distribuée le matin, entre 9 h et 10 h, et celle de grain d'orge le soir, entre 16 h et 17 h. L'eau était disponible *ad lib.*, sauf au cours de la nuit qui précédait la pesée hebdomadaire. Pour l'aliment et pour l'eau, les quantités offertes et refusées étaient pesées quotidiennement avant la distribution de paille, le matin ; pour l'aliment, la pesée concernait chaque animal, mais pour l'eau, disponible en commun, nous ne disposons que des consommations journalières par groupe.

Les animaux, dûment déparasités et vaccinés, sont demeurés sous contrôle vétérinaire quotidien depuis le début de la période préexpérimentale jusqu'à la fin des mesures.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Consommation et valeur énergétique de la paille

La période préexpérimentale et l'expérimentation proprement dite, basées sur 2 058 observations journalières, ont montré qu'une ration de paille à 1 % d'urée, complétée par 400 à 450 g.tête⁻¹.j⁻¹ de grain d'orge, présente une valeur énergétique nette de 0,52 à 0,54 UFL.kg⁻¹ MS*. Le chiffre de 0,54 UFL EN.g⁻¹ MS résulte de 1 386 observations effectuées sur 77 animaux pendant la période préexpérimentale de quarante jours ; celui de 0,52 UFL EN.g⁻¹ MS provient du groupe de contrôle F, d'abord de 7 animaux puis de 6 (ration d'entretien), pendant 112 jours, soit 672 observations. AL KHAZRAJI *et al.* (1981) ont obtenu en Libye les chiffres de 0,53-0,55 UFL.kg⁻¹ MS

*Ces chiffres ont été obtenus à partir du maintien constant du poids atteint par tâtonnement à partir du calcul des besoins théoriques. La valeur du grain d'orge étant connue et virtuellement constante dans la littérature (se basant sur la MS), la valeur de la paille-urée dans le mélange s'obtient par différence.

avec les mêmes proportions de paille et de concentré sur des agneaux barbarins âgés de trois à neuf mois avec des consommations journalières de paille d'orge de 25 à 35 g.kg^{0,75}, tandis que nous avons obtenu une consommation maximale de 23 g.kg^{0,75}, c'est-à-dire 400 g.tête⁻¹.j⁻¹. Les valeurs plus élevées trouvées par AL KHAZRAJI s'expliquent par la nature du concentré utilisé (son de blé + tourteau de soja + tourteau de coton + grains d'orge et de blé) qui contient 15 % de protéines brutes digestibles, c'est-à-dire 2 fois plus que le grain d'orge utilisé ici. La paille d'orge sans concentré et sans urée présente une valeur de 0,44 à 0,47 UFL.kg⁻¹ MS selon divers auteurs (KARAM *et al.*, 1977 ; KEARL *et al.*, 1979 ; DEMARQUILLY, 1981 ; ECONOMIDES *et al.*, 1981 ; Le HOUÉROU *et al.*, 1983 ; ALIBES et TISSERAND, 1990 ; etc.).

La consommation maximale de paille a augmenté progressivement avec la proportion de grain dans la ration, jusqu'à un maximum, puis elle a diminué progressivement lorsque la proportion de grain a dépassé 60 % de la MS de la ration (fig. 1). La consommation maximale de 400 g de MS de paille par tête et par jour a été obtenue pour une ingestion de 450 g de grain d'orge. Ces chiffres sont comparables à ceux obtenus par AL KHAZRAJI *et al.* avec un concentré plus riche en azote (*cf. supra*) : 425 g.t⁻¹.j⁻¹ pour la paille et 500 g.t⁻¹.j⁻¹ pour le concentré.

La consommation de paille sans concentré ne dépasse pas 250 g MS.t⁻¹.j⁻¹. Elle retombe progressivement à cette valeur lorsque la quantité de grain ingérée atteint 1 000 g.t⁻¹.j⁻¹.

Pour les groupes E à K, où la paille était fournie *ad lib.*, les proportions paille/grain consommés ont été les suivantes :

E, 1,17 ; F, 1,06 ; G, 0,80 ; H, 0,51 ; I, 0,39 ; J, 0,32 ; K, 0,23.

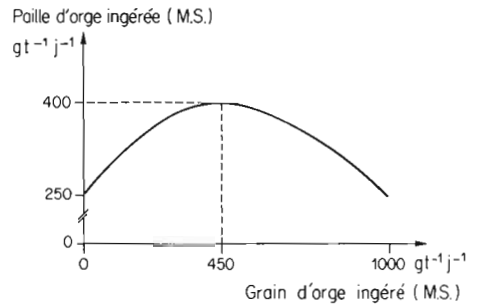


FIGURE 1- Consommation de paille en fonction de la consommation de grain d'orge.

Besoins d'entretien

Les besoins énergétiques d'entretien en stabulation ont été calculés d'après les données de la littérature : 400 MJ d'énergie métabolisable (EM) par kilogramme de poids métabolique (kg^{0,75}) par jour (= 95 kcal EM ou 0,033 UFL ou 57 kcal EN) (JARRIGE *et al.*, 1978). Le calcul s'est révélé parfaitement exact (fig. 1, 2 et 3). Les besoins en protéines brutes ont été calculés d'après les mêmes sources : 2,52 g PBD par kg^{0,75} par jour (JARRIGE *et al.*, 1978), en se basant sur un taux de digestibilité de 75 % des protéines issues de l'urée.

Ces rations d'entretien ont effectivement permis le maintien à peu près constant du poids des animaux qui y ont été soumis pendant les 190 jours des périodes préexpérimentale et expérimentale.

Relations entre l'énergie consommée et le changement de poids

L'INANITION

Le groupe A est resté sans autre ingestion que de l'eau pendant 62 jours. La perte de poids moyenne a été de 17,33 kg soit 275 g.j⁻¹. Il y a eu cependant des différences substantielles entre les animaux puisque les pertes ont varié de 14,7 à 19,9 kg, soit 223 à 316 g.j⁻¹. la perte de poids par rapport à la situation initiale a été en moyenne de 38 % avec un minimum de 32 % et un maximum de 46 %, c'est-à-dire des pertes journalières moyennes de 0,61 % avec un minimum de 0,52 et un maximum de 0,74 % par rapport au poids initial (figs. 2 et 3).

Bien entendu, pendant les huit premiers jours de jeûne, la perte de poids, de 750 g.j⁻¹ en moyenne, a été supérieure aux chiffres ci-dessus en raison de l'élimination progressive du contenu du tractus digestif. Du 8^e au 48^e jour, elle est restée sensiblement constante, à 255 g.j⁻¹ en moyenne, puis elle s'est subitement accélérée du 48^e au 62^e jour, avec des pertes de 420 g.j⁻¹, en moyenne.

La perte de poids attribuable à l'élimination du contenu du tractus digestif peut être estimée à $(750 \times 8) - (255 \times 8) = 4$ kg. La perte de poids réelle est donc de $17,33 - 4 = 13,33$ kg de poids vif corporel ; c'est-à-dire une perte moyenne de 215 g.t⁻¹.j⁻¹ sur 62 jours. Le déficit énergétique par rapport au poids brut initial moyen de 45,73 kg a donc été de $17,59 \text{ kg}^{0,75} \times 0,033 \text{ UFL} = 0,58 \text{ UFL.j}^{-1}$ soit 35,96 UFL ou 62,21 Mcal EN sur une période de 62 jours. Le taux de conversion du déficit énergétique en perte de poids a donc été de $35,96 \text{ UFL} / 17,33 \text{ kg} = 2,08 \text{ UFL.kg}^{-1}$, soit de 2,1. Les chiffres extrêmes ont été les suivants :

- A6, $34,72 / 19,9 = 1,74$;
- A7, $36,14 / 14,7 = 2,46$ fig. 3).

Si on effectue le calcul sur le poids net corporel (sans le contenu digestif), on obtient : $45,73 - 4 = 41,73 = 16,42 \text{ kg}^{0,75}$. Le déficit énergétique est alors de : $16,42 \times 0,033 \text{ UFL} = 0,54 \text{ UFL.j}^{-1}$, soit sur la période de 62 jours : $0,54 \times 62 = 33,48 \text{ UFL}$ ou 57,92 Mcal EN. Le taux de conversion du déficit énergétique en perte de poids a donc été alors $33,48 \text{ UFL} / 16,42 \text{ kg} = 2,04 \text{ UFL.kg}^{-1}$ de perte (soit 2 UFL.kg⁻¹). Mais si les taux de conversion sont calculés non plus sur la base du poids initial mais sur celle du poids moyen au cours de la période de 62 jours de jeûne, on obtient une moyenne de $31,50 \text{ UFL} / 17,33 \text{ kg} = 1,82 \text{ UFL}$ de déficit par kilogramme de perte de poids vif.

2 animaux sont morts : le premier (A5) le 56^e jour et le second (A4) le 63^e jour. Ces issues fatales ne peuvent être reliées ni au poids initial, ni au poids final, ni à la perte de poids, puisque parmi les animaux touchés se trouvaient le plus lourd du lot et celui dont le poids égalait la moyenne. Un animal a été sacrifié à la fin de la période de jeûne pour déterminer les différentes composantes du poids vif et de la carcasse. Par rapport aux animaux de même poids initial sacrifiés à la fin de la période préexpérimentale, cet animal se singularisait par les caractéristiques suivantes :

- l'absence de graisse apparente externe et interne ;
- un volume de sang réduit de moitié (0,74 kg au lieu de 1,5 kg) ;
- un rendement de carcasse de 46 % au lieu de 53 % ;
- un poids d'entrailles réduit de 30 % (7 kg au lieu de 10 kg).

La croissance compensatoire s'est prolongée pendant douze semaines à un rythme presque aussi élevé que celui de la perte de poids, avec un gain moyen quotidien de 230 g, soit près de 20 kg en trois mois. Mais si le gain de poids est calculé seulement à partir de la deuxième semaine (pour éliminer l'effet de l'accumulation stomacale), la croissance réelle a été supérieure à ce chiffre de 10 % environ ($250 \text{ g.t}^{-1}.\text{j}^{-1}$) c'est-à-dire un taux virtuellement identique à celui de la perte de poids ($255 \text{ g.t}^{-1}.\text{j}^{-1}$) (fig. 3).

Là aussi on observe des différences considérables d'un individu à l'autre : A7 a repris son poids initial de 46 kg en sept semaines, soit un gain moyen journalier de près de 310 g (maximum observé [mo] = 340 g) ; tandis que A2 n'a repris son poids initial de 44,5 kg qu'en onze semaines avec des gains journaliers moyens de 234 g (mo = 257 g) ; en revanche, A6 n'a pas repris son poids initial de 43,5 kg en douze semaines malgré un gain journalier de 202 g (mo = 222 g), après, il est vrai, une perte de 46 % de son poids initial.

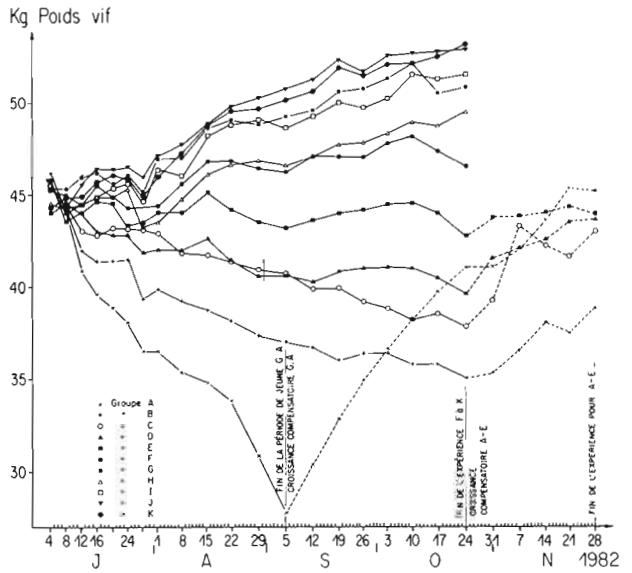


FIGURE 2 - Changements moyens de poids vif par groupe.

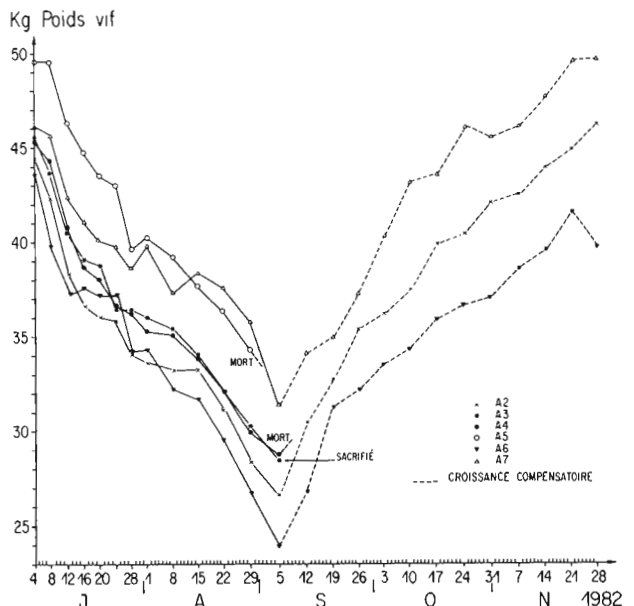


FIGURE 3 - Changements de poids vif individuel, groupe A.

Tableau I - Taux de sous-alimentation et perte de poids

| GROUPES | RATION en % ENTRETIEN | PERTE de POIDS enkg | PERTE de POIDS % | PERTE en g.j ⁻¹ |
|---------|--------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| B | 25 | 11,10 | 24 | 99,1 |
| C | 48 | 8,37 | 18 | 74,7 |
| D | 68 | 5,35 | 12 | 47,8 |
| E | 87 | 0,37 | 0,8 | 3,3 |

Tableau II - Taux de conversion du déficit énergétique à la perte de poids par rapport au poids initial

| GROUPE | DÉFICIT ÉNERGÉTIQUE UFL/112 j | PERTE de POIDS Kg/112 j | FACTEUR de CONVERSION |
|---------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| B | 49,78 | 11,10 | 4,48 |
| C | 36,56 | 8,37 | 4,36 |
| D | 22,23 | 5,35 | 4,16 |
| (E) | (8,56) | 0,37 | (23,13) |
| Moyenne | 36,19 | 8,27 | 4,33 |

Tableau III - Déficits énergétiques, perte de poids et taux de conversion par rapport au poids moyen au cours de la période de sous-nutrition

| GROUPES | DÉFICIT ÉNERGÉTIQUE | PERTE de POIDS | FACTEUR de CONVERSION |
|---------|------------------------|-------------------|--------------------------|
| B | 44,78 | 11,10 | 4,03 |
| C | 31,46 | 8,37 | 3,76 |
| D | 19,91 | 5,35 | 3,72 |
| (E) | (8,35) | (0,37) | (23,14) |
| Moyenne | 32,05 | 8,27 | 3,84 |

Le taux de conversion en phase de croissance compensatoire a été de 4,76 UFL par kilogramme de gain de poids vif.

Ces chiffres montrent la résilience et la flexibilité considérables du mouton barbarin à la restriction alimentaire et son aptitude à reprendre rapidement un poids et un état physiologique normaux après des périodes prolongées de carence alimentaire aiguë. Ce fait était bien connu empiriquement depuis très longtemps, mais il n'avait pas fait l'objet de mesures précises, à notre connaissance.

LA SOUS-ALIMENTATION

4 groupes d'animaux ont reçu une ration inférieure aux besoins d'entretien de la façon indiquée au tableau I.

Les différences entre groupes sont hautement significatives ($0,0002 < p < 0,02$). Les taux de conversion entre le déficit par rapport à la ration d'entretien au poids initial et la perte de poids sont indiqués au tableau II.

Lorsque les taux de conversion sont déterminés par rapport au poids moyen au cours de la période de restriction nous avons les résultats indiqués au tableau III.

En d'autres termes, dans la fourchette de perte de poids de 40 à 100 g.t⁻¹.j⁻¹ (2,28 à 5,71 g.kg^{-0,75}), le facteur de conversion est de 4,3 UFL ± 0,05 de déficit énergétique par kilogramme de poids perdu par rapport au poids initial et de 3,84 UFL par rapport au poids moyen de la période de restriction alimentaire. En parlant de poids initial, on se réfère, bien entendu, à des animaux en état d'embonpoint «normal».

Si les différences de taux de conversion entre les groupes B, C, D ne sont pas significatives, en revanche elles le sont très hautement entre ces 3 groupes, d'une part, et le groupe A, d'autre part. Le taux de conversion du groupe E n'a, bien évidemment, aucune signification en raison de l'infime perte de poids. La différence de taux de conversion entre ce groupe et le groupe F, dont la ration était de 102 % des besoins d'entretien, n'est pas significative, bien que la consommation énergétique ait différé de 15 % en faveur de ce dernier. Nous avons d'un côté (E) une perte de 3,3 g.t⁻¹ et de l'autre (F) un gain de 3,0 g.t⁻¹.j⁻¹. On serait tenté d'en inférer que le calcul des besoins d'entretien ne peut être très précis, puisqu'on observe une relative «élasticité» de la réponse des animaux ; ceci expliquerait les chiffres de besoins d'entretien sensiblement différents

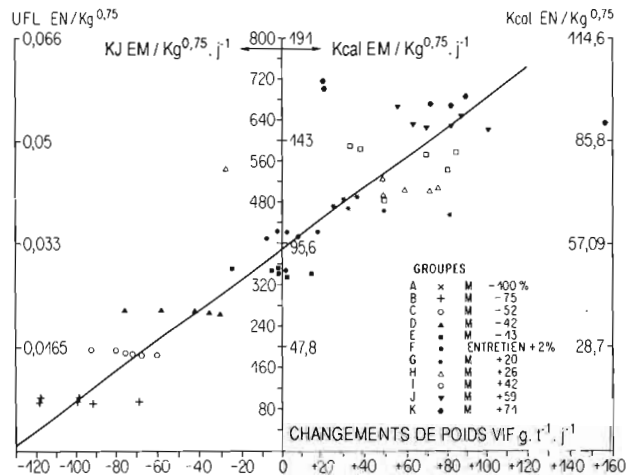


FIGURE 4 - Ingestion d'énergie et variations de poids vif chez les brebis barbarines non gestantes âgées de dix-huit à vingt-quatre mois, Whishtata, juillet-août 1982.

Tableau IV - La croissance compensatoire (35 jours)

| GROUPES | POIDS INITIAL kg | POIDS FINAL kg | GAIN kg | ENERGIE INGÉRÉE UFL | FACTEUR DE CONVERSION UFL.kg ⁻¹ gain |
|---------|---------------------|-------------------|------------|---------------------------|---|
| B | 34,90 | 38,82 | 3,92 | 28,56 | 7,29 |
| C | 37,96 | 42,96 | 5,00 | 27,90 | 5,58 |
| D | 39,84 | 43,58 | 3,74 | 28,84 | 7,71 |
| (E) | (42,63) | (43,58) | (0,75) | 29,10 | (38,80) |
| Moyenne | 37,57 | 41,79 | 4,22 | 28,43 | 6,86 |

Tableau V - Pertes et gains moyens journaliers, groupes A-E

| GRUPE | PERTE MOYENNE g.t ⁻¹ .j ⁻¹ | PÉRIODE de PERTE, j | GAIN MOYEN g.t ⁻¹ .j ⁻¹ | PÉRIODE de GAIN, j |
|-------|---|------------------------|--|-----------------------|
| A | 275 | 62 | 233 | 77 |
| B | 99 | 112 | 110 | 35 |
| C | 75 | 112 | 150 | 35 |
| D | 48 | 112 | 70 | 35 |
| E | 3,3 | 112 | 10 | 35 |

Tableau VI - Caractéristiques du gain de poids dans les rations excédentaires par rapport aux besoins d'entretien

| GRUPE | INGESTION GLOBALE UFL/112 j | GAIN de POIDS kg/112 j | FACTEUR de CONVERSION GLOBAL | INGESTION en EXCÈS de L'ENTRETIEN | FACTEUR de CONVERSION de L'EXCÈS |
|---------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--|--|
| (F) | (67,27) | (0,33) | (203,85) | (1,19) | (3,61) |
| G | 80,96 | 4,73 | 17,11 | 13,76 | 2,91 |
| H | 85,64 | 5,13 | 16,69 | 17,44 | 3,40 |
| I | 95,15 | 6,58 | 14,46 | 27,95 | 4,25 |
| J | 110,54 | 8,37 | 13,20 | 41,10 | 4,91 |
| K | 117,15 | 8,27 | 14,17 | 48,83 | 5,90 |
| Moyenne | 97,89 | 6,62 | 14,78 | 29,82 | 4,50 |

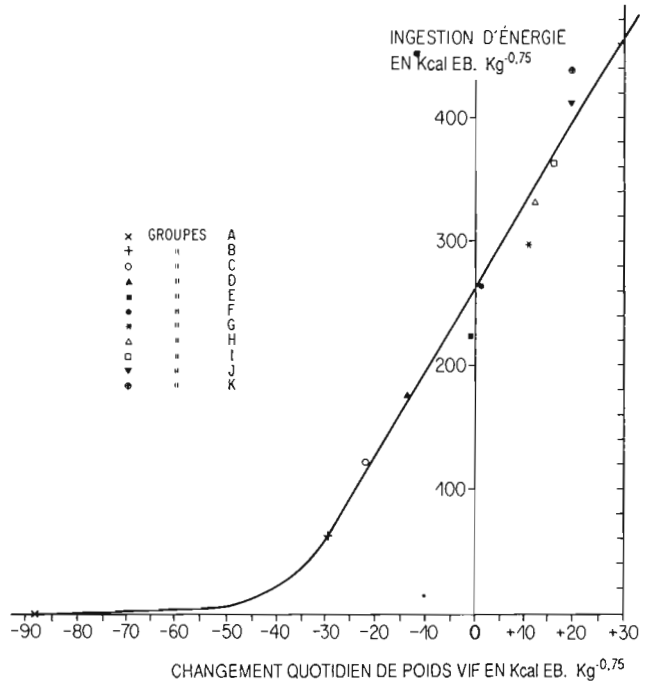


FIGURE 5 - Changements de poids vif en fonction de l'ingestion d'énergie en kcal EB. $\text{kg}^{0.75}$.

trouvés par divers auteurs dans des zones géographiquement différentes et dans des conditions contrastées d'élevage.

La variabilité individuelle du taux de conversion à l'intérieur de chaque groupe est élevée (figs. 4 et 5) :

- 3,85 à 6,85 dans le groupe B ;
- 3,40 à 5,51 dans le groupe C ;
- 2,90 à 6,24 dans le groupe D.

La moyenne des 3 groupes est de 4,33 avec un écart-type de 0,98, un coefficient de variation de 22 % et une erreur standard sur la moyenne de 0,054.

LA CROISSANCE DE COMPENSATION

Les caractéristiques principales de la période de croissance compensatoire sont indiquées au tableau IV. Le taux de conversion moyen de 6,9 UFL par kilogramme de gain de poids vif pendant la période compensatoire est voisin de celui trouvé par KARAM *et al.* (1977) dans l'embouche d'agneaux barbarins de Libye : 6,7 à 8,1, selon l'âge des animaux (trois à neuf mois).

Mais ici encore on observe de grosses différences individuelles à l'intérieur de chaque groupe :

- 598 % (1,0 à 5,98 kg de gain) dans le groupe B ;
- 205 % (2,1 à 5,1 kg de gain) dans le groupe C ;
- 188 % dans le groupe D.

Ce taux global de conversion est 2,2 fois plus élevé que le taux global de 15,13 UFL.kg^{-1} de gain observé chez des animaux qui n'ont pas subi de restriction alimentaire (tabl. VI, facteur global de conversion).

Le tableau V montre l'extraordinaire faculté d'adaptation du mouton barbarin à la sous-nutrition et sa capacité de retrouver très rapidement sa condition initiale avec des taux de conversion très élevés pendant la période de récupération. On note des différences considérables de taux de conversion entre individus soumis à des régimes identiques, ainsi qu'on pouvait s'y attendre avec des populations qui n'ont subi d'autre sélection que celle du milieu. Ces différences se retrouvent chez les mêmes animaux aussi bien en phase d'amaigrissement qu'en phase de croissance pondérale ou à l'entretien (*cf. supra*).

LE GAIN DE POIDS VIF EN L'ABSENCE DE RESTRICTION PRÉALABLE

Le tableau VI montre les caractéristiques de changement de poids en fonction de l'énergie ingérée et les taux de conversion correspondants dans les groupes F à K.

Si l'on compare les moyennes des taux de conversion de déficit énergétique-perte de poids (tabl. II) et d'excès énergétique-gain de poids (tabl. VI), on constate que les chiffres sont sensiblement identiques, pour les gammes de pertes et de gains considérées : 4,33 UFL.kg⁻¹ de perte et 4,5 UFL.kg⁻¹ de gain.

En d'autres termes, dans les conditions de l'expérience - proches des conditions de l'élevage traditionnel dans les steppes arides nord-africaines -, le taux de conversion du déficit énergétique ou celui de l'excès d'énergie de la ration seraient sensiblement identiques : 4,4 UFL par kilogramme de perte ou par kilogramme de gain (figs. 5 et 6).

Ce résultat nous a étonné ; il est cependant identique à celui que MAYER et CLAWSON (1964) obtiennent pour une perte de poids de 33 % par rapport au poids initial, chez de jeunes béliers castrés de race croisée californienne, d'après les calculs que nous avons effectués à partir des données publiées par ces auteurs.

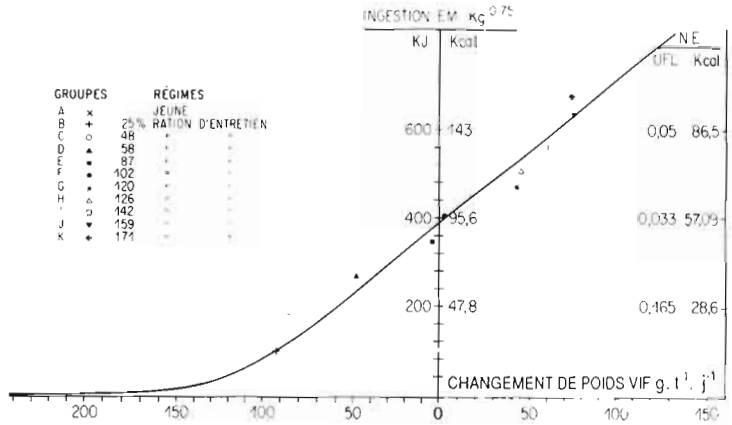
Il faut souligner de nouveau l'extrême variabilité du taux de conversion d'un animal à l'autre, y compris à l'intérieur de chaque groupe, aussi bien en régime d'alimentation restreinte qu'en régime d'alimentation abondante. Le tableau VII donne un aperçu de cette variabilité avec les paramètres statistiques qui s'y rapportent.

Tableau VII - Variabilité des changements de poids et des taux de conversion dans les divers régimes expérimentés

| GROUPES | CHANGEMENTS * POIDS MOYEN kg.t ⁻¹ | ET* kg.T ⁻¹ | CV* % | ES* UFL.kg ⁻¹ | Tx CONV. UFL.kg ⁻¹ | ET* % | CV* % | ES* |
|---------|--|---------------------------|----------|-----------------------------|----------------------------------|----------|----------|------|
| A | - 17,33 | 1,56 | 9 | 0,59 | | | | |
| B | - 11,10 | 1,91 | 17 | 0,72 | 1,36 | 0,30 | 22 | 0,12 |
| C | - 8,37 | 1,15 | 14 | 0,43 | 3,54 | 0,56 | 16 | 0,23 |
| D | - 5,35 | 1,74 | 32 | 0,66 | 8,63 | 2,23 | 26 | 0,91 |
| E | - 0,37 | 1,11 | 300 | 0,42 | | | | |
| F | + 0,33 | 0,74 | 224 | 0,28 | | | | |
| G | + 4,73 | 2,12 | 45 | 0,80 | 19,77 | 6,98 | 35 | 2,85 |
| H | + 5,13 | 2,04 | 40 | 0,77 | 15,40 | 6,17 | 40 | 2,51 |
| I | + 6,58 | 2,23 | 34 | 0,84 | 18,39 | 7,34 | 41 | 2 |
| J | + 8,37 | 1,62 | 19 | 0,61 | 13,68 | 2,73 | 20 | 1 |
| K | + 8,27 | 5,14 | 62 | 1,94 | 23,67 | 19,28 | 83 | 7,87 |

* ET : écart-type ; CV : coefficient de variation ; ES : erreur standard (ET / \sqrt{n})

FIGURE 6 - Ingestion d'énergie et variations de poids vif chez la brebis barbarine non gestante âgée de dix-huit à vingt-quatre mois, Whishtata, juillet-octobre 1982.



On voit que certains groupes montrent une variabilité relativement modérée (A, B, C, J), tandis que d'autres (E, F, K) présentent une variabilité extrême. Cette variabilité est très supérieure à celle rencontrée habituellement dans des expériences de cette nature. Elle peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'une population de tout-venant d'une race locale qui n'a subi aucune sélection artificielle, alors que les expérimentations sont habituellement effectuées en station sur des animaux de races pures longuement sélectionnées, ou issus de croisements entre celles-ci, et donc beaucoup plus homogènes du point de vue génétique.

Une des conséquences de cet état de fait est qu'il faudrait travailler, avec de telles populations de races locales non sélectionnées, sur des lots beaucoup plus importants, probablement de l'ordre de 20 à 25 animaux par traitement, ce qui devient coûteux et extrêmement compliqué sur le plan de l'organisation matérielle. De tels effectifs permettraient sans doute d'obtenir des coefficients de variation acceptables, égaux ou inférieurs à 10 % à l'intérieur de chaque traitement.

Cette variabilité, cependant, ne présente pas que des inconvénients ; c'est évidemment un mécanisme d'adaptation et de survie dans des conditions marginales de nutrition mais c'est aussi un puissant outil potentiel de sélection. L'étude de cette variabilité montre l'existence de sujets d'élite, capables de performances comparables à celles d'animaux hautement améliorés, au sein de populations aux performances moyennes ou médiocres. De fait, les animaux utilisés ici appartenaient à un troupeau de 2 000 têtes où, en 1982, un agneau a atteint le poids de 48 kg à 105 jours, soit un gain moyen journalier de 430 g. La tradition orale rapporte des gains moyens de 600 g.j⁻¹ à trois mois dans les populations locales de barbarin du Sud tunisien et de Libye. Le chiffre de 430 g que nous avons observé nous rend cette tradition orale moins suspecte que nous ne l'aurions cru *a priori* (LE HOUÉROU *et al.*, 1983).

INTERPRÉTATION GÉNÉRALE DES RELATIONS ENTRE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET LE CHANGEMENT DE POIDS CHEZ LE MOUTON BARBARIN

Sur les données brutes et pour toute la durée de l'expérimentation (112 jours), l'équation générale est :

$$Y = 11,6 + 0,29 X ; (r = 0,76 ; n = 66 ; p < 0,05)$$

ou :

Y = changement de poids en kilogramme par période

$X =$ Ingestion d'énergie en MJ EM.kg^{0.75}.

Le changement quotidien, exprimé en g.t⁻¹ est de :

$$Y = 103,3 = 0,29 X \ ; (r = 0,76 \ ; n = 66 \ ; p < 0,05)$$

ou :

X est exprimé en kj EM.kg^{0.75}.

Avec l'élimination de 5 animaux aux performances «aberrantes» pour diverses raisons (G1, H4, K1, K2, K4), on obtient, sur l'ensemble de la période expérimentale, l'équation :

$$Y = - 21 + 0,46 X \ ; (r = 0,76 \ ; n = 66 \ ; p < 0,005)$$

ou :

X est exprimé en MJ EM.kg^{0.75}.

Sur une base journalière, l'équation devient :

$$Y = 23,6 + 0,46 X - 359,7 \ ; (r = 0,92 \ ; n = 66 \ ; p < 0,000001)$$

ou :

X est exprimé en kj EM.kg^{0.75}.

La consommation d'énergie en fonction du changement de poids s'exprime par la relation :

$$Y = 371 + 2,76 X + 0,005 X \ ; (r = 0,97 \ ; n = 66)$$

avec les intervalles de confiance suivants, au seuil de 0,95 :

$$346,49 < a < 372,763$$

$$2,5354 < b1 < 2,9869$$

$$0,00397 < b2 < 0,0061$$

$$F(0,95, 2, 50) = 19,5$$

$$F(0,9995, 2, 50) = 200.$$

Les différences de poids entre groupes sont significatives à hautement significatives ($0,02 < p < 0,0001$) entre les groupes A, B, C, D, d'une part, et entre l'ensemble de ces groupes et les autres groupes, d'autre part. Les différences entre E et F ne sont pas significatives au seuil de 0,95 ($p < 0,25$), bien que la consommation d'énergie ait différé de 15 % en faveur de F. Le niveau de signification entre les groupes G à K n'est acceptable que si on élimine les cas aberrants (G1, H4, K1, K2, K4), soit une élimination de 5 animaux sur 30, c'est-à-dire environ 17 %. Dans ce cas : $0,0001 < p < 0,02$. Les relations entre la consommation d'énergie et le changement de poids sont indiquées sur les graphiques des figures 1, 2, 3, 4 et 5.

CONSOMMATION D'EAU

La consommation moyenne d'eau a été de 3,5 kg.t⁻¹.j⁻¹ de juin à novembre. Cette consommation a dépendu de l'interaction de 2 facteurs principaux : consommation journalière de matière sèche et température journalière moyenne maximale hebdomadaire. La relation polynomiale entre la consommation d'eau et celle de matière sèche (la teneur de la ration en matière sèche étant constante, environ 75 % dans la pailleurée et 93 % dans le grain) s'écrit par l'équation :

$$Y = 3,66 - 0,16 + 0,00037 X - 79 + 0,00005 X - 7220$$

$$(r = 0,92 \ ; p < 0,025)$$

ou :

Y = consommation d'eau en $\text{kg.t}^{-1}.\text{j}^{-1}$

X = consommation de MS $\text{Kg.t}^{-1}.\text{j}^{-1}$.

L'intervalle de confiance au seuil de 0,95 est :

$3,50 < a < 3,82$; $0,022 < b_1 < 0,029$; $0,00013 < b_2 < 0,00023$

L'équation linéaire est à la limite de signification au seuil de 95 % de probabilité :

$Y = 3,69 + 0,01 X - 79$; ($r = 0,90$; $p > 0,05$)

Dans une autre expérimentation, réalisée au même endroit, la consommation d'eau sur dix mois (décembre-octobre) a été de $3,5 \text{ kg.t}^{-1}.\text{j}^{-1}$ pour les animaux soumis au pâturage ou à une ration exclusive d'arbustes non halophiles. Une ration composée exclusivement d'halophytes (*Atriplex* spp.) doublait la consommation d'eau, qui atteignait $7 \text{ kg.t}^{-1}.\text{j}^{-1}$, avec un maximum de $12 \text{ kg.t}^{-1}.\text{j}^{-1}$ sous des températures maximales journalières de 36 à 40 °C (LE HOUÉROU *et al.*, 1983).

CONCLUSIONS

Il semble bien que les taux de conversion entre la perte et le gain de poids, d'une part, et le déficit ou l'excès d'énergie par rapport aux besoins d'entretien, d'autre part, soient identiques dans une assez large fourchette de perte et de gain ($- 25$ % à $+ 25$ % du poids initial) chez la brebis barbarine adulte non reproductrice. Le chiffre moyen est de $4,3$ UFL d'excès ou de déficit par rapport aux besoins d'entretien pour chaque kilogramme de changement de poids ($7\ 612 \text{ kcal EN} = 31,7 \text{ MJ EN} = 12\ 760 \text{ kcal EM} = 53 \text{ MJ EM}$), à l'intérieur de la fourchette de changement de poids définie ci-dessus.

Ce chiffre permet de calculer avec une approximation suffisante la production fourragère consommable dans un essai de charge, pour autant que l'équilibre protéique de la ration soit maintenu. C'est une application intéressante pour le pastoraliste.

Les populations «tout-venant» de moutons barbarins non sélectionnés, en élevage traditionnel, montrent une variabilité très élevée des taux de conversion d'un animal à l'autre à l'intérieur d'un troupeau donné. Les performances moyennes modérées de la race cachent l'existence d'une majorité d'animaux médiocres à très médiocres, d'une part, et d'une minorité d'animaux, d'autre part, dont les performances très élevées soutiennent la comparaison avec les meilleures races précoces.

La variabilité des taux de conversion paraît beaucoup plus accusée dans le gain de poids que dans la perte.

Le mouton barbarin se caractérise par une tolérance exceptionnelle à la restriction alimentaire et par son aptitude à regagner très rapidement son poids initial lorsque la pénurie s'achève, puisqu'il peut perdre plus de 40 % de son poids normal initial en deux mois de jeûne et le reprendre sur une période comparable avec des aliments relativement pauvres.

La croissance compensatoire subséquente à une période de restriction alimentaire est très rapide ; les gains journaliers peuvent alors atteindre le double des pertes journalières subies au cours des périodes de pénurie. Le taux de conversion de brebis adultes jeunes, non gestantes, en période compensatoire est comparable à celui des agneaux de la même race à l'embouche (6 à 8 UFL.kg^{-1} de gain de poids vif).

La valeur énergétique de la paille complémentée de 1 % d'urée, dans une ration composée environ pour moitié de paille et de grain d'orge (en pourcentage de matière sèche de la ration) est de $0,52 - 0,54 \text{ UFL.kg}^{-1} \text{ MS}$.

La consommation de paille peut atteindre 23 g.kg^{-0.75} (400 g.t⁻¹.j⁻¹) lorsqu'elle est complémentée par 400 à 450 g de grain d'orge. Lorsque la ration d'orge dépasse 500 g.t⁻¹.j⁻¹, la consommation de paille diminue jusqu'à un minimum absolu de 250 g pour un complément de 1 000 g de grain. Cette consommation est identique à celle de la paille pure servie sans complément énergétique ni complément azoté.

Des rations composées de 50 % de paille-urée et de 50 % de grain d'orge permettent d'obtenir de bonnes performances sur des animaux adultes, avec des gains de 75 g.t⁻¹.j⁻¹ sur des animaux déjà en excellent état d'embonpoint, et jusqu'à 150 à 390 g.t⁻¹.j⁻¹ en phase de croissance compensatoire, avec des taux de conversion de 6 à 8 UFL.kg⁻¹ de gain dans ce dernier cas.

Une conséquence potentiellement importante sur le plan économique semble se dégager de ces considérations : il ne paraît pas nécessaire ni désirable de maintenir un poids constant des animaux tout au long de l'année, s'agissant des brebis barbarines. En effet, des pertes de poids de 15 à 25 % sont absorbées sans problème et sans réduction des performances reproductrices des animaux en raison de la flexibilité de la race en matière de variation pondérale. D'autres essais (DUMANCIC et LE HOUÉROU, 1981 ; LE HOUÉROU *et al.*, 1983) montrent par ailleurs que les performances reproductrices ne semblent pas affectées par des pertes de poids temporaires de 25 % par rapport à l'embonpoint normal au cours du cycle annuel. Dans le cas évoqué, un lot de 84 brebis, après une perte de poids de 25 % pendant plusieurs mois, a produit 106 % d'agneaux avec une alimentation uniquement basée sur le parcours, ce qui constitue un taux de prolificité remarquable pour de telles conditions, s'agissant de la barbarine.

H.-N. LE HOUÉROU : *écologue*, Cefe/CNRS, BP 5051, 34033 Montpellier cedex 01

BIBLIOGRAPHIE

- ALIBES (X.) et TISSERAND (J.-L.), 1990. - Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. 137 p., *Options Médit.*, sér. B, n° 4, Ciheam, Paris.
- AL KHAZRAJI (A. K.), AL KHOJA (M. N.), AL KASSHAB (A. H.) et MOMEN (S.), 1981. - The effect of straw/concentrate ratios on the performance of growing barbary lambs. 16 p. *Mimeo*, Agric. Res. Cent., Proj. Lib. 06, FAO, Tripoli, Libya.
- AL KHAZRAJI (A. K.), AL KHOJA (M. N.) et GHARIANI (S. B.), 1982. - Ensiling straw treated with urea or urea and Sodium hydroxide. 16 p. FAO, Lib/06, Agric. Res. Centre, Tripoli, Libya.
- BENEDICT (F. G.) et RITZMAN (S.), 1927. - The metabolism of fasting steers. *Carnegie Insti. Public.*, 337.
- BLAXTER (K. L.), 1962. - The fasting metabolism of adult wether sheep. *Brit. J. Nat.*, 16 : 615.
- DEMARQUILLY (J.) *et al.*, éd., 1981. - Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine Méditerranéenne. 84 p. *Options Médit.* Intern. Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Zaragoza.
- DUMANCIC (D.) et LE HOUÉROU (H.-N.), 1981. - *Acacia cyanophylla* as supplementary feed for small stock in Libya. *J. of Arid Envir.*, 4 : 161-167.
- ECONOMIDES (S.), HADJIPANAYIOTOU (M.) et GEORGHIADES (E.), 1981. - The nutritive value of straw and barley and lucerne hay, and the effect of nitrogen supplementation on the nutritive value of straw to sheep. 8 p. *Techn. bull.* 39, Agric. Res. Inst. Nicosia, Cyprus.
- JARRIGE (R.), éd., 1978. - Alimentation des ruminants. 597 p., Inst. nat. rech. agro., Versailles.

- KARAM (H. A.), HORSZCZARUK (F.), EL TOHAMI (M. N.) et MOMEN (S.), 1977. - Lamb fattening in the Jamahiriya. 23 p., FAO/Lib/06, Agric. Res. Centre, Tripoli.
- KEARL (L. C.), HARRIS (L. E.), LLOYD (H.), FARID (M.) et WARDELI (M.), 1979. - Arab and Middle-east tables of feed composition. 554 p. Internat. Feedstuffs Institute, Utah, Agric. Exp. Stn., Logan, USA.
- LE HOUÉROU (H.-N.), 1982. - Experiments on the relations between energy consumption and body weight change in dry, fat-tail barbary ewes. 13 p. *Mimeo. Techn. Doc. N° 41*, Lib/018, FAO & Agric. Res. Centre, Tripoli, Libya.
- LE HOUÉROU (H.-N.), DUMANCIC (D.), ESKILEH (M.), SCHWEIGUTH (D.) et TELAHIQUE (T.), 1982. - Anatomy and physiology of a browsing trial : a methodological approach to fodder shrubs evaluation. 65 p., 16 figs. *Techn. Doc. n°28*, Lib/018, FAO and Agric. Res. Centre, Tripoli, Libya.
- LE HOUÉROU (H.-N.), DUMANCIC (D.) ABUZID (A.), EL MABRUK (A.), ESKILEH (M.) et TARHUNI (M.), 1983. - Feeding shrubs to sheep in Libya : intake, feed value and performance. 60 p. 7 figs., *Techn. Doc. n° 50*, Lib/018, FAO and Agric. Res. Centre, Tripoli, Libya.
- LE HOUÉROU (H.-N.), DUMANCIC (D.) et ESKILEH (M.), 1983. - Energy intake and live weight change in dry, fat-tail barbary ewes. 71 p., 11 figs., *Techn. Doc. n°48*, lib/018, FAO and Agric. Res. Centre, Tripoli, Libya.
- MEYER (J. H.) et CLAWSON (W.J.), 1964. - Under nutrition and subsequent realimentation in rats and sheep. *J. An. Sces.*, 23 : 214-224.
- MEYER (J. H.), LUEKER (C.E.) et SMITH (J. D.), 1956. - Influence of food and energy restriction and subsequent recovery on body composition and food utilization of rats. *J. Nutr.*, 60 : 121.
- MEYER (J. H.), WEIR (W. C.) et TORELL (D. T.), 1982. - Response of immature sheep to partial starvation. *J. An. Sces.*, 21 : 916.
- WILSON (P. N.) et OSBOURN (D. F.), 1960. - Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biol. Rev.*, 35 : 324.