MONTPELLIER SUPAGRO **ECOLE DOCTORALE SIBAGHE**

THESE

Présentée pour obtenir le grade de

Docteur de Montpellier SupAgro

du Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques (SupAgro)

et de l'Ecole Doctorale Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosciences et Environnement (SIBAGHE)

Capacités adaptatives de la chèvre Baladi alimentée sur parcours en conditions semi-arides de la Békaa (Liban)

Par

MAYA KHARRAT

Soutenue publiquement le

19 Mai 2010

Composition du jury

Mme	**NAVAS, Marie-Laure, Pr, Montpellier SupAgro**	Président - Examinateur
M	**CHILLIARD Yves, DR, INRA Clermont-Theix**	Rapporteur
M	**MORAND-FEHR Pierre, DR INRA, ParisTech**	Rapporteur
M	**MEURET Michel, DR INRA Avignon**	Examinateur
M	**CAJA Gérardo, Pr Univ. Aut. Barcelona**	Examinateur
M	**BOCQUIER François, Pr, Montpellier SupAgro**	Directeur de thèse

A mon mari et ma fille

A ma famille

A mon pays



« Si la chèvre avait la queue plus longue,

elle pourrait balayer les étoiles »

Proverbe Tchèque

REMERCIEMENTS

D'abord, mes plus profonds remerciements s'adressent à mon tuteur, Monsieur François Bocquier, qui, malgré les distances et les conditions parfois très difficiles de travail et de communication dans le contexte du lieu de réalisation de la thèse, a toujours fait en sorte que je me sente comme faisant partie de son équipe. Je ne serai pas à ce stade de mon parcours scientifique et professionnel sans son encadrement impliqué et ses conseils instructifs. Mais aussi, grand merci pour son accompagnement et son suivi durant mes longs mois de travail au Liban, merci pour son accueil chaleureux et l'exclusivité du temps qu'il m'accordait durant mon séjour en France, merci pour ses encouragements dans mes moments d'hésitation et d'angoisse.

Je tiens également à remercier tous les membres du jury qui malgré des emplois du temps chargés ont bien voulu évaluer ce travail.

Je remercie aussi toute l'équipe de l'UMR ERRC de SupAgro de Montpellier, notamment Messieurs Philippe Hassoun, Paul Lapeyronie et Eliel Gonzalez-Garcia pour leur importante contribution scientifique. Merci aussi à Madame Martine Paradis pour les divers suivis administratifs. Mes remerciements chaleureux vont également à Madame Martine Barraud pour ses grands efforts et tout le temps qu'elle a dû consacrer pour suivre les formalités de mes inscriptions à l'ED SIBAGHE.

Je voudrais exprimer ma gratitude envers le Centre de la Recherche de l'Université Saint Joseph qui a financé en partie ce travail de thèse, ainsi que l'Ecole Supérieure des Ingénieurs d'Agronomie Méditerranéenne qui a mis ses laboratoires et son équipement à ma disposition pour les analyses diverses. Au Recteur R.P. René Chamussy sj, au Vice-Recteur à la recherche Monsieur Mounir Chamoun, au Doyen de la Faculté d'Ingénierie Monsieur Wajdi Najem, à ma collègue et ex-directrice de l'ESIA-M Madame Yolla Ghorra Chamoun, à la secrétaire de l'ESIA-M Madame Souad Hajj Moussa Feghali, merci du fond du cœur.

Je n'oublierai pas les Etablissements Agricoles de Taanail, en les personnes du directeur général, anciennement R.P. Paul Brouwers sj et actuellement R.P. Mickael Zammit sj ainsi que du directeur technique, Monsieur Fady Sarkis (devenu par la suite mon mari ☺), envers lesquels je suis pleine de reconnaissance pour m'avoir fourni le site expérimental, que ce soit pour l'hébergement du troupeau ou pour l'exploitation des terrains agricoles. A l'éleveur Maroun Tannouri, qui a accueilli mes chèvres au sein de son troupeau lors de leur séjour en montagne, aussi un grand merci.

Finalement, je voudrais remercier les centres de recherche libanais qui ont mis à ma disposition leurs équipements et matériel afin de réaliser les différentes analyses requises pour ce travail : l'Institut de Recherche Agronomique Libanais, en les personnes de son directeur général,

Monsieur Michel Afram, du directeur du laboratoire des analyses alimentaires, Monsieur Christo Hilane et des responsables du laboratoire, Madame Hiam Senno et Monsieur Ahmad El Hajj, le Centre de collecte de lait de Bar Elias en la personne de Monsieur Khalil Chibani et le Centre des analyses des fourrages de l'IFAD en la personne de Monsieur Joseph Kahwaji, pour tout le temps qu'ils m'ont accordé et leur assistance assidue.

Mes pensées vont à ma famille, mon mari Fady et ma fille Cléa, sans la présence desquels je ne serai pas arrivée à surmonter tous les obstacles et les moments difficiles. A mon très cher Fady, merci pour la confiance sans limite, l'encouragement continu et l'amour infini qui m'ont soutenu tout le long du chemin. A mon père Pierre, mes frères Ziad, Chady et Ramy, et mon amie Maria, qui ont également partagé mes peines et mes joies à travers ce long parcours, je suis tout aussi redevable.

PREAMBULE

Ce travail de thèse a été réalisé au Liban, dans la région de la Békaa. Il a été financé par le Conseil de la Recherche de l'Université Saint-Joseph de Beyrouth (USJ) et effectué dans le département des Sciences Animales de l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs d'Agronomie Méditerranéenne (ESIAM), en collaboration avec les Etablissements Agricoles de Taanail du Couvent des Pères Jésuites.

Les analyses nécessaires pour ce travail ont été en grande partie effectuées dans les laboratoires de l'Institut de Recherche Agronomique Libanais (IRAL), ceux du projet d'amélioration du secteur laitier au Liban de l'IFAD et ceux de l'ESIAM. Certaines analyses des valeurs alimentaires des plantes fourragères recueillies sur parcours (ADF et NDF) ont été effectuées au laboratoire de l'UR 18 du CIRAD de Montpellier.

Pour le manuscrit de cette thèse nous avons retenu le principe de la *thèse sur publications*. L'introduction générale, la problématique, les synthèses bibliographiques, les transitions, l'étude du comportement alimentaire, la discussion générale ainsi que la conclusion générale sont en français, alors que les publications sont en anglais. Ce travail a contribué à quatre productions :

2 publications dans des revues à facteur d'impact :

Kharrat M., Bocquier F. 2010a. Impact of indoor feeding at late lactation stage on body reserves recovery and reproductive performances of Baladi dairy goats fed on pastoral system. Small Ruminant Research, 90, 127-134.

Kharrat M., Bocquier F. 2010b. Adaptive responses at the whole lactation scale of Baladi dairy goats according to feed supply and level of body reserves in agro-pastoral feeding system. Small Ruminant Research, 90, 120-126.

1 communication dans un congrès à comité de sélection :

Kharrat M., Hassoun P., Bocquier F. 2008. Foraging behavior and adaptability of the Baladi goats on different rangelands of the Bekaa Valley. Journées "Rencontres Recherches Ruminants", Paris, 3-4 décembre 2008, p. 344

1 mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome :

Hajj J. (**Kharrat M.**) 2008. Capacité d'adaptation de la chèvre « Baladi » face aux restrictions alimentaires sur parcours : état corporel et croissance des chevreaux. Mémoire ingénieur, ESIAM, 69 p.

Capacités adaptatives de la chèvre Baladi alimentée sur parcours en conditions semi-arides de la Békaa (Liban)

RESUME

L'élevage de la chèvre « Baladi » au Liban souffre d'un problème de disponibilité alimentaire responsable des faibles performances établies de la race, du fait de sa dépendance majoritaire des zones de pâturage naturel et de la rareté des terrains fourragers ou de l'adoption du système intensif.

Dans ce contexte agroclimatique particulier, cette étude se propose d'identifier la conduite optimale, à mi-chemin entre système extensif compromettant la production et la durabilité de l'élevage et système hors-sol qui ne saurait valoriser les aptitudes de la race et les parcours de la région. En effet, les conditions climatiques difficiles impliquent l'insertion d'une dimension temporelle dans la conceptualisation de la conduite optimale, prenant en considération les fluctuations saisonnières importantes des ressources alimentaires naturelles. Comparée à la conduite extensive traditionnelle et à la complémentation largement moins adoptée, une conduite où les chèvres laitières seraient mises au pâturage durant le printemps caractérisé par la prolifération des espèces végétales en vert et enfermées durant la sécheresse estivale paraît *a priori* adaptée aux conditions du milieu et aux objectifs zootechniques et socio-économiques. Toutefois, le système intensif étant rarement prisé par les éleveurs de la région, l'efficacité des parcours à résidus agricoles ou fourragers sera également évaluée afin de trouver un optimum zootechnique et économique.

Par la suite, il a fallu mettre en place un outil d'évaluation des caractéristiques nutritives des parcours de la région d'étude, des quantités ingérées par les animaux lors du pâturage ou à l'auge et finalement de leur conséquence directe sur la satisfaction des besoins et la production laitière. L'évaluation des différentes conduites se reflétant dans nombre de paramètres, un suivi d'analyse continu a été instauré permettant d'apprécier l'état corporel des animaux (poids, note d'état corporel, métabolites énergétiques), la production laitière (rendement, durée de lactation et composition du lait) et les performances reproductives (prolificité et croissance des chevreaux). Les capacités d'adaptation de ces animaux aux restrictions alimentaires dans les différentes conduites ont ainsi été testées.

Ces expérimentations réalisées sur deux ans de suite ont montré que ces chèvres manifestent de réelles capacités adaptatives aux changements alimentaires. En particulier, à chaque fois que l'alimentation le permet, l'énergie disponible est orientée préférentiellement vers la production laitière avec des rebonds relativement importants. Ces rebonds se produisent quel que soit le niveau de production laitière et pendant pratiquement toute la lactation. Parallèlement, on observe une reconstitution lente et régulière des réserves adipeuses qui s'accélère en fin de lactation à un moment où les femelles sont généralement mises à la reproduction, alors que les productions laitières baissent inexorablement. Cette thèse a donc abouti à l'acquisition de connaissances originales sur un modèle animal peu étudié caractérisé par des capacités adaptatives remarquables qui ne se manifestent pas de façon aussi marquée chez les chèvres sélectionnées des zones tempérées.

Mots clefs : chèvre Baladi, conduite alimentaire, parcours, auge, capacités adaptatives, comportement alimentaire, réserves corporelles, production laitière, performances reproductives

Adaptives capacities of Baladi goats fed on semi-arid rangelands of Bekaa valley (Lebanon)

ABSTRACT

The Lebanese Baladi goat dairy production sector suffers from a problem of food availability which is responsible of the animal's poor performances. These are due to the dependence towards natural rangelands and the scarcity of crop residues and forage pastures as well as of the adoption of intensified systems.

In this particular agroclimatic context, this study aims to identify optimized management for this goat, half-way between a full extensive system where production and sustainability are compromised and an intensified one where the aptitudes of the breed and the variety of the local pastures are not valorized. In fact, such a harsh climatic conditions require the insertion of a temporal dimension in the conceptualization of optimized management, considering the importance of seasonal fluctuations of the natural feed resources. Compared to the traditional extensive management and to the much less adopted feed supplementation, a management where the goats are pasture driven during the spring which is characterized by the proliferation of green plants and goats are kept indoors during the summer season seems *a priori* adapted to the local conditions and to the technical and economic objectives. However, the intensive system being rarely adopted by the local farmers, the efficiency of agricultural pastures such as crop residues and forages needed also to be tested in order to find an optimum between production and feasibility.

Thus, an evaluation tool of the pastures' nutritionnal values, the quantities ingested by the animals during grazing and indoors and finally of their consequences on the fulfillment of requirements and the milk production was implemented. The evaluation of the different management systems needs to take into account numerous physiological responses occurring during lactation such as the animals' body reserves (body weight, body condition score, plasma NEFA), milk production (quantities, duration and milk fat and milk protein contents) and reproductive performances (kids' number, birth weights and growth). The animals' adaptive capacities to different feed restrictions along the lactation are hence here tested.

These trials that were realized on two subsequent years showed that this breed demonstrates clear adaptive capacities facing feed fluctuations. A particular adaptation is the clear orientation of the available extra energy, when temporarily refed, towards milk production with relatively important rebounds. These rebounds occurred whatever the initial milk production level and during practically the whole lactation period. In parallel, we observed a slow and constant reconstitution of the body reserves which accelerates at the end of lactation, at a time when the females are getting ready for reproduction, while the milk production suddenly breaks down. As a consequence, this study provides new original knowledge on an an originalbreed that is characterized by special adaptive capacities which is no longer observed in highly selected dairy breeds.

Kewords : Baladi goat, feeding conduct, pasture, indoors, adaptive capacities, feeding behaviour, body reserves, milk production, reproductive performances

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS 4
PREAMBULE 6
RESUME 7
ABSTRACT 8
LISTE DES TABLEAUX 12
LISTE DES FIGURES 13
LISTE DES ABREVIATIONS 16
CHAPITRE I. INTRODUCTION GENERALE 17
CHAPITRE II. LES PRATIQUES DE L'ELEVAGE CAPRIN AU LIBAN ET IMPACT SUR LES PERFORMANCES PRODUCTIVES ET REPRODUCTIVES DES ANIMAUX 22
1. PRESENTATION DU MILIEU NATUREL DE LA BEKAA CENTRALE 23
1.1. La géographie et la topographie 23
1.2. Le climat 23
2. SITUATION ACTUELLE DE L'ELEVAGE CAPRIN DANS LA BEKAA CENTRALE 24
2.1. Le cheptel caprin 24
2.2. Les races 24
2.3. La répartition des troupeaux 25
2.4. Les systèmes d'élevage 26
2.5. La productivité du cheptel 28
2.6. Le marché des produits caprins laitiers 29
3. ATOUTS ET CONTRAINTES DE L'ELEVAGE CAPRIN AU LIBAN ET DANS LA REGION D'ETUDE 30
3.1. L'aspect traditionnel de l'élevage et de ses produits 30
3.2. La disponibilité en surfaces de parcours naturel 30
3.3. La race rustique locale 30
3.4. La faible assistance technique et le soutien gouvernemental 30
3.5. Les déséquilibres alimentaires en cours de lactation 31
CHAPITRE III. LA CONCEPTION DE L'ETUDE 33
1. OBJECTIFS DE LA THESE 34
2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL 34
2.1. Les sites expérimentaux 34
2.2. Le troupeau expérimental 36
2.3. Le plan expérimental 38
CHAPITRE IV. EXPRESSION DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DE LA CHEVRE BALADI SUR PARCOURS ET A L'AUGE 39

1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE....40
1.1. Les besoins alimentaires....40
1.2. Les aliments....42
1.3. La conduite alimentaire....43
1.4. Le comportement alimentaire....46
2. OBJECTIFS DE L'ETUDE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE....50
3. MATERIEL ET METHODES....50
3.1. Description botanique des parcours....50
3.2. Préférences spécifiques et valeurs alimentaires....51
3.3. Dynamique alimentaire....51
3.4. Quantités ingérées....52
3.5. Analyses statistiques....52
4. RESULTATS....52
4.1. Sur parcours naturel....53
4.2. Comportement alimentaire sur parcours agricole....62
4.3. Comportement alimentaire à l'auge....81
5. DISCUSSION....82
CHAPITRE V. EXPRESSION DES CAPACITES ADAPTATIVES DES CHEVRES BALADI EN FONCTION DE L'APPORT ALIMENTAIRE ET DE L'ETAT DES RESERVES CORPORELLES....86
1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE....87
1.1. L'élevage et les produits caprins....87
1.2. Les cycles physiologiques....89
1.3. Les effets de l'alimentation sur l'état corporel, la production laitière et la reproduction....96
2. OBJECTIFS DE L'ETUDE DES CAPACITES ADAPTATIVES DE LA CHEVRE BALADI....101
3. MATERIEL ET METHODES....101
3.1. Mesure de l'état des réserves corporelles....101
3.2. Mesure de la production laitière....102
3.3. Suivi de la portée....102
4. REGULATION DES CAPACITES ADAPTATIVES DES CHEVRES BALADI EN FIN DE LACTATION....103
5. REGULATION DES CAPACITES ADAPTATIVES DES CHEVRES BALADI A L'ECHELLE DE LA LACTATION....113
CHAPITRE VI. DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSIONS....121
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES....131

ANNEXE 1. METHODES D'ANALYSES DES ALIMENTS.....144
ANNEXE 2. CLASSIFICATION DES PLANTES RENCONTREES SUR PARCOURS NATURELS.....146
ANNEXE 3. CLASSIFICATION DES PLANTES RENCONTREES SUR PARCOURS AGRICOLES 147
ANNEXE 4. METHODES D'ANALYSES DES COMPOSANTES DU LAIT.....148
ANNEXE 5. EVOLUTION DES COMPOSANTES DU LAIT DANS LA PREMIERE EXPERIMENTATION 150
ANNEXE 6. EVOLUTION DU PV DES CHEVRES DANS LA DEUXIEME EXPERIMENTATION 151
ANNEXE 7. EVOLUTION DU TAUX D'AGNE DANS LE PLASMA SANGUIN DES CHEVRES DANS LES DEUX EXPERIMENTATIONS.....152

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Evolution de la production laitière caprine libanaise 29
Tableau 2. Apports alimentaires théoriques quotidiens de la ration fixée par chèvre 37
Tableau 3. Plan expérimental des deux campagnes 38
Tableau 4. Valeurs correspondant aux indices de présence des espèces végétales 51
Tableau 5. Indice de présence moyen de chaque type de végétation sur parcours naturel 55
Tableau 6. Plantes consommées sur parcours naturels et leur composition chimique 56
Tableau 7. Durées totales d'alimentation, de repos et de déplacement sur parcours naturel 59
Tableau 8. Quantités ingérées moyennes des chèvres sur parcours naturel 61
Tableau 9. Quantités ingérées moyennes de chaque plante sur parcours naturel par chèvre et par jour 61
Tableau 10. Plantes consommées sur parcours agricoles de 2006 et leur composition chimique 66
Tableau 11. Plantes consommées sur parcours agricoles de 2007 et leur composition chimique 68
Tableau 12. Durées totales d'alimentation, de repos et de déplacement sur parcours agricole (2006 ; 2007). 73
Tableau 13. Quantités ingérées moyennes des chèvres sur parcours agricole (2006 ; 2007) 76
Tableau 14. Quantités ingérées moyennes de chaque plante sur PA par chèvre et par jour (2006) 77
Tableau 15. Quantités ingérées moyennes de chaque plante sur PB et PH par chèvre et par jour (2007) 78
Tableau 16. Taux de refus et quantités totales ingérées par chèvre et par jour 82
Tableau 17. La composition du lait de chèvre en comparaison avec celui d'autres femelles laitières 88
Tableau 18. Description de l'échelle de notation caudale 94
Tableau 19. Effet du rapport Fourrages / Concentrés sur les performances laitières des chèvres 100
Tableau 20. Echelle de notation caudale pour l'estimation de la note d'état corporel 101
Table 21. Experimental design of the three periods study 104
Table 22. Experimental design of the three periods study 114

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Coupe topographique du Liban....23
Figure 2. Diagramme ombrothermique du climat de la Békaa centrale (moyennes de 1954 à 2004) 24
Figure 3. Plan de répartition des cheptels caprins au Liban....26
Figure 4. Emplacement des deux sites expérimentaux....35
Figure 5. Evolution des besoins alimentaires au cours du cycle de production....42
Figure 6. Composition botanique des parcours naturels PN1 (a), PN2 (b), PN3 (c) et PN4 (d)....54
Figure 7. Caractéristiques chimiques moyennes des rations globales sur parcours naturel....57
Figure 8. Répartition des activités des chèvres durant la journée de pâturage sur les parcours PN1 (a), PN2 (b), PN3 (c) et PN4 (d)....58
Figure 9. Intensité de l'activité alimentaire des chèvres durant la journée de pâturage sur parcours naturel..59
Figure 10. Evolution des proportions de chaque activité sur parcours naturel....60
Figure 11. Comparaison des durées de pâturage sur les quatre parcours naturels....60
Figure 12. Quantités ingérées moyennes de chaque type de végétation sur PN par chèvre et par jour....61
Figure 13. Evolution des teneurs en MS des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours naturel....62
Figure 14. Evolution des teneurs en MAT des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours naturel....62
Figure 15. Composition botanique des parcours agricoles de 2006 : PA1 (a), PA2 (b), PA3 (c) et PA4 (d)..63
Figure 16. Composition botanique des parcours agricoles de 2007 : PB1 (a), PH1(b), PB2 (c) et PH2 (d)....65
Figure 17. Caractéristiques chimiques moyennes des rations globales sur parcours agricole (2006)....67
Figure 18. Caractéristiques chimiques moyennes des rations globales sur parcours PB et PH (2007)....69
Figure 19. ACP des valeurs alimentaires des différents parcours – contributions et matrice de corrélation...70
Figure 20. ACP des valeurs alimentaires des différents parcours – caractérisation des parcours....70
Figure 21. Répartition des activités des chèvres durant la journée de pâturage sur les parcours PA1 (a), PA2 (b), PA3 (c) et PA4 (d)....72
Figure 22. Répartition des activités des chèvres durant la journée de pâturage sur les parcours PB1 (a), PH1 (b), PB2 (c) et PH2 (d)....73
Figure 23. Evolution des proportions de chaque activité sur parcours agricole (2006)....74
Figure 24. Comparaison des durées de pâturage sur les quatre parcours agricoles (2006)....74
Figure 25. Evolution des proportions de chaque activité sur PB et PH (2007)....75
Figure 26. Comparaison des durées de pâturage sur les parcours PB et PH (2007)....75
Figure 27. Comparaison des quantités totales moyennes ingérées sur PN et PA (2006) en fonction de la condition corporelle....76
Figure 28. Comparaison des quantités totales moyennes ingérées sur PB et PH (2007) en fonction de la condition corporelle....77

Figure 29. Evolution des teneurs en MS des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours agricole (2006) 78
Figure 30. Evolution des teneurs en MAT des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours agricole (2006) 79
Figure 31. Evolution des teneurs en MS des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours agricole (2007) 79
Figure 32. Evolution des teneurs en MAT des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours agricole (2007) 79
Figure 33. Evolution des activités de consommation des chèvres à l'auge suite à la distribution des aliments 81
Figure 34. Synthèse des observations sur les quantités ingérées selon les espéces végétales consommées. ... 83
Figure 35. Évolution de la production et de la composition du lait au cours de la lactation 91
Figure 36. Point de palpation et repères anatomiques de l'échelle caudale 94
Figure 37. Evolution de la NEC au cours du cycle annuel d'une chèvre productive 95
Figure 38. Evolution of mean BW of Baladi goats fed successively on mountainous natural rangelands, agricultural pastures and either kept on agricultural pastures ( ) or stall-fed (--------). Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. 107
Figure 39. Evolution of mean BCS of Baladi goats fed successively on mountainous natural rangelands, agricultural pastures and either kept on agricultural pastures ( ) or stall-fed (--------). Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment 108
Figure 40. Evolution of mean milk production of Baladi goats fed successively on mountainous natural rangelands, agricultural pastures and either kept on agricultural pastures ( ) or stall-fed (--------). Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. 109
Figure 41. Evolution of mean BCS of Baladi goats fed successively on natural plain pastures, then either on crop residues with low nutritive value ( ) or on forages with high nutritive value (--------) and then on mixed agricultural pastures. Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. 116
Figure 42. Evolution of mean milk production of Baladi goats fed successively on natural plain pastures, then either on crop residues with low nutritive value ( ) or on forages with high nutritive value (----------) and then on mixed agricultural pastures. Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. 117
Figure 43. Evolution of mean milk content of Baladi goats fed successively on natural plain pastures, then either on crop residues with low nutritive value ( ) or on forages with high nutritive value (--------) and then on mixed agricultural pastures. Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment 118
Figure 44. Evolution de la production laitière moyenne des chèvres « Baladi » en 2006 et 2007 sur parcours naturel, puis sur parcours agricole PA ou soit de basse valeur nutritionnel [PB ( )] soit de haute valeur nutritionnel [PH (------)] et enfin soit sur parcours agricole ( ) soit à l'auge (------) ou sur

parcours agricole mixte. Les chèvres ont été identifiées comme Grasses (●, ▲) ou Maigres (○, △) au début de l'expérimentation. 124
Figure 45. Evolution de NEC moyenne des chèvres « Baladi » en 2006 et 2007 sur parcours naturel, puis sur parcours agricole PA ou soit PB ( ) soit PH (------) et enfin soit sur parcours agricole ( ) soit à l'auge (------) ou sur parcours agricole mixte. Les chèvres ont été identifiées comme Grasses (●, ▲) ou Maigres (○, △) au début de l'expérimentation..... 125
Figure 46. Les capacités adaptatives des chèvres Baladi : représentation schématique des évolutions respectives de le production laitière (en haut) et des réserves adipeuse (en bas), lors des deux expériences successives (a) et (b). 129

LISTE DES ABREVIATIONS

Analyses et unités :

ADF	Acid Detergent Fiber (Lignocellulose)
AGNE	Acide Gras Non-Estérifiés (*NEFA en anglais*)
CMV	Complément Minéral et Vitaminé (*MVC en anglais*)
MAT	Matières Azotées Totales (*CP en anglais*)
MS	Matière Sèche (*DM en anglais*)
NDF	Neutral Detergent Fiber (Constituants pariétaux)
PDIN	Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'azote [N]
PDIE	Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'énergie [E]
TB	Taux butyreux du lait [%] *(MF en anglais)*
TP	Taux protéique du lait [%] *(MP en anglais)*
UEL	Unité d'Encombrement Lait (INRA, 1988)
UFL	Unité Fourragère Lait (INRA, 1988)

Lots expérimentaux et traitements :

PN1 à PN4	Parcours naturels (Période 1, 2006)
PA1 à PA4	Parcours Agricoles (Période 2, 2006)
M-PN ou M-PA	Chèvres maigres sur Parcours Naturels ou sur Parcours Agricoles (2006)
G-PN ou G-PA	Chèvres grasses sur Parcours Naturels ou sur Parcours Agricoles (2006)
M-PR ou G-PR	Chèvres sur rations (R) (Période 3, 2006)
M-PP ou G-PP	Chèvres sur Parcours (P) (Période 3, 2006)
PN	Parcours Naturel de plaine (Période 1, 2007)
PB ou PH	Parcours agricoles de Basse ou Haute valeur alimentaire (Période 2, 2007)
M-PA ou G-PA	Parcours Agricoles mixtes (Période 3, 2007)

CHAPITRE I. INTRODUCTION GENERALE

L'élevage des petits ruminants est une production typique des régions méditerranéennes. Très lié aux traditions de ces régions, depuis l'Italie jusqu'au Maroc, l'élevage des ovins et des caprins a toujours été une des productions animales principales de ces pays (Narjisse et al., 1991) où il valorise bois et friches, spécialement dans les zones arides, les transformant en protéines animales de haute qualité (Morand-Fehr et al., 2000). La région méditerranéenne produit les deux tiers de la production laitière ovine mondiale et plus du quart de la production laitière caprine (FAO, 1999 *in* Srour, 2006). Dans le bassin Sud de la Méditerranée, la production de viande par les troupeaux ovins et caprins est également importante (Srour, 2006).

Au Liban, le secteur de l'agriculture représente une part importante de la vie sociale et économique du pays. Le quart du territoire libanais environ (soit 261 000 ha) est formé de parcelles agricoles englobant 195 000 exploitations. Quant à la population active agricole, elle représente 9% de la population active libanaise (Ministère Libanais de l'Agriculture, 1999). Dans ce contexte, les productions caprines et ovines font traditionnellement partie intégrante des systèmes d'élevage au Liban et jouent un rôle important dans l'agriculture libanaise (FAO, 1980) avec 760 000 têtes environ en 2004 (Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004 ; FAO, 2006). Plus particulièrement, l'effectif du cheptel caprin au Liban est estimé à environ 432 000 têtes en 2004 (Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004). Il est constitué principalement de chèvres de race « Baladi » (95%) et seulement 5% consistent en des chèvres de race « Chami » ou Damasquine (Hajj, 1999 ; Nehme et Abi Saab, 2003).

La vallée de la Békaa, en particulier, est une région agricole d'importance majeure pour le Liban et constitue la zone d'élevage de la moitié de la population caprine du Liban (environ 200 000 chèvres) (Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004). Les productions des troupeaux de petits ruminants y jouent un rôle très important sur le plan socio-économique dans la mesure où elles maintiennent la structure fragile d'une population rurale qui a besoin de ressources pour vivre, pour ne pas avoir recours à l'exode rural ou à l'immigration.

Cependant, la demande en produits animaux qui constituent jusqu'à 20% du régime alimentaire national libanais, dont 72% consistent en viande, lait et produits laitiers, surpasse de loin la production domestique locale (FAO, 2006). Ainsi, la quantité de lait consommée au Liban en 2004 est de l'ordre de 610 000 tonnes (FAOSTAT, en ligne), alors que la quantité produite est de l'ordre de 244 000 tonnes, les produits caprins en constituant 14,8% (Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004). D'un autre côté, la quantité de viande consommée au Liban en 2004 est de l'ordre de 182 000 tonnes (FAOSTAT, en ligne), alors que la quantité produite est de l'ordre de

29 000 tonnes, la viande caprine en constituant 20,3% (Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004). L'offre ne satisfait donc pas une demande toujours croissante en produits caprins, notamment en produits laitiers, de la population libanaise. En effet, la consommation totale de lait, qui était de l'ordre de 419 000 tonnes en 2001 (FAO, 2006) est passée à 610 000 tonnes en 2004 (FAOSTAT, en ligne).

Ces faits soulignent l'intérêt du développement de l'élevage des petits ruminants au Liban en vue de satisfaire les besoins locaux, d'autant plus que ce secteur reste parmi les moins développés. L'aspect traditionnel de cet élevage s'étend jusqu'aux conduites : bâtiments non adéquats, saisonnalité des ressources fourragères pâturées et absence de stocks fourragers, reproduction non contrôlée du troupeau, traite manuelle, absence de contrôle et de mesures de prophylaxie, traitements sanitaires inappropriés, transformation artisanale des produits...etc. Il en résulte des performances productives et reproductives des chèvres « Baladi » qui sont loin d'être satisfaisantes sur les plans zootechnique et économique pour les éleveurs caprins libanais. Ceci contribue à discréditer cette race locale de manière quasi définitive, considérée comme une race peu productive lorsqu'elle est comparée aux races étrangères (notamment européennes), surtout si on ne tient pas compte de la différence de milieu d'élevage.

Plusieurs études, anciennes et plus récentes, sur la production animale au Liban ont identifié quelques uns des problèmes qui concernent le secteur des petits ruminants : la production de petits ruminants pourrait être améliorée de façon significative à travers une meilleure alimentation, une gestion adéquate et convenable de l'élevage et de la reproduction, un suivi des maladies infectieuses et la création de structures coopératives pour les éleveurs. En effet, le Liban souffre toujours du manque de support gouvernemental vis-à-vis des services de santé animale et des subsidences alimentaires (Hamadeh et al., 1996).

Plus particulièrement, dans un pays où les élevages caprins dépendent surtout des surfaces de parcours naturels (maquis et garrigues), d'après Hamadeh et al. en 2001, ce secteur fait face à une sérieuse contrainte de disponibilité fourragère. En effet, même les terres marginales sont de plus en plus utilisées pour la production agricole (Hamadeh et al., 2001 ; Zurayk et al., 2001 *in* Srour, 2006) et elles deviennent de moins en moins disponibles pour les troupeaux de petits ruminants (Hamadeh et al., 2001). De plus, le Liban étant un pays montagneux au climat typiquement méditerranéen, caractérisé par une saison froide et pluvieuse en hiver et chaude et sèche en été, l'utilisation des parcours naturels est fortement handicapée pendant l'hiver et durant les mois secs de l'été où la qualité des pâturages se détériore avec la sécheresse (Srour, 2006). D'un

autre côté, les ressources alternatives comme les résidus agricoles, constitués surtout de pailles de céréales et de fanes de légumes, ont une faible valeur alimentaire (Ben Salem et al., 2004).

Peu de recherches ont été réalisées au Liban pour l'amélioration de l'utilisation des pâturages par les chèvres laitières, ou pour la détermination de la meilleure complémentation en système extensif ou encore pour la mise au point de conduites alimentaires raisonnées. L'intégration des pratiques pastorales et la valorisation des aliments conservés afin d'assurer une production rentable et surtout durable sur les plans technico-économique, social et environnemental, n'ont pas été abordées.

Les enjeux zootechniques seraient donc de parvenir à améliorer le niveau de la production laitière des chèvres « Baladi », tant au niveau quantitatif (rendement annuel et durée de lactation), qu'au niveau de la composition chimique du lait (TB, TP), en utilisant au maximum les ressources alimentaires locales. Ces améliorations apporteraient parallèlement des solutions à la situation économique des éleveurs. En même temps, elles contribueraient à faire face aux contraintes environnementales. En effet ces élevages traditionnels sont souvent perçus comme occasionnant des dégradations aux milieux qu'ils exploitent. Les conduites innovantes devant également limiter les dégâts liés au surpâturage des espaces naturels en contrôlant l'accès aux zones boisées, aux maquis et aux garrigues des montagnes libanaises. Toutefois, sous certaines conditions, cet élevage exerce également un rôle positif sur l'ouverture du milieu. Il s'agit donc de proposer une alternative à la tentation de mettre en place des élevages hors-sol avec des génotypes sélectionnés, qui conduiraient à l'abandon de cette race, par le maintien de la race Baladi seule capable de valoriser les grandes aires de parcours naturel.

Dans ce contexte, notre thèse se propose d'évaluer des conduites alimentaires répondant à ces différents enjeux, notamment l'amélioration des performances globales de la chèvre Baladi en s'appuyant sur ses capacités adaptatives et en associant les différentes ressources alimentaires disponibles. Partant des conduites extensives traditionnelles (Hamadeh et al. en 1996), nous avons fait l'hypothèse que les parcours traditionnels de montagne pourraient, au lieu d'être utilisés plus longtemps au cours de l'été, être remplacés par un parcours sur les résidus agricoles. Nous avons même envisagé d'alimenter les chèvres à l'auge en fin d'été ce qui n'est pas une pratique habituelle, mais qui, d'après les enquêtes préalablement réalisées auprès des éleveurs (Kharrat, 2004 ; 2005), reste envisageable lors de la raréfaction des ressources naturelles. Parmi les nombreuses stratégies alimentaires décrites chez les ruminants (Chilliard et al., 1999 ; Blanc et al., 2004 ; 2006), l'objectif scientifique de cette thèse a été d'évaluer la nature des réponses adaptatives

de la chèvre Baladi face à des apports alimentaires séquentiels variés au cours de la lactation. Pour cela nous avons mesuré les différentes composantes de l'adaptation : comportementale (préférences spécifiques et dynamiques alimentaires), métabolique (métabolites sanguins, réserves adipeuses) et fonctionnelle (production et composition du lait, efficacité reproductive).

Notre thèse s'appuie sur deux expériences conduites à l'échelle de la lactation. Dans une première étape nous avons évalué l'influence de l'alimentation et de l'état initial des réserves corporelles sur l'évolution des performances laitières et reproductives. Outre les variations de l'alimentation sur parcours au début et au milieu de la lactation, nous avons induit des changements en alimentant les chèvres à l'auge en fin de lactation. Dans une seconde étape, nous avons évalué la réponse de ces chèvres à des régimes alimentaires différents appliqués à des stades plus précoces de la lactation. Comme dans ces milieux l'état corporel des animaux risquait de moduler leur réponse, nous avons étudié des chèvres qui étaient soit maigres soit grasses en début de lactation.

CHAPITRE II. LES PRATIQUES DE L'ELEVAGE CAPRIN AU LIBAN ET IMPACT SUR LES PERFORMANCES PRODUCTIVES ET REPRODUCTIVES DES ANIMAUX

1. PRESENTATION DU MILIEU NATUREL DE LA BEKAA CENTRALE

1.1. La géographie et la topographie

Le Liban est localisé sur le rivage oriental de la Méditerranée, entre les latitudes 36º70′ à 38º60′ Nord et les longitudes 39º00′ à 40º66′ Est (Durbertret, 1953). Il est doté d'une superficie réduite (10 452 km^2 de territoire qui s'étend sur environ 210 km du Nord au Sud et sur 25 à 80 km d'Est en Ouest) et d'un relief assez accidenté. Le milieu naturel est en effet constitué, d'Ouest en Est, d'une étroite bande côtière de quelques centaines de mètres, puis d'une chaîne de montagnes de direction parallèle à la côte, le Mont Liban, ensuite d'un plateau situé en moyenne à 900 m d'altitude (appelé communément « plaine »), la Békaa, et enfin d'une nouvelle chaîne de montagne, l'Anti-Liban, qui marque la frontière avec la Syrie.

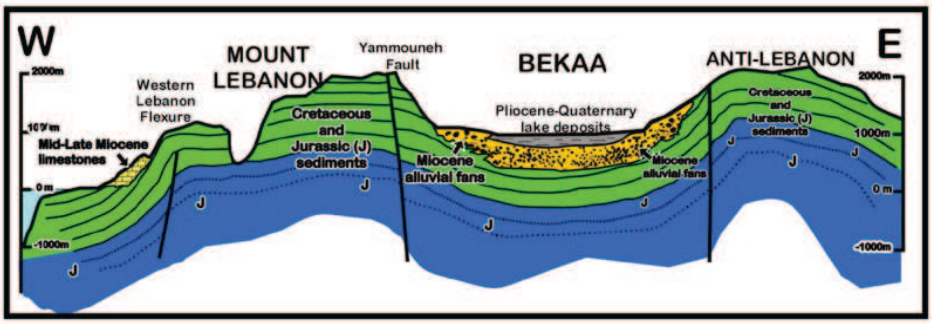


Figure 1. Coupe topographique du Liban

Dans les plateaux de la Békaa centrale, les plaines se caractérisent par une altitude variant entre 890 et 980 m et une pente ne dépassant pas les 2 – 3%. Par contre, les collines, situées de 980 à 1400 m d'altitude, sont caractérisées par des pentes variant de 10 à 20 % (Carte topographique du Liban, 1963).

1.2. Le climat

Un climat typiquement méditerranéen règne au Liban : été sec et doux et hiver froid et pluvieux. Toutefois, dans la Békaa centrale, le climat est de type semi continental à continental. Les précipitations annuelles, d'environ 650 mm, ont essentiellement lieu en hiver et sont moins importantes que la moyenne du pays. Comme le reste du pays, la saison sèche affecte la région entre la fin du mois d'avril et le début du mois d'octobre. La température moyenne ambiante varie de 5°C en janvier à 25°C en août (Atlas climatique du Liban, 1994).

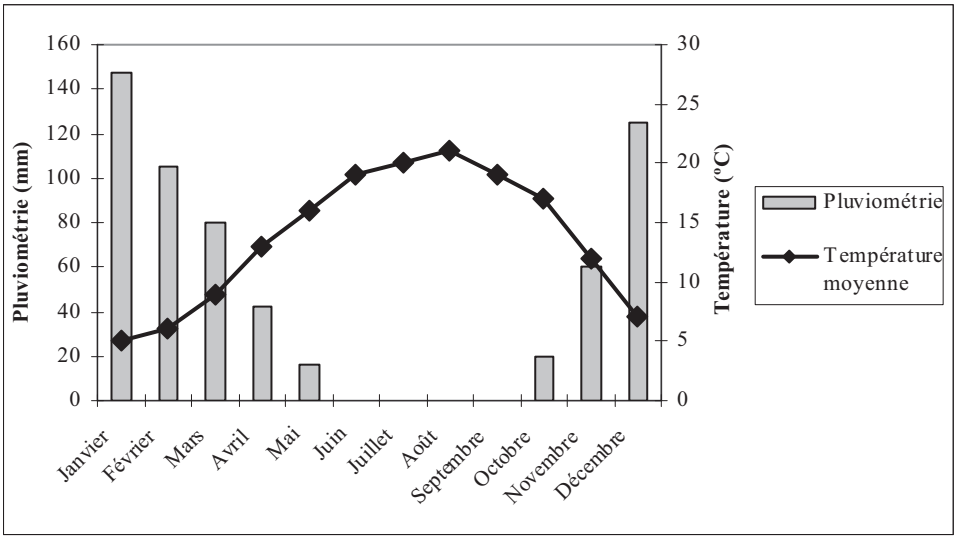


Figure 2. Diagramme ombrothermique du climat de la Békaa centrale (moyennes de 1954 à 2004) (Station climatique de l'IRAL)

2. SITUATION ACTUELLE DE L'ELEVAGE CAPRIN DANS LA BEKAA CENTRALE

2.1. Le cheptel caprin

En général, l'élevage est une activité minoritaire de l'agriculture libanaise : d'après le recensement agricole du Ministère de l'Agriculture de 1999, sur les 195 000 exploitations dénombrées, seulement 8% détenaient des bovins, 2,7% des ovins et 3,7% (un peu plus de 7 000) des caprins. Cependant, avec une part de près de 45% des exploitations d'élevage, dont le nombre s'élève finalement à 28 440 exploitations, les troupeaux de petits ruminants jouissent d'un statut important dans le secteur des productions animales. Plus particulièrement, l'effectif du cheptel caprin au Liban est estimé à environ 432 000 têtes en 2004 (Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004).

2.2. Les races

La race prédominante dans les troupeaux caprins laitiers du Liban est la race Baladi qui en représente à peu près 95% (Hajj, 1999). Sous-population libanaise qui a des cousines très proches dans les autres pays de l'Est de la Méditerranée, cette race a une vocation mixte lait-viande (Hajj, 1999 ; LTIC, 2003 ; Srour, 2006). Race de taille moyenne (40 à 50 kg de poids vif), elle est caractérisée par une grande hétérogénéité de couleurs. Cependant, sa couleur dominante reste le noir uni, avec souvent des taches fauves au-dessus des yeux.

La race Chami ou Damasquine est originaire de Syrie comme son nom l'indique, mais on la retrouve d'Egypte en Turquie (LTIC, 2003). Elle ne constitue qu'une faible proportion du cheptel libanais (Hamadeh et al., 1996 ; Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004), à peu près 5 % (Hajj,

1999). Elle a également une vocation mixte, mais rares sont les élevages qui l'exploitent surtout pour la viande. Cette race de grande taille (60 à 70 kg de poids vif) est caractérisée morphologiquement par une robe de couleur chamoisée uniforme.

On rencontre aussi désormais des petits noyaux de chèvres chamoisées de race Alpine sélectionnées pour leur production laitière et importées de France très récemment par des ONG (LTIC, 2003).

2.3. La répartition des troupeaux

Le relief est un facteur important dans la répartition des cheptels. Le rapport TPFS (2003) qui décrit les principaux systèmes d'exploitation agricole existant au Liban distingue (LTIC, 2003) :

- Les plaines côtières, en général étroites, où les activités agricoles sont principalement des plantations fruitières et du maraîchage sous serres. L'élevage y est pratiquement absent.

- Les versants de la chaîne du Mont-Liban, côté maritime, et les collines du Nord. L'élevage de petits ruminants est très important au Nord, soit sédentaire, soit semi-nomade.

- Les collines sèches du Sud, qui prolongent les chaînes du Mont Liban et de l'Anti-Liban. A côté des systèmes de subsistance associant quelques bovins à des cultures variées sur de petites surfaces, émergent quelques systèmes de taille plus significative en élevage caprin.

- La partie centrale et sud-ouest de la Békaa, la zone la plus fertile du Liban. Les élevages bovins laitiers s'y sont développés pour l'essentiel sur des modèles hors-sol. Dans les autres fermes, on trouve souvent quelques bovins, des ovins et des caprins, même si les cheptels ont tendance à se concentrer.

- La partie Nord de la Békaa se distingue par son aridité marquée et la forte proportion de territoires non cultivés. C'est le fief des petits ruminants, en élevage sédentaire, transhumant ou semi-nomade.

- L'Anti-Liban, qui marque la frontière orientale du pays, est une montagne particulièrement aride. C'était aussi une zone de prédilection de l'agro-pastoralisme pour des troupeaux mixtes d'ovins et de caprins, mais qui subit aujourd'hui l'appauvrissement de la qualité des parcours.

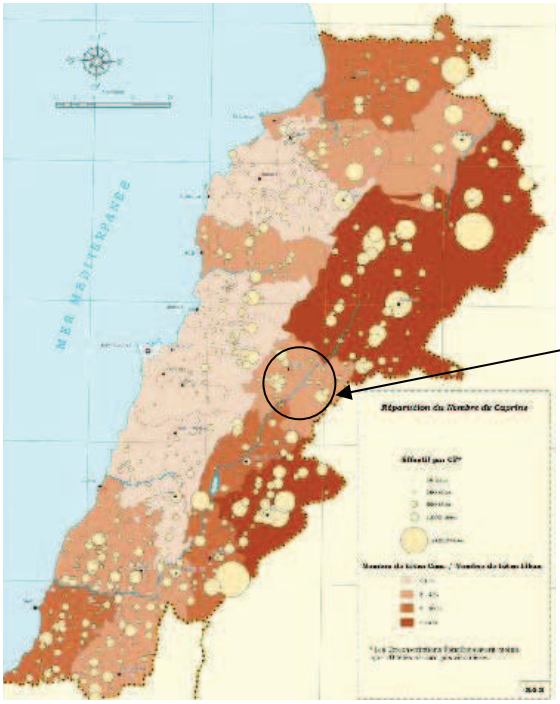


Figure 3. Plan de répartition des cheptels caprins au Liban (Atlas Agricole du Liban, 2004)

La vallée de la Békaa en particulier est une région agricole d'importance majeure pour le Liban et constitue la zone d'élevage de la moitié de la population caprine du Liban (49% du cheptel national en 2004 soit environ 200 000 chèvres) (Ministère Libanais de l'Agriculture, en ligne). La zone d'étude, ou la partie centrale de la plaine de la Békaa et son extension Ouest renferment à peu près 34 % de l'effectif caprin (LTIC, 2003). Les troupeaux caprins s'y répartissent dans deux zones distinctes : les zones naturelles sur les collines de Zahlé et les zones agricoles situées en plaine (Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004).

2.4. Les systèmes d'élevage

La grande majorité des élevages de troupeaux caprins au Liban se base sur un système extensif (Hamadeh et al., 1996 ; LTIC, 2003). Les élevages pratiquant l'alimentation exclusivement à l'auge sont rares dans la région. Cependant, dans le mouvement d'intensification actuel constatée dans le monde entier, ce système de production commence à prendre de l'importance (Abi Saab, 2001 *in* Srour, 2006). Dans la Békaa, l'unique élevage intensif existant a été mis en place par l'Institut de Recherche Agronomique Libanais (IRAL). Le reste des élevages reste essentiellement extensif et les productions des troupeaux y assurent plus de 90% du revenu des éleveurs sans terres (troupeaux mobiles de grands nombres d'ovins et de caprins). Ceci rend les chevriers très dépendants des propriétaires fonciers pour l'utilisation de leurs parcelles agricoles ou des communautés publiques pour l'utilisation des parcours naturels en montagne (Hamadeh et al., 1996 ; 2001).

Dans la zone d'étude, les exploitations ont une taille variant entre 200 et 600 caprins par troupeau en montagne, alors qu'en plaine, ce nombre varie entre 50 et 100 têtes. Il est à noter toutefois que les troupeaux en plaine sont souvent mixtes, et comportent un nombre important d'ovins, alors qu'en montagne, les éleveurs préfèrent se limiter aux caprins (LTIC, 2003 ; Kharrat, 2005).

2.4.1. Les élevages sédentaires

Les éleveurs disposent de quelques hectares (cultures céréalières ou maraîchage). Les animaux sont logés dans ou près du village. Il s'agit de troupeaux de taille moyenne, d'environ 200 à 300 têtes, avec pratiquement autant d'ovins que de caprins (LTIC, 2003).

L'essentiel des naissances a lieu en janvier-février, même si elles peuvent s'étaler de novembre à avril. En général, les animaux sortent en avril ou mai, quand les jeunes sont âgés d'au moins un mois. Jusqu'à cet âge, ils peuvent téter leurs mères qui ne sont pas traites (LTIC, 2003). D'avril à juin, les animaux pâturent sur des parcours communaux (39%) ou publics (48%) (Hamadeh et al., 1996 ; LTIC, 2003). Pendant ce temps, brebis et chèvres sont traites une fois par jour, le matin, jusqu'au sevrage des petits qui intervient à l'âge de 3 ou 4 mois. Le nombre de jeunes sevrés par femelle adulte ne dépasse pas 0,8, indiquant une prolificité relativement faible et un taux de perte avoisinant les 10% entre la naissance et le sevrage (LTIC, 2003). De la fin juin à la mi-novembre, lorsqu'ils sont en plaine, les animaux pâturent essentiellement des chaumes, des fanes issues du maraîchage et un peu de cultures sur pied du mélange orge-vesce. Lorsqu'ils sont en montagne, ils continuent à pâturer sur les parcours naturels dont la végétation devient très peu disponible du fait de l'avancement de la saison estivale (LTIC, 2003 ; Kharrat, 2005). A la mi-novembre, ils sont rentrés à l'abri et sont alors nourris avec du concentré et de la paille hachée. La distribution de concentré est d'un peu plus de 100 kg par tête (LTIC, 2003).

Au bout de 4 mois de lactation, brebis et chèvres sont taries. Ce système explique la faible récolte de lait : 55 kg par brebis, 60 kg par chèvre. Pour l'essentiel, ce lait est consommé par la famille et le surplus est vendu après transformation sur place sous forme de Laban (yaourt), Labneh ou fromage ou en lait cru à des collecteurs (Hamadeh et al., 1996 ; LTIC, 2003).

2.4.2. Les élevages semi-nomades

En général, ces élevages sont de plus grande taille que les sédentaires : de 300 à 500 têtes avec une proportion souvent plus importante de brebis que de chèvres (Hamadeh et al., 1996 ; LTIC, 2003). En revanche, ils ne disposent pas du tout de terres (LTIC, 2003).

La saisonnalité des naissances est plus marquée : groupage important en décembre-février, car il faut que tous les chevreaux soient sevrés lors de la montée en montagne qui a lieu en mai.

Durant les estives, presque aucun complément n'est fourni aux animaux. Les troupeaux sont redescendus en novembre. L'hiver, ils valorisent les parcours autour du village qui sont parfois loués, mais de l'aliment concentré est toujours distribué avec la paille. Le produit de l'élevage réalisé grâce au lait, surtout transformé, est assez important. En revanche, dans ce système, la production de viande semble plus faible que dans les élevages sédentaires, avec des taux de 0,6 à 0,7 agneau ou chevreau sevré par mère (LTIC, 2003).

2.4.3. Les élevages transhumants

Il s'agit là de systèmes intermédiaires entre les deux précédents. Selon les terres cultivées dont dispose l'éleveur, la possibilité de faire pâturer les résidus de récolte (chaumes et céréales, fanes de légumineuses ou de tubercules), le recours au parcours sera plus ou moins important (LTIC, 2003). Hamadeh et al. (1996) les classent en système semi-sédentaire dépendant des parcours ou semi-sédentaire disposant de résidus agricoles en été.

Il semble que plus les ressources fourragères disponibles au village sont importantes, plus la proportion de chèvres dans le troupeau est élevée, ce qui correspond à une durée de lactation plus longue des chèvres et au fait que la traite et la vente du lait sont plus faciles au village qu'en estives éloignées (LTIC, 2003).

2.5. La productivité du cheptel

La période de lactation moyenne des chèvres Baladi est de 139 jours (Hamadeh et al., 1996), pouvant aller jusqu'à 180 jours ou 6 mois (Kozhaya, 1999 *in* LTIC, 2003) et s'étendant d'avril à septembre (LTIC, 2003) avec une production individuelle moyenne qui se situe entre 90 et 150 kg de lait par an (Sleiman et al., 1984 ; Kozhaya, 1999 *in* LTIC, 2003 ; Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004) selon le système d'élevage. La prolificité des femelles est de l'ordre de 1,3 chevreaux sevrés par an (Hajj, 1999). Le sevrage intervient à 10 semaines environ et, à un an les chevreaux pèsent aux alentours de 30 kg (32 kg pour les mâles, 29 pour les femelles). Ces chiffres sont modestes relativement aux données des pays européens comme la France (Contrôle laitier de 2008) : moyennes de 781 kg par chèvre par an pour des lactations de 273 jours (Institut de l'Elevage, 2009).

Par contre, la race Chami, quand elle est sélectionnée pour le lait, est capable de produire plus de 500 kg de lait par an (Sayegh, 2001 *in* LTIC, 2003). Dans les conditions d'élevage libanais, elle ne produit pas plus de 220 kg par an. D'un autre côté, sa prolificité est plus élevée que celle de la Baladi (1,8 chevreaux sevrés par an) et la croissance des chevreaux plus rapide (Hajj, 1999).

Tableau 1. Evolution de la production laitière caprine libanaise (données du Ministère Libanais de l'Agriculture, en ligne)

Année	Production laitière (kg par chèvre par an)
2004	154
2003	152
2002	147
2001	144
2000	131

2.6. Le marché des produits caprins laitiers

La production laitière des chèvres est beaucoup plus sujette à la saisonnalité que celle des vaches ce en raison de la forte dépendance de ces élevages extensifs pour les ressources alimentaires, comme c'est le cas pour les brebis laitières (Chilliard et Bocquier, 2000). Pour cela, les périodes de reproduction sont presque toujours calées sur la pousse de l'herbe ou sur la disponibilité en sous-produits de récolte, ce qui donne une production laitière s'étalant d'avril à novembre dans les meilleures conditions (LTIC, 2003).

Schématiquement, quatre voies d'écoulement du lait s'offrent aux producteurs (Arja et al., 2001 ; LTIC, 2003 ; Kharrat, 2005) :

- satisfaction des besoins familiaux ou autoconsommation (19% selon Frem (2003) *in* LTIC (2003)) ;
- vente directe du lait à une clientèle constituée de ménages familiers ;
- vente du lait à une laiterie par l'intermédiaire d'un collecteur de lait ;
- transformation du lait en fromages fermiers et autres produits laitiers (10% selon l'enquête de Hamadeh et al. en 1996) et écoulement soit en vente directe (80% des ventes), soit au commerce local (9%), soit encore à des collecteurs intermédiaires (11%) (LTIC, 2003).

En général, comparée à celles des pays du pourtour méditerranéen, la consommation des laitages au Liban est considérée comme moyenne. A noter que les produits laitiers les plus consommés par les libanais sont le Laban et le Labneh, plats liés au patrimoine libanais et le plus souvent fabriqués par la ménagère elle-même (Arja et al., 2001). En particulier, le lait des petits ruminants donne des laits fermentés (Laban) et des fromages riches en matières grasses, en onctuosité et en arômes prononcés très recherchés par le consommateur libanais (LTIC, 2003). Cependant, la production laitière libanaise ne couvre que le tiers environ de la consommation de produits laitiers du pays (LTIC, 2003). En bref, les estimations du LTIC (2003) donnent les chiffres suivants : toutes espèces confondues, les importations corrigées des exportations sont de l'ordre de 581 000 tonnes équivalent-lait par an alors que la production locale fournit 226 000 tonnes équivalent-lait, soit un volume disponible total de 807 000 tonnes, dont 28% seulement est assuré par la production locale.

3. ATOUTS ET CONTRAINTES DE L'ELEVAGE CAPRIN AU LIBAN ET DANS LA REGION D'ETUDE

3.1. L'aspect traditionnel de l'élevage et de ses produits

Le caractère familial et traditionnel qui caractérise l'élevage caprin au Liban (Arja et al., 2001) en est un de ses atouts majeurs. Etroitement lié au terroir (LTIC, 2003), cet élevage est par suite considéré comme un des piliers des traditions culturelles et économiques du pays.

De plus, les produits caprins laitiers présentent une forte attractivité pour les consommateurs et constituent un des fondements de la culture culinaire. La fabrication de la poudre de lait fermentée (Kechek) qui rentre en part importante dans les préparations culinaires joue également un rôle dans la forte demande en produits caprins laitiers (Arja et al., 2001). La vente directe des produits fermiers jouit d'une très bonne image qui attire fortement les consommateurs urbains de passage ou en vacances dans leurs villages d'origine (LTIC, 2003), ce qui a créé un marché stable en produits caprins laitiers.

3.2. La disponibilité en surfaces de parcours naturel

Le Liban est un pays relativement riche en ressources naturelles (Srour, 2006). Du fait de la faible concentration démographique de ses montagnes et de la vallée de la Békaa, il continue à disposer de larges surfaces de parcours qui font de l'élevage caprin un système d'élevage autonome et économe (LTIC, 2003). De plus, sa nature montagneuse et sa richesse naturelle en eau, notamment sur les versants du Mont Liban jusqu'aux collines de Zahlé et les plaines fertiles de la Békaa centrale, atténuent l'effet de son climat méditerranéen sec et chaud en été et permettent l'existence d'une végétation riche et fraîche dès la fin de l'hiver et jusqu'au milieu de l'été.

3.3. La race rustique locale

La chèvre « Baladi », qui représente une population plutôt qu'une race, est considérée comme un animal très rustique, qui présente de fortes capacités d'adaptation à différentes conditions d'élevage, même en milieux difficiles (Hamadeh et al., 1996 ; Srour, 2006). En revanche, la race « Chami » ou Damasquine se montre plus exigeante et est par conséquent élevée en systèmes moins extensifs (LTIC, 2003).

3.4. La faible assistance technique et le soutien gouvernemental

Le facteur humain est un élément clé dans la vitalité de l'élevage. Il constitue la base des orientations stratégiques et des conduites de l'éleveur qui influent sur tous les paramètres de l'élevage (Booth, 1996). Au Liban, le conseil agricole est très limité et les services d'appui techniques sont insuffisants (Arja et al., 2001). Depuis la fin de la guerre civile (1991), le pays

souffre du peu de support gouvernemental vis-à-vis des services de santé animale et des subsidences alimentaires (Hamadeh et al., 1996). Le Ministère de l'Agriculture n'a pas encore bien rétabli son service de vulgarisation qui compte actuellement 24 agents peu mobilisés. Dans la zone d'étude, la Chambre de Commerce, d'Industrie et d'Agriculture de Zahlé et de la Békaa (CCIAZB), l'Institut de Recherche Agricole Libanais (IRAL) et quelques organisations interviennent ponctuellement sur quelques techniques d'élevage.

3.5. Les déséquilibres alimentaires en cours de lactation

Ce secteur fait face à une sérieuse contrainte de disponibilité alimentaire. Il souffre de la pratique de l'élevage extensif et de la pauvreté des pâturages (Abi Saab et al., 1997). En effet, les terres marginales sont de plus en plus utilisées dans la production agricole et deviennent de moins en moins disponibles aux troupeaux de petits ruminants (Hamadeh et al., 2001) qui sont ainsi réduits à valoriser les zones les moins productives du pays et les plus arides (Srour, 2006).

Dans la Békaa centrale, le pâturage est divisé en deux types principaux : zones de parcours naturel et zones de résidus agricoles (Hamadeh et al., 2001 ; Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004).

En montagne, les zones de parcours consistent en ressources naturelles et font partie des 21 000 ha de forêts (LTIC, 2003). La végétation y est surtout formée par les maquis et les garrigues, caractérisés par des arbustes et buissons, typiques d'une région méditerranéenne (Osman et Cocks, 1992 ; Dumont et al., 1995 ; Perevolotsky et al., 1998 ; Aharon et al., 2007 ; Rogosic et al., 2008), avec une strate herbacée qui consiste en espèces de graminées et de légumineuses (Hamadeh et al., 1996). Avec la diminution des surfaces agricoles utilisables par les petits ruminants, ces parcours sont devenus la source principale d'alimentation pour les troupeaux en système extensif (Srour, 2006). Cependant, ces pâturages naturels peuvent rarement subvenir aux besoins du bétail durant toute l'année et sont principalement exploités durant la fin de l'hiver et au printemps (Cooper et Bailey, 1990). Ceci est dû à la faible pluviométrie caractérisant la région, et par la suite, à la pauvreté en fourrages naturels durant les saisons sèches (Cabiddu et al., 1999). Dans ces conditions, les animaux subissent en fin de lactation des déséquilibres alimentaires qui entraînent une baisse marquée de la production laitière et un lait pauvre en matières grasses et azotées (Branca et Casu, 1989 ; Morales et al., 2000).

En plaine, très peu de surfaces sont consacrées aux prairies cultivées. Ce sont plutôt des contrats de glanage qui sont établis avec les cultivateurs pour l'utilisation de leurs parcelles après récolte des céréales ou des légumes (LTIC, 2003). Ces résidus de productions végétales sont les sources alimentaires les plus utilisées en plaine durant l'été en région méditerranéenne (Preston, 1995 ; Landau et al., 2000). Alors que les résidus de légumineuses et de crucifères sont assez riches

en MAT (respectivement 13,3 % et 16,9 % de la MS (Kharrat, 2004)) les résidus de céréales sont par contre très pauvres (5,7 % de la MS (Kharrat, 2004)). Même ces surfaces de résidus agricoles et par la suite les fourrages constitués de sous-produits agricoles ont diminué. Avec ces diminutions, c'est autant de disponibilités fourragères qui font défaut à l'élevage (LTIC, 2003 ; Srour, 2006).

De ce qui précède, il ressort que le faible encadrement de la production caprine laitière a induit l'apparition de sérieux problèmes au sein du troupeau et de la filière :

- Des performances physiologiques limitées par un faible taux de reproduction et des états corporels toujours faibles ;

- De faibles résultats technico-économiques résultant d'une production de lait limitée en termes de durée de la lactation et de rendement laitier et d'une qualité peu contrôlée entravant les processus de commercialisation ;

- Une situation socio-économique fragile du fait du revenu de la quasi totalité des éleveurs basé sur un élevage extensif et donc aléatoire. De plus, les éleveurs sont très dépendants vis-à-vis des propriétaires fonciers et des communautés publiques pour l'alimentation de leurs troupeaux, que ce soit sur parcours naturel ou sur parcours agricole ;

- Un problème environnemental, du fait du surpâturage des zones boisées sur parcours naturel, contribuant ainsi à la déforestation et à la dégradation des sols (Hajj, 1999). L'impact négatif des petits ruminants sur l'environnement, couplé avec la faible productivité des races locales, met en cause la durabilité du secteur (Srour, 2006).

CHAPITRE III. LA CONCEPTION DE L'ETUDE

1. OBJECTIFS DE LA THESE

D'après ce qui précède, émerge l'importance de proposer des innovations dans les conduites alimentaires traditionnelles, considérant la race locale dans son milieu d'élevage, et dont les objectifs finalisés seraient de répondre :

- aux enjeux zootechniques, en améliorant la production laitière tout en maintenant un bon état corporel permettant aux animaux de survivre et de se reproduire correctement ;
- aux enjeux socio-économiques en améliorant les revenus des éleveurs ;
- aux enjeux environnementaux en limitant le surpâturage.

Ces conduites doivent s'appuyer, non seulement sur les conditions de l'élevage, en minimisant les intrants, mais également sur les caractéristiques physiologiques de l'animal et ses capacités de régulation et d'adaptation à ces conditions.

Les liens de causalité liant les différents facteurs entrant en jeu dans la détermination de la meilleure conduite au sein d'un système d'élevage sont très complexes. Pour ceci, les objectifs scientifiques de cette thèse ont été de cerner le facteur alimentaire, en neutralisant les effets des autres facteurs (génétique, sanitaire…), sachant que l'alimentation est considérée comme un facteur limitant de l'élevage de la Baladi dans un contexte qui tend à devenir de plus en plus contraignant. Par la suite, partant des conduites traditionnelles, nous avons induit des facteurs de variation alimentaire, pouvant être favorables ou défavorables. Pour cela nous avons joué sur le type de régime alimentaire, au niveau de la nature, mais aussi de la disponibilité de l'offre. Nous avons ensuite mesuré les réponses des animaux, à travers les résultats zootechniques (production laitière et état des réserves corporelles) confrontés aux résultats de l'ingestion alimentaire (quantification des prélèvements).

Cette thèse se focalisant sur les capacités adaptatives de la chèvre Baladi, nous considérons donc le milieu d'élevage comme un système de contraintes appliqué à l'animal. La réponse comportementale de chèvre face à des conduites que nous avons imposées est discutée en termes de composante de la capacité adaptative.

2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

2.1. Les sites expérimentaux

Deux sites expérimentaux ont été étudiés dans le casa de Zahlé, Békaa centrale : une zone de parcours naturel à Qâa er Rîm (Lat. 35°50'E, Long. 33°50'N), village situé sur les collines

montagneuses et une zone de parcours agricole à Taanâyel (Lat. 35°50'E, Long. 33°45'N), village situé dans la plaine (Figure 4).

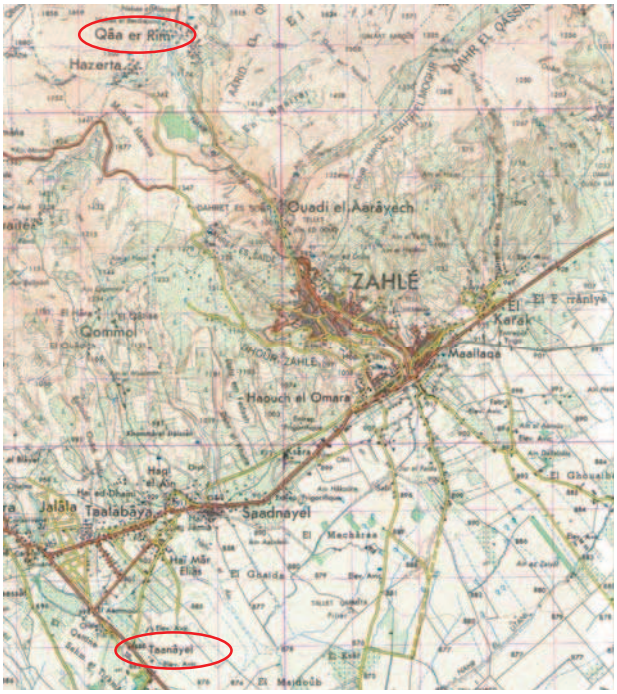


Figure 4. Emplacement des deux sites expérimentaux
(Carte du Liban – Zahlé, 1963)

Le premier site consiste en une ferme traditionnelle localisée sur une zone montagneuse avoisinant les 1 200 m d'altitude, donc d'accès souvent difficile. Quoique soumise au climat méditerranéen subcontinental qui caractérise la région, cette zone présente des aléas climatiques liés à son aspect montagnard. Les températures estivales sont un peu plus élevées et les températures hivernales un peu plus basses que la moyenne du pays. D'un autre côté, la pluviométrie y est assez importante du fait de sa situation sur le versant Est du Mont Liban d'où arrivent les pluies hivernales et du fait des chutes plus importantes de température en hiver entraînant une nébulosité importante.

Du fait de sa nature géomorphologique et de ses caractéristiques climatiques, cette zone se caractérise par une végétation typique d'une zone méditerranéenne semi-aride d'altitude. Cette végétation consiste surtout en maquis et garrigues répartis en strates de consistance irrégulière.

Sur ce site, comme le font traditionnellement les éleveurs de la région, les chèvres sont conduites en système extensif basé essentiellement sur le gardiennage, le choix du parcours étant effectué par le chevrier et sur les ressources alimentaires naturelles offertes par les parcours avoisinant la ferme. Dès le début de la belle saison (vers la fin mars) et jusqu'au début de la saison des pluies froides (début novembre), le chevrier emmène ses chèvres pâturer sur de larges surfaces de parcours sur les versants de la région, en empruntant des itinéraires différents tous les trois à

quatre jours. Durant les premier et dernier mois de pâturage sur parcours (après mise bas et durant la gestation), les chèvres sont complémentées avec de petites quantités de graines et de paille d'orge.

Le second site consiste en une ferme expérimentale conçue pour les objectifs scientifiques de ce travail dans l'enceinte des Etablissements Agricoles de Taanâyel (domaine du Couvent des Pères Jésuites). Le site consiste en une zone de plaine d'environ 870 m d'altitude. Cette zone est située en plein cœur de la Békaa et est par fortement marquée par une activité agricole intense sur de larges surfaces d'accès facile. Le climat de la région est typique de celui du climat méditerranéen subcontinental de la Békaa.

La flore de cette zone consiste principalement en cultures et résidus agricoles (qui seront décrits plus loin), associés aux adventices herbacées présentes dans certaines parcelles, sur les bordures des parcelles et les sentiers du domaine, végétation assez dense du fait de l'irrigation adoptée dans les terrains agricoles.

Ce site représente la conduite traditionnelle chez les éleveurs semi-nomades de la région, où les chèvres sont menées sur les terrains agricoles pour pâturer sur les résidus et quelques cultures fourragères.

2.2. Le troupeau expérimental

Le troupeau expérimental a consisté en 48 chèvres laitières Baladi, faisant partie d'une soixantaine de chèvres acquises pour ce travail sur de grands troupeaux de montagne. Les choix ont été aléatoires, mais deux critères ont été rigoureusement respectés au moment de l'acquisition : le rang de lactation (entre le deuxième et le troisième rang de lactation) et la date de mise bas (4 mars ± 8 jours en 2006), les chèvres se reproduisant toutes vers la mi-septembre au moment du lâcher du bouc dans le troupeau, ce qui est une technique traditionnellement adoptée par les éleveurs de la région).

Ensuite, ces chèvres ont été divisées en deux lots selon leur état corporel (maigres/grasses) estimé selon une échelle de notation caudale (Hervieu et al., 1995), les chèvres maigres ayant une note inférieure à 3,5 points et les chèvres grasses une note supérieure ou égale à 3,5 points, sachant que nous ne connaissions pas l'origine de ces différences d'état corporel au moment de l'acquisition, alors qu'au début de l'expérimentation suivante, ces différences ont été induites par des variations du niveau alimentaire à l'auge dès la mise bas.

Sur ce troupeau expérimental, deux expérimentations ont été mises en place sur deux cycles successifs de la lactation de ces chèvres : une première (2006) induisant une variation alimentaire en fin de lactation et une deuxième (2007) induisant la variation en milieu de lactation.

Durant la première expérimentation, nous avons réparti les mesures sur trois périodes distinctes. En début de lactation, les 48 chèvres ont été mises sur parcours naturel, constitué de maquis et de garrigues (PN1 à PN4), mélangées avec les 150 chèvres laitières de la ferme de Qâa er Rîm, sur une durée d'environ deux mois (Avril et Mai, mais les productions laitières à la traite n'ont été mesurées que sur les 42 derniers jours).

Ensuite, en milieu de lactation, elles ont été transférées sur parcours agricole, constitués de fétuque élevée, de luzerne cultivée et de résidus d'orge (PA1) puis de luzerne cultivée et de résidus de pois chiche et de blé dur (PA2), à la ferme expérimentale des Etablissements Agricoles de Taanâyel, pendant environ deux mois (56 jours en Juin et Juillet).

En fin de lactation, la moitié du troupeau (soit 24 chèvres) a été enfermée pour une alimentation à l'auge (RT) à base de foin de luzerne, d'ensilage de maïs et de paille de blé broyée, supplémentés de concentrés de commerce à base de grains de maïs (43%), d'orge (33%) et de gros son de blé (16%) (la proportion finale de concentrés dans la ration a été de 35%), alors que l'autre moitié a continué de paître sur parcours agricole, constitué de résidus de pomme de terre et de laitue (PA3) puis de luzerne cultivée et de résidus de laitue (PA4), et ce pendant une durée de deux mois (61 jours en Août et Septembre). Une première ration théorique distribuée à l'auge repose sur les données de l'INRA (1988) concernant les besoins alimentaires des chèvres et les valeurs nutritives des différents aliments. Après trois semaines d'ajustement aux préférences alimentaires des chèvres et à leur capacité d'ingestion réelle, la ration finale a été fixée. Les quantités quotidiennes et les apports correspondants de cette ration par chèvre sont présentés dans le tableau 2. Cette ration a été distribuée en trois apports quotidiens, le matin, à midi et le soir, le foin de luzerne étant fourni à part dans une cage fixée et les autres composants de la ration étant fournis à l'auge.

Tableau 2. Apports alimentaires théoriques quotidiens de la ration fixée par chèvre

Aliments	MS (g)	UEL	UFL	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)
Foin de luzerne	1240	1,28	0,83	141	117	16,1	3,1
Paille de blé	280	0,41	0,12	6	12	0,6	0,3
Ensilage de maïs	300	0,34	0,27	16	20	1,0	0,8
Total fourrages	**1820**	**2,02**	**1,22**	**163**	**149**	**17,7**	**4,2**
Maïs (43 %)	430	-	0,55	35	52	0,1	1,5
Orge (33 %)	330	-	0,38	26	34	0,2	1,3
Son gros de blé (16 %)	160	-	0,13	17	14	0,3	2,2
Compléments	80	-	-	-	-	-	-
Total concentrés	**1000**	**0,48**	**1,06**	**78**	**100**	**0,6**	**5,0**
Total ration	**2820**	**2,50**	**2,28**	***241***	**249**	**18,4**	**9,2**

La deuxième expérimentation a aussi été découpée en trois périodes distinctes. En début de lactation (Avril et Mai), les mêmes 48 chèvres ont pâturé sur parcours naturel de plaine (PN) (bordures des parcelles cultivées, terrains en jachère, bois et clairières...etc.).

Ensuite, en milieu de lactation (Juin et Juillet), le pâturage a été différencié en deux types selon la valeur alimentaire du parcours agricole : parcours agricole de haute valeur alimentaire pour la moitié du troupeau (parcelles de luzerne et de fétuque (PH1) ou parcelles de luzerne et de sorgho commun (PH2)) et parcours de basse valeur alimentaire pour l'autre moitié (résidus de prairie mixte de vesce et orge après coupe et fétuque (PB1) ou résidus d'orge récolté (PB2)).

En fin de lactation (Août et Septembre), toutes les chèvres ont été transférées sur parcours agricole mixte (PA) (luzerne cultivée, fétuque élevée et résidus d'orge).

2.3. Le plan expérimental

Les périodes et régimes alimentaires ont été codés comme détaillé dans le tableau 3.

Tableau 3. Plan expérimental des deux campagnes

Période expérimentale		**Facteurs expérimentaux : animaux**	**Code**	**Sous-facteurs expérimentaux : régimes**	**Code**
2006	Période 1 : Parcours naturel de montagne (début de lactation : j_{60} à j_{102} de la lactation)	Etat corporel : Maigres Grasses	 M-PN G-PN	Nature du parcours : Parcours 1 Parcours 2 Parcours 3 Parcours 4	 PN1 PN2 PN3 PN4
	Période 2 : Parcours agricole (milieu de lactation : j_{102} à j_{158} de la lactation)	Etat corporel : Maigres Grasses	 M-PA G-PA	Nature du parcours : Parcours 1 Parcours 2	 PA1 PA2
	Période 3 : Parcours agricole et alimentation à l'auge (fin de lactation : j_{158} à j_{212} de la lactation)	Etat corporel et régime : Maigres, parcours Grasses, parcours Maigres, ration Grasses, ration	 M-PP G-PP M-PR G-PR	Nature du parcours : Parcours 3 Parcours 4	 PA3 PA4
2007	Période 1 : Parcours naturel de plaine (début de lactation : j_{61} à j_{105} de la lactation)	Etat corporel : Maigres Grasses	 M-PN G-PN		
	Période 2 : Parcours agricole de fourrages et résidus agricoles (milieu de lactation : j_{105} à j_{150} de la lactation)	Etat corporel et régime : Maigres, parcours basse valeur Grasses, parcours basse valeur Maigres, parcours haute valeur Grasses, parcours haute valeur	 M-PB G-PB M-PH G-PH	Nature du parcours : Parcours basse valeur 1 Parcours haute valeur 1 Parcours basse valeur 2 Parcours haute valeur 2	 PB1 PH1 PB2 PH2
	Période 3 : parcours agricole mixte (fin de lactation : j_{150} à j_{213} de la lactation)	Etat corporel : Maigres Grasses	 M-PA G-PA		

CHAPITRE IV. EXPRESSION DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DE LA CHEVRE BALADI SUR PARCOURS ET A L'AUGE

1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Les besoins alimentaires

Conduire l'alimentation d'un troupeau caprin laitier consiste à fournir des éléments nutritionnels en vue de satisfaire des besoins essentiels pour des performances satisfaisantes. Il s'agit donc de fournir de l'énergie, de l'azote et des fibres, de l'eau, des minéraux, des oligo-éléments et des vitamines pour satisfaire les différentes fonctions biologiques qui concourent à la production : l'entretien, la constitution des stocks d'énergie corporelle, la croissance d'un ou de deux fœtus et enfin la production laitière (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Jarrige, 1988). Dans les systèmes pastoraux, les dépenses dues aux déplacements, aux conditions climatiques…etc. sont importants (Morand-Fehr et Sauvant, 1988) : 20 à 30% de dépenses énergétiques supplémentaires, qui peuvent être jusqu'à 10 fois plus importants pour les déplacements verticaux que pour les déplacements horizontaux (Lachica et Aguilera, 2003 ; 2005).

Les besoins en énergie nette (EN) de la chèvre laitière sont de l'ordre de 77 kcal / kg $PV^{0,75}$ pour l'entretien et de 710 kcal / kg de lait (4% matières grasses) pour la lactation en moyenne. En milieu de lactation, le gain d'un kg de PV nécessite 8 250 kcal EN lait (Sauvant et Morand-Fehr, 1991). Ces besoins sont satisfaits par la transformation des fibres des fourrages grossiers en acides gras volatils (AGV) et par apport dans la ration de constituants énergétiques (les glucides et dans une moindre mesure les lipides) (Jarrige, 1988) mais aussi en partie par la mobilisation des réserves lipidiques corporelles en début de lactation, soit près de 6 260 kg EN lait / kg de PV (Sauvant et Morand-Fehr, 1991). Ils sont exprimés en Unité Fourragère Lait (UFL) pour les chèvres laitières, la valeur d'une UFL étant de 1 700 kcal d'énergie nette pour la lactation (Vermorel, 1988).

Les besoins en protéines sont quant à eux estimés d'après plusieurs auteurs reportés par Brun-Bellut et al. (1991) aux alentours de 1,9 et 3,7 g MAD / kg $PV^{0,75}$ pour l'entretien, avec une efficacité d'utilisation des protéines absorbées pour la production des protéines de lait de 0,7 en moyenne. Ces besoins sont satisfaits soit par l'apport de protéines alimentaires, soit de constituants azotés transformés en protéines par la flore microbienne du rumen, exprimés en protéines digestibles dans l'intestin (PDI = PDIA + PDIM) (Vérité et Peyraud, 1988 ; Chesworth, 1996).

En ce qui concerne l'alimentation minérale des chèvres laitières, il faut savoir que 23 minéraux majeurs (P, Ca, Na, Mg…) et mineurs ou oligo-éléments (Cu, Zn, Se, Co…) leur sont essentiels, dont les carences provoquent des désordres métaboliques qui ne peuvent être corrigés que par des complémentations avec l'élément déficitaire (Kessler, 1991). D'autre part, certaines vitamines, telles que les vitamines du groupe B, sont synthétisées par les microorganismes du rumen alors que la vitamine D est formée lors de l'irradiation du corps de l'animal par les rayons solaires (Wolter, 1988 ; Kessler, 1991). Les vitamines A, C et E, doivent être fournies dans la ration,

notamment par les fourrages verts (Wolter, 1988 ; Pensuet et Toussaint, 1995). Les informations sur les requis minéraux et vitaminiques des chèvres laitières restent limitées et ont été reportés par quelques auteurs en termes d'apports journaliers par animal (Gueguen et al., 1988 ; Kessler, 1991 ; Meschy, 2002).

En moyenne, la consommation de matière sèche de la chèvre se situe entre 40 et 180 g MS / kg $PV^{0,75}$ par jour (Sauvant et al., 1991_b). Cependant, la consommation journalière peut varier en fonction de plusieurs facteurs. Elle varie d'abord selon le stade physiologique. Ainsi, en fin de gestation, le volume occupé par les chevreaux réduit l'espace laissé aux organes digestifs diminuant ainsi la capacité d'ingestion (CI) de près de 9,5 g MS / kg $PV^{0,75}$ par mois. Par contre, au pic de lactation, la CI est maximale (Jarrige, 1988_a ; Sauvant et al., 1991_b ; Hadjipanayiotou et Morand-Fehr, 1991). La CI s'accroît avec les performances de l'animal : l'ingestion augmente avec l'augmentation de la production laitière (Sauvant et al., 1991_b). De même, la CI dépend du format de l'animal : un animal de grande taille consomme davantage qu'un animal de petite taille (Jarrige, 1988_a ; Sauvant et al., 1991_b ; Chesworth, 1996 ; Dziba et al., 2003). La CI est aussi liée à son état d'adiposité : un animal gras tend à manger moins qu'un animal maigre. Ce fait étroitement est lié aux quantités de leptine libérées dans le sang, et produites par le tissu gras (Ingvartsen et Boisclair, 2001 ; Chilliard et al., 2005). En effet, plus l'animal est gras, plus les quantités de leptine libérées sont importantes, moins il est stimulé à manger (Chilliard et al., 2000 ; 2005). Toutes choses étant égales par ailleurs, les consommations volontaires sont d'autant plus élevées que les aliments sont moins encombrants. L'encombrement dépend positivement de la teneur en fibres et négativement de la teneur en MAT (Corcy, 1991). Enfin, l'appétit de la chèvre est influencé par les conditions climatiques. Par temps de pluie ou de fortes chaleurs, la consommation diminue (Jarrige, 1988_a ; Masson et al., 1991 ; Chesworth, 1996).

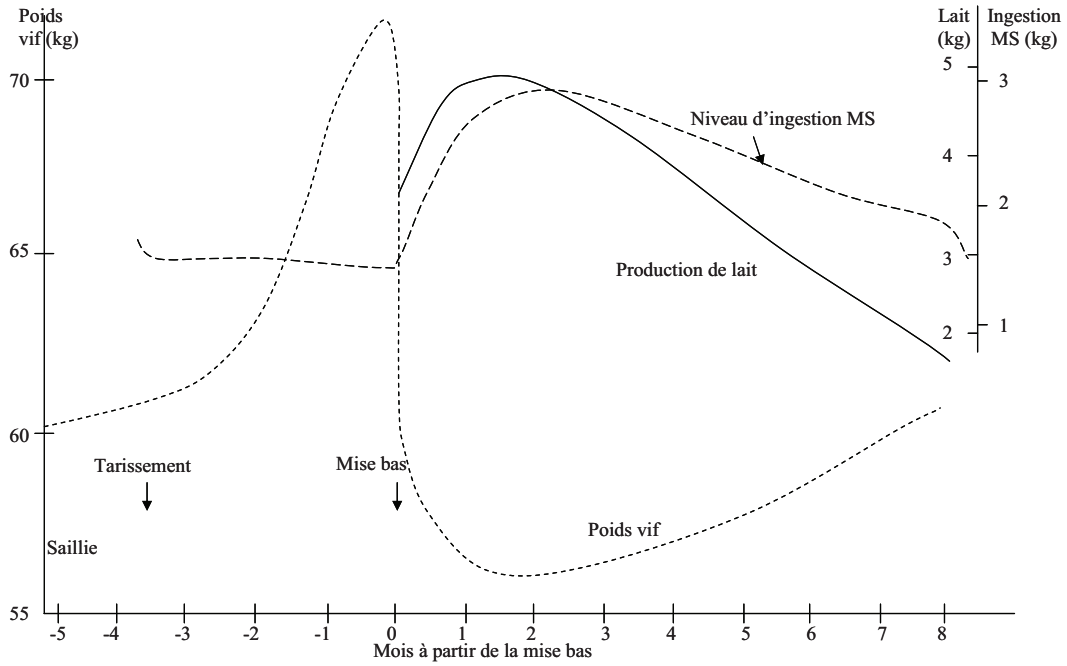


Figure 5. Evolution des besoins alimentaires au cours du cycle de production (Morand-Fehr et Sauvant, 1988)

1.2. Les aliments

Les aliments grossiers, riches en cellulose, sont nécessaires au bon fonctionnement du rumen (Demarquilly et Andrieu, 1988 ; Journet, 1988). Ils doivent couvrir, au minimum, les besoins d'entretien. Ils regroupent les fourrages verts (spontanés, sur parcours naturel ou cultivés, sur parcours agricole ou prairie), les fourrages secs (foins, pailles et fourrages déshydratés) et les ensilages (Demarquilly et Andrieu, 1988).

Les aliments concentrés, aliments non fibreux, sont très énergétiques, comme les céréales et les oléagineuses (>1 UFL par kg). Certains aliments concentrés possèdent en outre une valeur azotée importante, comme les protéagineux et les tourteaux. Leur utilisation en complément du fourrage de base permet donc d'équilibrer la ration (Sauvant et Michalet-Doreau, 1988).

Enfin, les racines et tubercules sont aussi des aliments couramment utilisés pour les caprins qui les consomment très bien (Quittet, 1977 ; Demarquilly et Andrieu, 1988 ; Pensuet et Toussaint, 1995). Riches en eau (Demarquilly et Andrieu, 1988) et très énergétiques (Quittet, 1977 ; Demarquilly et Andrieu, 1988), elles ont un effet bénéfique sur l'ingestion des fourrages (Focant et Gallouin, 1980).

Vu que la chèvre est un ruminant, l'éleveur devra savoir profiter de la possibilité de limiter les apports de protéines de haute valeur biologique et d'utiliser efficacement l'azote et des fibres végétales en faisant consommer à ses chèvres des fourrages, moins coûteux que les aliments concentrés (Pensuet et Toussaint, 1995). Toutefois, ceci n'est plus possible lorsque le niveau de la production s'élève, les besoins en énergie (UFL) (Vermorel, 1988) et en protéines d'origine

alimentaire (PDIA) augmentant avec le niveau de la production (Vérité et Peyraud, 1988 ; AFRC, 1992 *in* Hadjipanayiotou, 1995,).

1.3. La conduite alimentaire

La conduite alimentaire des chèvres peut reposer sur deux systèmes extrêmes, en allant du parcours exclusif à la ration complète (Corcy, 1991), selon le système d'élevage.

1.3.1. Le pâturage

De toutes les méthodes permettant l'exploitation des surfaces fourragères, le pâturage est, de loin, la plus répandue (Quittet, 1977). Le pastoralisme, qui est « l'action d'élever des animaux en mettant à profit la fertilité naturelle du sol sur de grandes surfaces » (Petit Robert, 1981 *in* Balent et Gibon, 1987), ou plus simplement « le prélèvement de la végétation d'une surface de parcours par un animal » (Smith, 1987), suppose une relation étroite entre la société locale, le territoire qu'elle gère et l'ensemble des troupeaux valorisant ces territoires (Balent et Gibon, 1987).

1.3.1.1. Le pâturage sur parcours naturel

Les systèmes d'élevages caprins des régions méditerranéennes sont pour la plupart traditionnellement extensifs et se basent essentiellement sur les ressources alimentaires naturelles (Narjisse et al., 1991 ; Pensuet et Toussaint, 1995 ; Cabiddu et al., 1999 ; Ben Salem et al., 2004), le chevrier ayant souvent l'opportunité d'exploiter quasi gratuitement les vastes surfaces de « parcours naturels ». De plus, certaines races sont bien adaptées au système d'alimentation extensif. Essentiellement rustiques, elles présentent de bonnes aptitudes à utiliser les parcours difficiles de la zone méditerranéenne (Meuret, 2010), permettant de valoriser les bois et friches non utilisables par d'autres animaux d'élevage ou pour l'agriculture (Chesworth, 1996) donc de tirer profit des ressources fourragères locales (Meuret et Agreil, 2007) et les prairies naturelles offrant au printemps de l'herbe jeune, peu lignifiée et riche en matières azotées (Jarrige, 1988_b). D'un autre côté, une utilisation raisonnée des parcours naturels présente un certain avantage sur le plan environnemental à deux niveaux :

- la maîtrise des repousses de certaines espèces non fourragères (Roux et al., 1987) par les chèvres « débroussailleuses » qui assainissent ainsi la végétation menacée par les incendies fréquents dans ces régions (Etienne et al., 1995 ; Meuret et Agreil, 2007 ; Meuret, 2010) ;
- la dispersion des déjections animales favorisant l'amélioration de la productivité de la strate herbacée (Roux et al., 1987).

Les caractéristiques de ce type de pâturage sont :

- Une disponibilité alimentaire fluctuante : en milieu méditerranéen, les parcours présentent une saisonnalité marquée où l'offre alimentaire fluctue fortement selon la période de l'année (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Narjisse et al., 1991). Maximale au printemps, elle décroît rapidement en été du fait de la faible pluviométrie caractérisant la région. Cette sécheresse estivale réduit la croissance en vert des plantes (Cabiddu et al., 1999). Or, lorsque la plante vieillit, ses parois se lignifient et s'enrichissent en fibres et en cellulose (Chesworth, 1996 ; Grenet, 1997), en même temps que son état de déshydratation s'accompagne d'une diminution de la teneur en MAT (Chesworth, 1996 ; Ben Salem et al., 2004). D'un autre côté, dans ces régions, les maquis et les garrigues sont les végétations dominantes. Elles consistent en grande partie en plantes peu nutritives (Ammar et al., 2004 ; Ben Salem et al., 2004), riches en MS et pauvres en énergie et pour certaines en MAT (Abi Saab et al., 1998 ; Kharrat, 2004), avec une moyenne allant de 7 à 11% de la MS (Boubaker et al., 2004), et peu digestibles (Grenet, 1997). Globalement, les parties consommées par les chèvres sur parcours sont riches en MS (en moyenne autour de 45%) (Abi Saab et al., 1998 ; Kharrat, 2004), avec une valeur énergétique moyenne proche de celle d'un foin de qualité médiocre : 0,45 à 0,60 UFL par kg de MS et une grande hétérogénéité des valeurs azotées (Morand-Fehr et Sauvant, 1988) : en moyenne autour de 10% de la MS (Abi Saab et al., 1998 ; Kharrat, 2004). Cependant, il existe parmi cette flore plusieurs espèces de broussailles dont la valeur nutritive est comparable à celle d'une bonne herbe de prairie (Meuret et Agreil, 2007).

- Des risques d'intoxication alimentaire : cette conduite présente en outre un risque d'empoisonnement des animaux par différentes plantes en zones de parcours (plantes vénéneuses comme la grande ciguë ou plantes irritantes comme les orties par exemple).

- Une exigence en temps et en labeur : permis uniquement par le gardiennage, ce type de pâturage présente de grandes exigences en main-d'œuvre et en temps de labeur : il faut compter au moins de quatre à six heures de pâturage par jour (Quittet, 1977 ; Pensuet et Toussaint, 1995).

- Une menace pour l'équilibre écologique : anciennement, la mauvaise réputation de la chèvre lui a valu la répulsion des écologues et des forestiers qui ont rejeté sur elle le blâme des déforestations et de la désertification dans certaines parties du monde (Morand-Fehr, 2005). Il est vrai que le surpâturage, lié à une utilisation fréquente du parcours en question par un grand nombre de chèvres est souvent à l'origine de ces problèmes environnementaux (Smith, 1987 ; Srour, 2006). Cependant, une gestion correcte du pâturage, prenant en considération la biomasse présente, la pression animale et la saison, est en mesure de remédier à cette situation et au contraire d'avoir un effet favorable sur le contrôle de la flore ligneuse de ces zones.

1.3.1.2. Le pâturage sur parcours agricole

Le parcours agricole consiste soit en prairies cultivées (plantes fourragères : graminées et légumineuses) soit en résidus agricoles (résidus de cultures céréalières ou légumières).

Les caractéristiques de ce pâturage sont :

- Une valeur nutritive plus équilibrée et plus contrôlée : Dans l'ensemble, les plantes de prairies ont une bonne valeur nutritive lorsqu'elles sont jeunes, puis elles deviennent de plus en plus cellulosiques et s'appauvrissent en matières azotées au fur et à mesure qu'elles vieillissent (Demarquilly et Andrieu, 1988 ; Pensuet et Toussaint, 1995 ; Chesworth, 1996 ; Grenet, 1997 ; Meuret, 1997 ; Ben Salem et al., 2004). Les cultures légumineuses (luzerne et trèfle) se montrent plus riches en matières azotées (Pensuet et Toussaint, 1995) et leurs feuilles et tiges plus dégradables (Grenet, 1997) que les prairies de graminées. Ces pâtures ont l'avantage sur le parcours naturel d'être non seulement mieux équilibrées sur le plan nutritionnel, mais aussi d'avoir une offre alimentaire disponible sur une durée plus importante et moins fluctuante au cours de l'année. Par contre, les résidus de productions végétales, généralement riches en fibres et pauvres en protéines, ont une valeur alimentaire qui varie considérablement en fonction de la culture considérée. Les pailles de céréales, parties très fibreuses qui constituent la majeure partie de ces résidus (Ben Salem et al., 2004 ; Landau et al., 2006) sont déficitaires en énergie et en MAT (de 2 à 5% de la MS) (Jarrige, 1988_b ; Ben Salem et al., 2004). Les résidus de protéagineuses par contre ont de bonnes valeurs nutritives (MS entre 23 et 27% ; MAT entre 12 et 17% de la MS) et les crucifères encore plus (MS entre 10 et 13% ; MAT entre 16 et 17% de la MS) (Kharrat, 2004). D'autres résidus comme les tubercules de pomme de terre ou de laitues sont généralement moins bien équilibrés (Kharrat, 2004). Toujours est-il que quelque soit la nature du parcours agricole, du fait de la faible hétérogénéité botanique qui le caractérise, la valeur alimentaire reste en partie contrôlable par le chevrier.

- Des risques d'intoxication alimentaire : le risque d'empoisonnement est surtout occasionné par les produits chimiques utilisés en agriculture comme les pesticides et herbicides.

- Une moindre exigence en temps et en labeur : ce type de pâturage ne nécessite pas forcément une main-d'œuvre importante. En effet, à part le gardiennage traditionnel, le labeur dans ce cas étant toujours moins important que sur parcours naturel, il existe deux autres conceptions du pâturage sur prairies ou sur parcelles agricoles, impossibles sur parcours naturel : le pâturage par grandes parcelles closes (Smith, 1987) et le pâturage rationné ou « tournant » (Smith, 1987 ; Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Pensuet et Toussaint, 1995).

- Une moindre menace pour l'équilibre écologique : la biomasse sur parcours agricole est essentiellement constituée de cultures fourragères ou de résidus agricoles dont la finalité est d'être

consommée par les animaux ou enfouie. Par la suite, l'unique menace du passage des troupeaux de ruminants réside dans le tassement des sols agricoles.

1.3.2. La ration à l'auge

C'est la méthode qui consiste à laisser les animaux en permanence à la chèvrerie et à leur distribuer à l'auge la ration nécessaire (Smith, 1987). Les avantages de cette méthode résident, entre autres, dans la réduction des pertes de fourrages, l'élimination des frais de gardiennage et de clôtures (Quittet, 1977) et la réduction du surpâturage. Cependant, elle nécessite un équipement important et des coûts alimentaires élevés (Hadjipanayiotou et Morand-Fehr, 1991) sans oublier le bien être animal parfois compromis pour des animaux habitués à être conduits sur parcours.

A l'auge, composer une ration consiste d'abord à réaliser la meilleure adéquation possible entre les apports et les besoins déterminés selon le stade physiologique, le poids vif et le potentiel laitier de l'animal (Journet, 1988 ; Hadjipanayiotou et Morand-Fehr, 1991). La ration doit de même s'adapter à son comportement sélectif et ses caractéristiques digestives. Il faut aussi prendre en considération le facteur de disponibilité de l'aliment (système fourrager de la ferme et type d'élevage) et son coût pour assurer son accessibilité aux éleveurs. Des tables de référence permettent de déterminer une ration alimentaire adaptée au troupeau considéré, les tables de l'INRA étant l'exemple le plus représentatif (INRA, 1988).

1.4. Le comportement alimentaire

Le comportement alimentaire est défini d'après Le Magnen (1952) comme étant « l'ensemble des actes de l'animal par lesquels il ingère des aliments propres à satisfaire ses besoins organiques et refuse les substances non alimentaires ou toxiques » (Focant et Gallouin, 1980 ; Gallouin et Focant, 1980). Le ruminant agit selon son appétit ou son état de satiété (Focant et Gallouin, 1980 ; Gallouin et Focant, 1980 ; Chesworth, 1996 ; Baumont et al., 2000), suivant un mécanisme complexe faisant intervenir les systèmes digestif, nerveux et hormonal (Focant et Gallouin, 1980). Ce mécanisme peut agir à court terme en contrôlant l'alimentation selon les régulations homéostatiques de l'organisme et à long terme incluant les effets de l'état des réserves corporelles (Faverdin et al., 1995 *in* Baumont et al., 2000). Le comportement alimentaire journalier fait partie de l'action à court terme de cette régulation.

Le ruminant en liberté choisit ses aliments (Focant et Gallouin, 1980 ; Smith, 1987 ; Chesworth, 1996), en refuse d'autres ou montre simplement de l'indifférence (Focant et Gallouin, 1980), selon l'espèce végétale (Smith, 1987). Au-delà de la sélection entre espèces, cette préférence alimentaire peut se manifester au sein d'une même plante et porter sur ses différentes parties (tiges, feuilles, racines…etc.) (Smith, 1987 ; Chesworth, 1996 ; Meuret, 1997 ; 2010). Les caractéristiques

de l'aliment (facilité d'ingestion, valeurs nutritives, composés secondaires) qui provoquent la réaction des sens de l'animal sont regroupées sous le terme de palatabilité (ou appétibilité). Elle peut être évaluée par ***la prise alimentaire sélective***, ***la vitesse d'ingestion*** au début du repas et par ***la quantité ingérée*** qui toutefois est délicate à interpréter car elle intègre en partie les effets post-ingestifs (Baumont, 1996 ; Baumont et al., 2000). Ces derniers, liés à la composition des plantes ingérées et au statut nutritionnel de l'organisme, dictent par la suite la sélection spécifique des animaux, qui refusent les aliments contenant des substances toxiques ou indésirables pour leur métabolisme ou leur physiologie, comme les plantes riches en tanins (Narjisse, 1991) et en sélectionnant ceux qui sont les plus utiles à leur métabolisme et élaborant ainsi un régime de meilleure valeur nutritionnelle que celui qui leur est globalement offert (Baumont et al., 2000 ; Blanc et al., 2004). Ces capacités de « rétrocontrôle » construisent ainsi « l'expérience alimentaire » de l'animal, notamment sur parcours diversifié (Provenza, 1995 *in* Baumont et al., 2000 ; Provenza et Papachristou, 2009).

La chèvre en particulier est un animal qui trie sa nourriture (Decandia et al., 2004), pour des raisons hédoniques (Narjisse, 1991 ; Baumont et al., 2000 ; Morand-Fehr, 2005) et nutritionnelles (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Narjisse, 1991 ; Baumont et al., 2000). Ainsi, en choix libre, la chèvre est capable de sélectionner les aliments les plus riches en terme de valeur nutritive (Dziba et al., 2003), en fonction de ses besoins énergétiques et protéiques (Fedele et al., 2002), et de refuser les aliments trop riches en tanins (Narjisse, 1991 ; Provenza et Papachristou, 2009) ou pauvres en éléments nutritifs (Provenza et Papachristou, 2009).

1.4.1. Le comportement alimentaire sur parcours naturel

Sur parcours naturel, le comportement sélectif de la chèvre est un avantage (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Morand-Fehr, 2005). Il lui permet de tirer profit de l'hétérogénéité et de la variété des ressources (Pensuet et Toussaint, 1995 ; Meuret, 1997 ; Blanc et al., 2004). Ceci, combiné avec son aptitude à se dresser sur ses pattes arrière (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Narjisse, 1991) et son goût prononcé pour les flores arborées et arbustives, même en présence de végétation herbacée, lui permet de valoriser une végétation de strates variées (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Chesworth, 1996 ; Perevolotsky et al., 1998 ; Morales et al., 2000 ; Meuret et Agreil, 2007) tout en limitant le plus possible la variation dans la composition de l'ingéré (Baumont et al., 2000). Effectivement, une étude au Mali avait montré qu'alors que les ovins consacrent environ 34% de leur temps de pâture aux fourrages broussailleux, les caprins y consacrent 87% (Cissé, 1985). Une étude plus récente réalisée en Grèce (Yiakoulaki et al., 2009) montre que les espèces broussailleuses constituent 3,6% de la ration des moutons alors qu'elles sont majoritaires dans celle des chèvres (60%). Sans oublier ses qualités de marcheuse, même en terrains accidentés, qui lui

permettent de tirer profit de milieux difficiles (Morand-Fehr et Sauvant, 1988). Dans sa recherche continue d'aliments de haute valeur nutritive parmi l'offre végétale du parcours naturel (Cabiddu et al., 2000 *in* Decandia et al., 2004) afin de se constituer une alimentation de valeur nutritionnelle supérieure à celle qui lui est offerte en moyenne par le parcours (Roguet et al., 1998 ; Baumont et al., 2000 ; Iason et Gordon, 2000 ; Blanc et al., 2004), la chèvre ingère les espèces herbacées au printemps avant leur lignification (Narjisse, 1991 ; Meuret, 1997). Ensuite, elle se transforme de « grazer » en « browser » (Meuret, 1997) car son choix alimentaire se reporte sur les feuilles d'arbres (Dziba et al., 2003).

Sur un tel parcours, une journée de pâturage dure en moyenne 6 heures (Quittet, 1977 ; Corcy, 1991 ; Pensuet et Toussaint, 1995), durant lesquelles les animaux consacrent presque tout le temps disponible à l'opération de prise de nourriture. Le temps passé à se reposer, ruminer ou boire ne représente pas des durées importantes. En effet, la dynamique au pâturage consiste en deux activités principales : la marche et la prise de nourriture sur une station d'alimentation (Perevolotsky et al., 1998 ; Roguet et al., 1998). En général, durant l'été, les animaux concentrent leur activité alimentaire en début et en fin de journée lorsque les conditions thermiques sont favorables (Masson et al., 1991 ; Reyneri et al., 1994). Cependant au fur et à mesure que les chaleurs estivales avancent et que la disponibilité alimentaire sur parcours se réduit, la journée de pâturage est allongée afin d'augmenter le temps consacré à l'alimentation (Reyneri et al., 1994). Quelle que soit la saison, le temps de prise de nourriture représente 69% du temps de sortie quotidienne, les déplacements 8% et les repos 23%. La prise de nourriture est fractionnée en trois repas d'une durée de 1 à 1,5 heures séparés de périodes de déplacements ou de repos de 20 à 30 minutes (Goby et al., 1994).

Il reste difficile de connaître exactement les consommations sur parcours (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Morand-Fehr, 2005) ou même de les contrôler (Chesworth, 1996). En général, les graminées plafonnent autour de 0,4 g de MS par prise alimentaire et toutes les autres catégories de plantes permettent aux animaux de pratiquer des prises alimentaires supérieures à 0,5 g de MS. La masse importante des prises alimentaires sur parcours naturel est liée à la teneur en matière sèche parfois élevée des feuillages pouvant osciller selon les jours entre 35 et 45% (avec des extrêmes à 55%) contre généralement 15 à 25% pour l'herbe, mais aussi à la facilité d'ingestion de l'aliment (Meuret, 1997). Les quantités totales ingérées sur parcours naturel varient entre 0,57 et 1,36 kg de MS par jour (Goby et al., 1994) et aller jusqu'à 2 kg de MS par jour (Abi Saab, 2005). D'après Meuret (2003 ; 2010), la diversité de l'alimentation rencontrée sur parcours a un effet stimulateur sur l'appétit des animaux : les quantités ingérées sur parcours, avec des régimes à base de broussailles, peuvent même atteindre le double qu'à l'auge avec une ration d'herbes fraîches, à digestibilité égale des régimes. Grâce à ces niveaux d'ingestion élevés, les prélèvements effectués

sur parcours sont capables de couvrir près de ¾ des besoins énergétiques totaux d'une chèvre laitière produisant 80 g de lait corrigé / kg $PV^{0,75}$ par jour (Meuret et al., 1991). D'après Provenza et Papachristou (2009), si cette augmentation du choix dans l'offre alimentaire n'augmente pas les quantités ingérées, elle permet au moins à l'animal d'exprimer et de satisfaire ses besoins en termes de macronutriments.

1.4.2. Le comportement alimentaire sur parcours agricole

Tout comme sur parcours naturel, la chèvre trie sa nourriture (Decandia et al., 2004). Sur prairie, le pâturage libre provoque une importante quantité de refus. Cet inconvénient peut être contourné par la mise en place de clôtures autour de petits parcs (pâturage « tournant ») (Smith, 1987). Même en gardiennage, qui permet d'utiliser au mieux les ressources dispersées sur parcelles agricoles, notamment de résidus agricoles : chaumes, bordures…etc. (Quittet, 1977), le fait reste que, dans le cas d'une diversité de l'offre alimentaire, le gardien peut stimuler l'animal à manger, mais ne réussira pas à l'y contraindre (Chesworth, 1996). Cependant, sur des parcelles homogènes du point de vue composition alimentaire, ces préférences alimentaires ne peuvent pas se manifester et les chèvres sont le plus souvent contraintes de consommer ce qui est disponible.

Comme sur parcours naturel, il est difficile de connaître exactement les consommations au pâturage (Morand-Fehr et Sauvant, 1988) ou de les contrôler (Chesworth, 1996). Sur prairie, une chèvre peut ingérer jusqu'à 12 et même 14 kg de fourrages verts dans sa journée en termes de matière fraîche (Pensuet et Toussaint, 1995) ou 0,5 à 1,2 kg de MS (Morand-Fehr et Sauvant, 1988) pouvant aller jusqu'à 1,4 kg MS par jour, ou 75,7 g MS / kg $PV^{0,75}$. Cette consommation varie beaucoup selon les fourrages et entre les individus. Ainsi, les fourrages les mieux consommés sont le trèfle, la luzerne et la fétuque par rapport au ray-grass italien et le dactyle (Masson et al., 1991).

1.4.3. Le comportement alimentaire à l'auge

A l'auge l'ingestion et la digestion sont régulières et sans à-coups. La chèvre va aussi trier et gaspiller, mais moins qu'au pâturage (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Pensuet et Toussaint, 1995). Lorsqu'un fourrage en plat unique est distribué à volonté, le repas de la chèvre peut se fractionner en trois parties : une phase d'exploration où elle examine ce qui lui est offert, une phase d'ingestion pendant laquelle elle mange à sa faim et une troisième phase de sélection intense des fractions ingérées (Morand-Fehr et al., 1991_b). L'importance du tri sélectif, et donc des refus, sera fonction du type, de la quantité et de la qualité des fourrages offerts et aussi du temps dont disposent les chèvres pour les consommer (Chunleau, 1994). Ainsi, en termes de MS, l'ingestion varie de 1,5 kg (dactyle, fétuque) à 1,8 kg (ray-grass, maïs et sorgho) ou encore à 2,2 kg (légumineuses) (Corcy, 1991). Les ensilages sont toujours moins bien consommés que les fourrages (1,2 à 1,7 kg) (Quittet,

1977). Quant aux foins, leur qualité conditionne fortement leur ingestion (1 à 2 kg). Finalement, l'augmentation du taux de concentré dans la ration provoque une baisse de la consommation du fourrage (Sauvant et al., 1991_a), parfois jusqu'en dessous d'un seuil critique selon l'appétence du fourrage et la quantité de concentré fournie (au-delà de 800 g par apport).

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

L'évaluation de l'efficacité des systèmes alimentaires doit passer par une estimation de la prise alimentaire dans chacune des conduites. Par la suite, pour une saison donnée, il a fallu parvenir à établir les apports sur parcours, les besoins par rapport à un niveau de production attendu et, éventuellement, les apports complémentaires à distribuer. Cela supposait de pouvoir quantifier, quantitativement et qualitativement, les prélèvements par les animaux selon les modes de conduite adoptés.

3. MATERIEL ET METHODES

Le comportement alimentaire des chèvres a été déterminé par un suivi étroit des 48 chèvres sur parcours et à l'auge. Les animaux ont été accompagnés (pendant deux jours successifs sur chaque parcours) depuis leur sortie le matin (entre 9h et 10h) jusqu'à leur rentrée en bergerie le soir (entre 17h et 19h selon la saison). Le matériel de base pour les suivis a consisté en un altimètre, une paire de jumelles, un enregistreur audio pour noter les observations et un chronomètre.

3.1. Description botanique des parcours

La détermination de la composition botanique des parcours a été effectuée à travers une identification des strates parcourues lors de la journée de pâturage à l'aide d'un altimètre sur parcours naturel ou d'un plan des terrains donnant les distances en km sur parcours agricole. Cette mesure a permis de déterminer l'itinéraire suivi par les chèvres.

Ensuite, sur chaque strate, les espèces végétales principales ont été identifiées. En cas d'incapacité d'identification immédiate, un exemplaire de l'espèce en question était prélevé pour une identification ultérieure par référence aux flores suivantes :

- Nouvelle Flore du Liban et de la Syrie (Mouterde, 1966 ; 1970 ; 1983)
- Etude de la diversité biologique du Liban (Ministère Libanais de l'Agriculture, 1996)
- Fleurs sauvages du Liban (Nehme, 1980)
- Rôle des espèces ligneuses dans les saf du nord de la Syrie (Khatib, 1999)
- Arbres de nos forêts (Rushforth, 2003)
- INRA de Dijon, en ligne
- Plantes sauvages.com, en ligne

- Hoseito.com, en ligne

Enfin, pour chaque espèce végétale, un indice de présence rapporté à une échelle allant de 0,5 à 4 a été estimé [I=f(%)] en considérant le pourcentage (ou « fréquence centésimale ») de couverture du sol de l'espèce considérée par rapport à la flore totale selon la méthode de dénombrement de Daget et Poissonet (1972) (Tableau 4). Les espèces recensées sur chaque strate ont ensuite été réparties en types de végétation : arbres, buissons et couvert herbacé lui-même subdivisé en graminées, légumineuses, astéracées et autres (Aregheore et al., 2006 ; Saether et al., 2006), avec, pour chaque type, la moyenne des indices de présence des plantes correspondantes.

Tableau 4. Valeurs correspondant aux indices de présence des espèces végétales

0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
< 10%	10 – 20%	20 – 30%	30 – 40%	40 – 50%	50 – 60%	60 – 70%	> 70%

3.2. Préférences spécifiques et valeurs alimentaires

Les préférences alimentaires ont été relevées par observation sur le parcours des plantes choisies et ingérées par les chèvres (espèce, stade phénologique et parties végétales consommées). Cette observation, que j'ai effectuée, a été réalisée en continu au cours de la journée de pâturage (soit 6 à 10 heures par jour selon la durée de pâturage), sur les deux jours successifs d'accompagnement des animaux sur chaque parcours (soit au total 8 fois sur PN et 8 fois sur PA en 2006 et 2 fois sur PN, 4 fois sur PB, 4 fois sur PH et 2 fois sur PA en 2007). Les observations étaient enregistrées sur un enregistreur audio et les photos de plantes prises sur caméra digitale. A l'auge, ces préférences ont été déterminées par l'intermédiaire de l'observation séquentielle des refus.

Des échantillons des plantes sélectionnées ont ensuite été prélevés, prenant en considération les parties ingérées de la plante et la strate où la plante a été ingérée, et conservés dans des sacs en plastique scellés afin de limiter les pertes d'eau. Les valeurs nutritives ont ensuite été déterminées par mesure de la teneur en matière sèche (MS), matières azotées totales (MAT), constituants pariétaux (NDF) et lignocellulose (ADF). Les méthodes d'analyse figurent en annexe 1.

3.3. Dynamique alimentaire

La dynamique des activités sur parcours a été estimée au moyen de relevés effectués toutes les 15 minutes durant la journée de pâturage. Ces relevés comportent la proportion d'individus par type d'activité (déplacement, alimentation, repos) (Goby et al., 1994 ; Decandia et al., 2004 ; Saether et al., 2006). Un calcul fournit ensuite la durée de chaque activité : le résultat de chaque pointage est extrapolé selon une règle de proportionnalité qui donne la durée de l'activité entre

deux pointages en fonction de la proportion moyenne d'individus obtenue (Goby et al., 1994 ; Saether et al., 2006). A l'auge, la dynamique alimentaire a été relevée durant le premier repas de la journée (vers 8h du matin), toutes les 5 minutes.

3.4. Quantités ingérées

Les quantités ingérées individuelles (QI) ont été évaluées en utilisant la méthode des « coups de dents » (Goby et al., 1994 ; Dumont et al., 1995 ; Perevolotsky et al., 1998 ; Henley et al., 2001; Aharon et al., 2007), à travers des observations de 5 minutes de l'acte d'alimentation de 12 chèvres par parcours (6 maigres et 6 grasses), réparties tout au long de la journée de pâturage.

Pendant ces 5 minutes, le nombre de coups de dents successifs portés sur chaque espèce végétale est noté ainsi que la durée correspondante. Ensuite, un échantillon de chaque plante ingérée est prélevé pour l'estimation du poids sec unitaire du coup de dent. Pour ceci, une observation précise de la nature du coup de dent donné dans chaque espèce s'est avérée nécessaire pour simuler un nombre donné de coups de dents, par pinçage manuel, pour chaque type de plante consommée (Goby et al., 1994 ; Meuret, 1997 ; Decandia et al., 2004). Le poids sec unitaire par coup de dent pour chaque espèce est ensuite déterminé par pesée des prélèvements après passage à l'étuve :

PS par coup de dent (g) = PS total (g) / nombre de coups de dents

Les quantités ingérées ont par la suite été déterminées sur la base du poids sec unitaire par coup de dent extrapolé au nombre total de coups de dents et à la durée totale de l'alimentation sur la journée de pâturage (Goby et al., 1994; Dumont et al., 1995). A partir de ces enregistrements, la proportion de chaque plante dans la ration globale des chèvres a été calculée.

Enfin, à l'auge, les quantités totales ingérées par chèvre ont été estimées par mesure des taux de refus de chaque aliment offert (Schmidely et al., 2004 ; Fernández et al., 2005).

3.5. Analyses statistiques

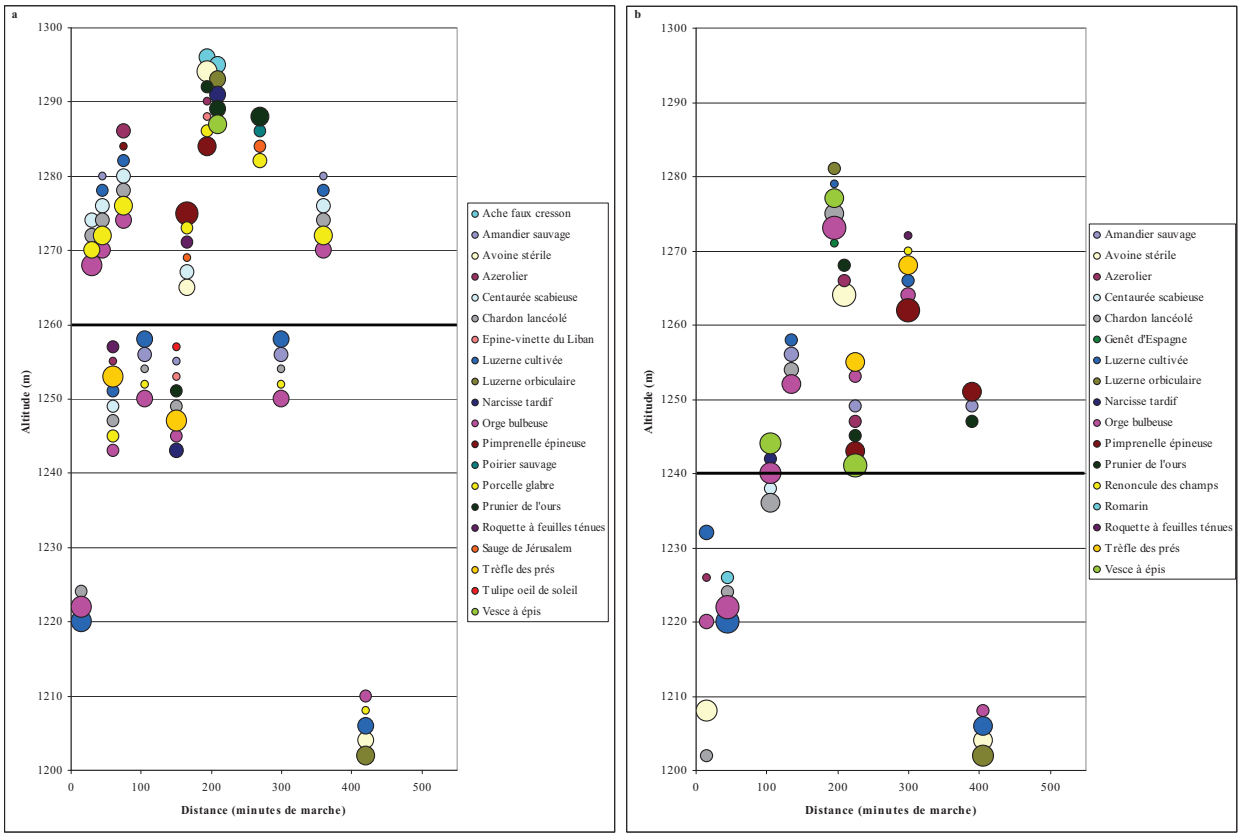
Les variables étudiées sont celles liées au comportement alimentaire (durée d'alimentation, quantités ingérées). Les analyses statistiques ont été effectuées par des tests ANOVA ou GLM à une seule variable ou à variables multiples ainsi que par des tests LSD sur les moyennes au moyen du programme statistique SPSS 10.0. Des corrélations et des modèles de régression linéaire entre variables continues ont été effectués sur Excel 2003 et sur SPSS 10.0. Les analyses en composantes principales ou ACP ont été réalisées à l'aide du programme statistique Unscrambler 7.6.

4. RESULTATS

4.1. Sur parcours naturel

4.1.1. Composition botanique du parcours

Lors de leur journée de pâturage sur zones de parcours naturel en montagne, les chèvres se sont retrouvées face à une large diversité botanique qui a varié selon le parcours et la saison (Figure 6). La taxonomie des plantes rencontrées est détaillée en annexe 2.



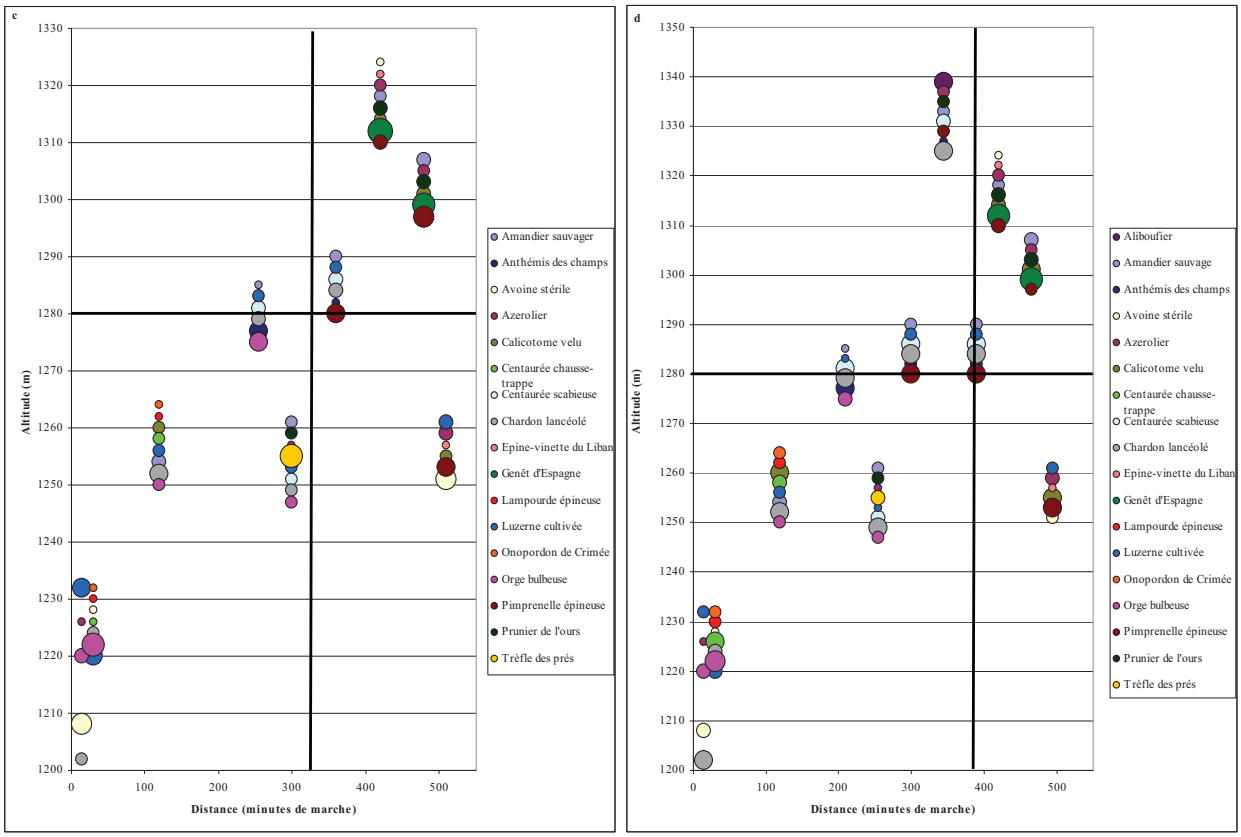


Figure 6. Composition botanique des parcours naturels PN1 (a), PN2 (b), PN3 (c) et PN4 (d)
La taille des bulles représente l'indice de présence de la plante correspondante
Chaque série de points correspond à une strate et les traits indiquent les divisions en strates semblables

Les deux premiers parcours sont différents des deux derniers qui abondent en genêt d'Espagne, calicotome, prunier de l'ours et pimprenelle sur les étages supérieurs allant jusqu'à 1330 m d'altitude, alors que les deux premiers sont plutôt riches en luzerne cultivée, orge bulbeuse et chardon lancéolé plafonnant à des étages intermédiaires (< 1300 m d'altitude). Cette différence botanique rencontrée en passant du parcours PN1 au parcours PN4 est due à deux causes principales :

- La variation des strates géographiques, donc des conditions édaphiques pour le développement des différentes espèces botaniques ;

- L'avancement de la période estivale de PN1 à PN4 (écarts respectifs de 17 jours, 14 jours et 13 jours) entraînant la dessiccation donc la disparition de certaines espèces printanières.

Ainsi, en passant de PN1 à PN4, l'indice de présence des buissons a augmenté, alors que celui des graminées et des légumineuses herbacées a diminué (Tableau 5). Cette évolution concerne moins les arbres et les astéracées qui ont été présents à des indices variables sur les quatre parcours.

Tableau 5. Indice de présence moyen de chaque type de végétation sur parcours naturel

Catégorie		**PN1**	**PN2**	**PN3**	**PN4**
Arbres		1,20± 0,21	1,08± 0,08	1,17± 0,12	1,19± 0,11
Buissons		1,25± 0,41	1,43± 0,35	1,44± 0,22	1,50± 0,18
Couvert herbacé	***Graminées***	2,00± 0,20	2,09± 0,23	1,61± 0,31	1,22± 0,21
	Légumineuses	2,00± 0,22	1,85± 0,22	1,56± 0,26	1,00± 0,12
	Astéracées	1,31± 0,12	1,42± 0,20	1,06± 0,13	1,59± 0,10
	Autres	1,28± 0,21	0,75± 0,14	0,00	0,00

Les indices montrés sont indicatifs du pourcentage relatif par rapport à la flore existante sur le parcours :
0,5 : 0-10% ; **1** : 10-20% ; **1,5** : 20-30% ; **2** : 30-40% ; **2,5** : 40-50% ; **3** : 50-60% ; **3,5** : 60-70% ; **4** : > 70%

4.1.2. Comportement alimentaire des chèvres

4.1.2.1. Préférences spécifiques et valeurs alimentaires

Lors du pâturage, les chèvres ont manifesté de nettes préférences spécifiques, se délectant de certaines plantes et en négligeant d'autres. Cette préférence n'a pas seulement concerné les plantes à valeur nutritive élevée, puisqu'elles ont consommé aussi bien des arbres et des arbustes, riches en MS et fibres et pauvres en MAT, que des graminées ou des légumineuses herbacées, ces dernières étant particulièrement riches en MAT (Tableau 6).

Tableau 6. Plantes consommées sur parcours naturels et leur composition chimique (MS, MAT % MS, ADF %MS et NDF % MS)

PN1					PN2					PN3				PN4				
Nom *(parties consommées)*	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**	**Nom *(parties consommées)***	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**	**Nom *(parties consommées)***	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**	**Nom *(parties consommées)***	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**
Amandier sauvage *(feuilles)*	29	13,9	13,3	20,8	Amandier sauvage *(feuilles)*	35	13,5	21,4	26,9	Amandier sauvage *(feuilles)*	39	13,1	33,3	40,8	Amandier sauvage *(feuilles)*	41	12,8	39,4	50,2
Prunier de l'ours *(feuilles)*	32	12,8	24,8	35,5	Prunier de l'ours *(feuilles)*	39	12,3	35,6	43,2	Prunier de l'ours *(feuilles)*	41	12,0	45,2	63,2	Prunier de l'ours *(feuilles)*	43	11,6	48,6	65,3
															Aliboufier du Liban *(feuilles)*	44	13,2	47,5	66,3
Azerolier *(feuilles et fleurs)*	42	11,5	40,4	47,5	Azerolier *(feuilles, fleurs et fruits)*	50	11,2	49,6	54,1	Azerolier *(feuilles et fruits)*	55	10,7	60,3	75,3	Azerolier *(feuilles et fruits)*	58	7,8	70,4	78,4
Pimprenelle épineuse *(feuilles)*	28	11,5	18,4	31,3	Pimprenelle épineuse *(feuilles et fleurs)*	33	10,4	23,4	38,4	Pimprenelle épineuse *(feuilles, fleurs et fruits)*	35	9,4	32,7	49,7	Pimprenelle épineuse *(feuilles et fruits)*	42	5,4	40,6	55,1
										Calicotome *(feuilles et fleurs)*	52	15,7	29,6	43,3	Calicotome *(feuilles et fleurs)*	59	15,0	40,2	59,7
										Genêt *(feuilles et fleurs)*	38	17,3	21,4	31,8	Genêt *(feuilles et fleurs)*	42	16,9	29,6	48,5
Avoine stérile *(feuilles et épis)*	36	7,4	27,4	56,3	Avoine stérile *(feuilles et épis)*	39	6,7	34,7	61,4	Avoine stérile *(épis et graines)*	55	5,3	37,0	70,5	Avoine stérile *(paille et graines)*	79	5,3	45,2	76,4
Orge bulbeuse *(jeunes feuilles)*	28	11,2	22,9	49,2	Orge bulbeuse *(feuilles)*	32	11,5	29,7	54,8	Orge bulbeuse *(feuilles et épis)*	45	8,2	35,3	66,6	Orge bulbeuse *(épis)*	48	6,3	47,2	69,2
Luzerne cultivée *(plante en vert)*	22	19,2	14,6	23,0	Luzerne cultivée *(plante fleurie)*	29	18,3	19,7	29,1	Luzerne cultivée *(plante fleurie)*	32	17,4	20,2	31,4	Luzerne cultivée *(plante fleurie)*	37	16,8	34,1	45,6
Vesce à épis *(plante en vert)*	25	19,9	14,2	22,6	Vesce à épis *(plante fleurie)*	29	17,3	24,8	31,9										
Trèfle des prés *(plante fleurie à 50%)*	26	14,1	30,0	46,8	Trèfle des prés *(plante fleurie)*	34	13,1	45,1	56,5	Trèfle des prés *(plante en fruits)*	64	13,0	39,0	57,3	Trèfle des prés *(fruits desséchés et graines)*	86	12,8	49.6	68,4
Luzerne orbiculaire *(plante fleurie)*	31	15,4	28,2	41,7	Luzerne orbiculaire *(plante fleurie)*	36	14,9	40,6	51,3										
Chardon lancéolé *(feuilles)*	14	11,2	15,9	24,2	Chardon lancéolé *(feuilles)*	24	10,6	21,9	31,4	Chardon lancéolé *(feuilles)*	29	9,9	26,4	37,4	Chardon lancéolé *(feuilles)*	33	5,7	33,4	42,7
Porcelle glabre *(plante fleurie)*	26	9,9	20,5	29,5															
Ache *(plante fleurie)*	20	10,3	14,8	21,1															
					Romarin *(plante fleurie)*	31	9,8	26,7	41,6										
										Lampourde épineuse *(feuilles)*	32	8,4	13,6	24,8	Lampourde épineuse *(feuilles)*	37	8,3	19.,4	32,4
										Onopordon de Crimée *(feuilles)*	20	7,4	32,0	44,1	Onopordon de Crimée *(feuilles)*	23	6,2	39,3	50,7
										Centaurée chausse-trappe *(feuilles)*	37	9,1	30,5	44,2	Centaurée chausse-trappe *(feuilles)*	42	8,8	35,7	49,8

En passant de PN1 à PN4, la valeur nutritive des plantes s'est dégradée du fait de l'avancement de la période estivale, qui, sans toujours causer leur disparition complète, a entraîné la déshydratation de presque toutes les plantes, augmentant ainsi leur teneur en fibres et baissant leur valeur azotée. En tenant compte des indices de présence de chaque plante, la teneur en MS de la ration globale sur parcours a passé de 26 à 45%, celle en ADF de 21 à 37%, en NDF de 35 à 53% alors que la teneur en MAT a diminué de 13 à 10% (Figure 7).

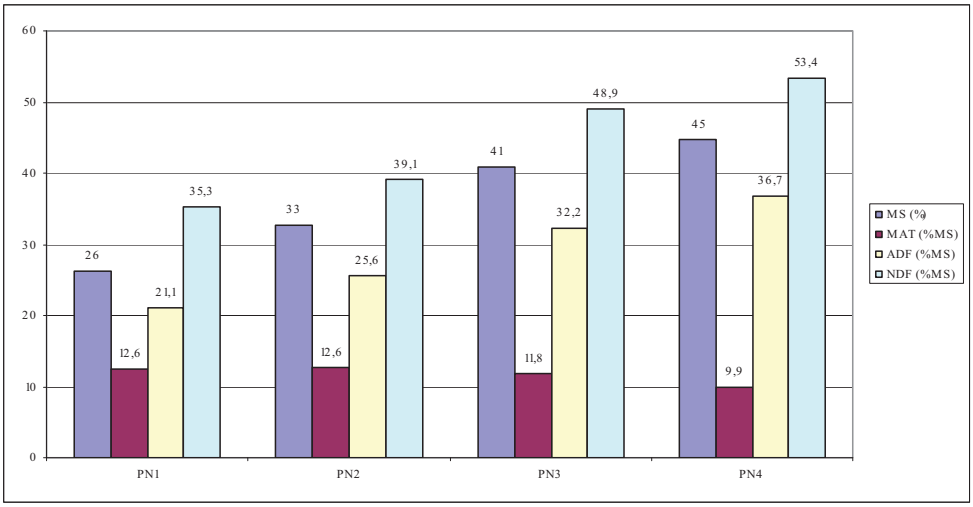


Figure 7. Caractéristiques chimiques moyennes des rations globales sur parcours naturel

4.1.2.2. Dynamique des différentes activités

Sur la journée de pâturage, les chèvres pâturaient le matin et l'après-midi et se reposaient à midi, quand la température est maximale (Figure 8). Le chevrier les déplaçait souvent de strate en strate lorsqu'il réalisait qu'elles se lassaient du pâturage. L'observation de la figure 8 recèle un nombre important de comportements typiques des chèvres au pâturage :

- A l'arrivée à une nouvelle station alimentaire, toutes les chèvres commencent à brouter (100%). Deux exceptions cependant existent : si la marche aboutissant à la station est difficile, certains ou tous les animaux se reposent avant de commencer l'activité alimentaire. D'un autre côté, si le pâturage n'est pas très appétant, ils se déplacent lentement à la recherche de nourriture plus favorable.
- En milieu de station, les chèvres sont généralement toutes ou presque en activité alimentaire (80 à 100%). Cependant, dans certaines situations, elles se fatiguent et se laissaient aller au repos (100%). Souvent aussi, certaines chèvres (20 à 50%) se lassent du pâturage et se reposent en attendant que les autres aient fini.
- En fin de station, les chèvres présentent des signes de lassitude traduits par un repos chez 80 à 100% des animaux. C'était le signal attendu par le chevrier pour les déplacer.

- Parfois, en plein milieu de déplacement, lorsque la descente ou la montée est facile, les chèvres profitent des plantes au passage (pic d'alimentation complémentaire au pic de déplacement).

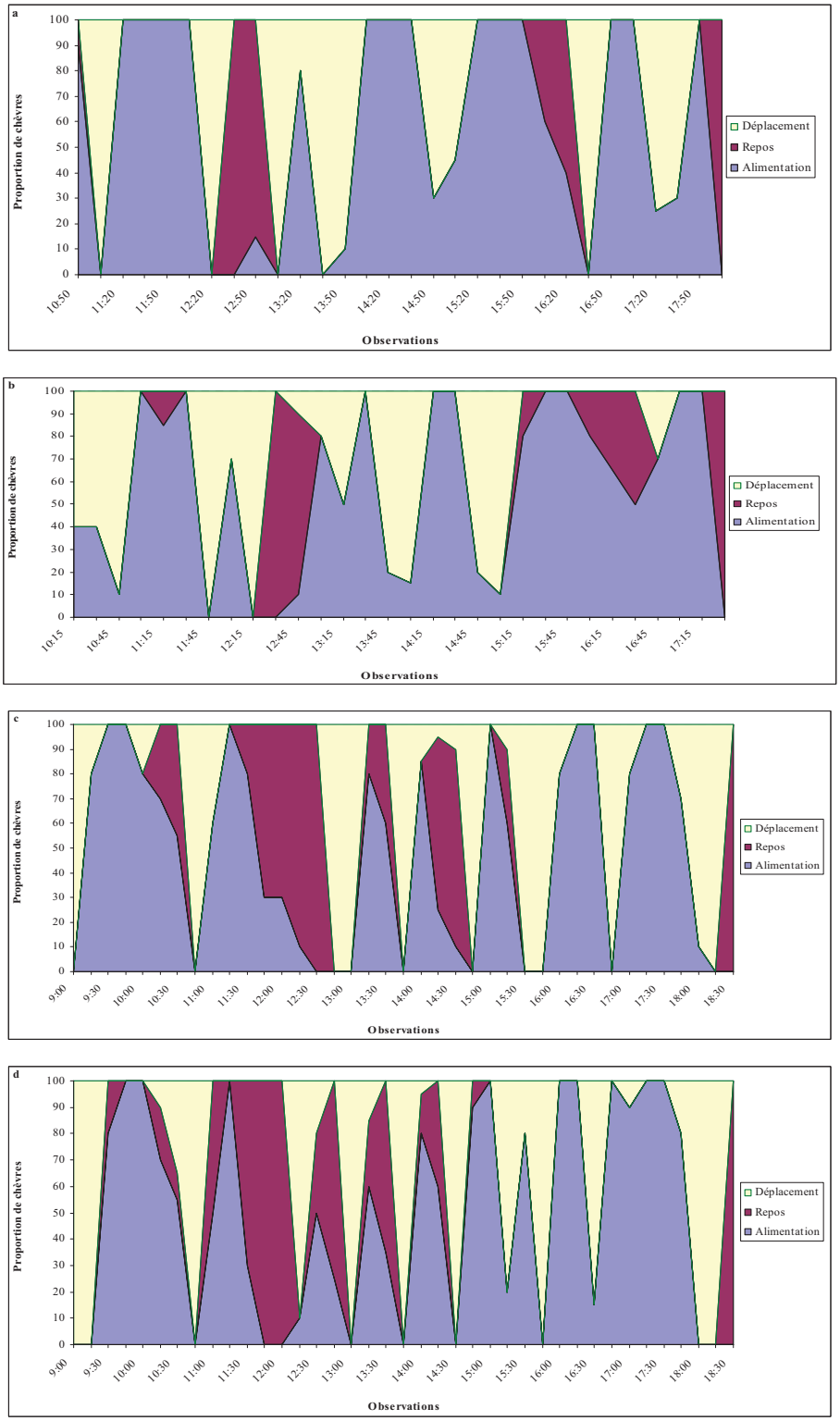


Figure 8. Répartition des activités des chèvres durant la journée de pâturage sur les parcours PN1 (a), PN2 (b), PN3 (c) et PN4 (d)

Avec le temps, en passant du parcours PN1 au parcours PN4, les séquences de repos ont augmenté du fait de la chaleur augmentant avec l'avancement de la saison estivale, de même que les séquences de déplacement vu que le chevrier les entraînait vers des étages de plus en plus élevés, plus frais et plus abondants en végétation : plus il faisait chaud, plus les chèvres se reposaient à midi et compensaient le soir (Figure 9).

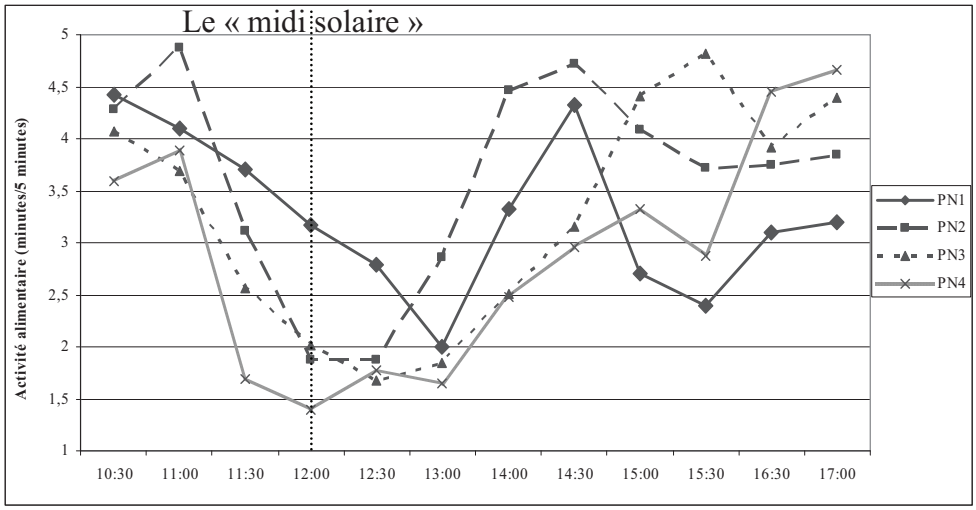


Figure 9. Intensité de l'activité alimentaire des chèvres durant la journée de pâturage sur parcours naturel

Quel que soit la nature du parcours et la saison, les chèvres ont consacré la plus grande partie de leur journée à la prise de nourriture (Tableau 7). Sur des journées de pâturage allant d'environ 7 heures à environ 9,5 heures, leur activité alimentaire a duré d'environ 4 heures à 4 heures 30 par jour. L'augmentation relative des parts consacrées au repos et au déplacement avec l'avancement de la période chaude a entraîné une réduction relative de la partie réservée à l'activité alimentaire (Figure 10), même si en durée absolue, cette activité a été maintenue sur les quatre parcours et même a augmenté sur les deux derniers ($p = 0,005$) (Figure 11).

Tableau 7. Durées totales d'alimentation, de repos et de déplacement sur parcours naturel (par jour pendant une session de pâturage)

Activité	**Durée (heures décimales)**				
	PN1	**PN2**	**PN3**	**PN4**	**Moyenne**
Alimentation	4,20	4,16	4,55	4,59	4,37 ± 0,22
Repos	0,85	0,93	1,84	1,71	1,33 ± 0,51
Déplacement	2,20	2,17	3,12	3,20	2,67 ± 0,56
Total	**7,25**	**7,25**	**9,50**	**9,50**	

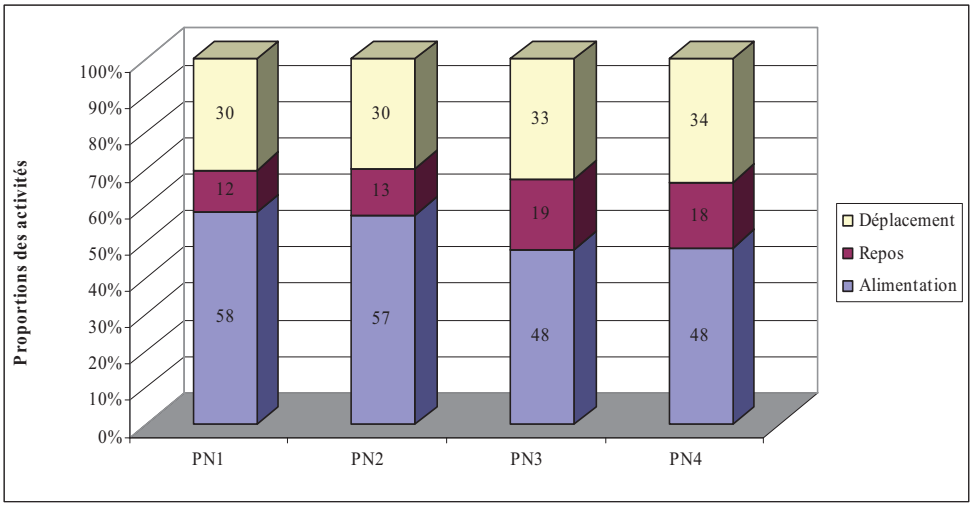


Figure 10. Evolution des proportions de chaque activité sur parcours naturel (par jour pendant une session de pâturage)

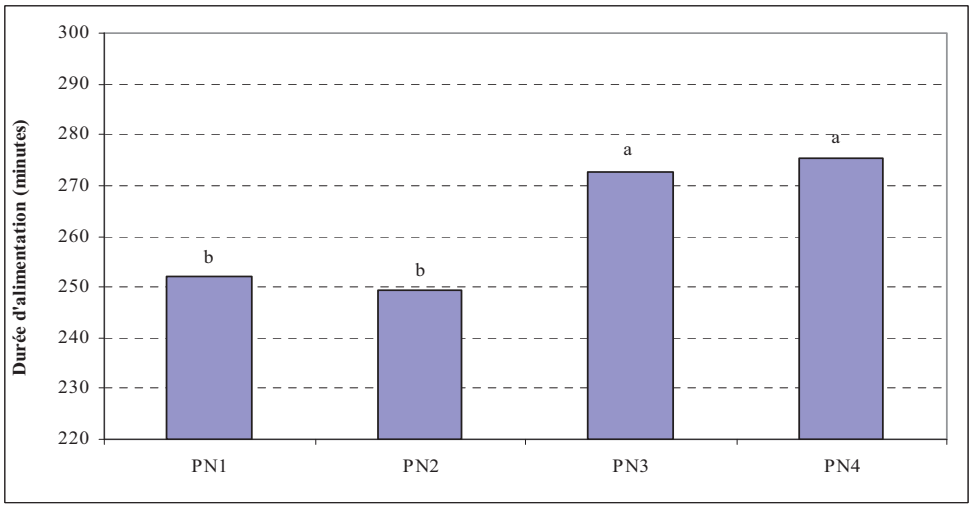


Figure 11. Comparaison des durées de pâturage sur les quatre parcours naturels
Les lettres indiquent des différences significatives au seuil de 5 %

Avec l'avancement de la saison (entre PN1 et PN4) les journées de pâturage sont devenues plus longues : les chèvres ont passé de presque 7 heures à environ 10 heures par jour pour compenser les périodes de repos et de déplacement. Cette extension de la journée de pâturage a donc eu pour effet de maintenir constante la durée de pâturage effectif.

4.1.2.3. Quantités ingérées

La nature du parcours n'a pas eu d'effet significatif sur les quantités ingérées individuelles des animaux ($p > 0,05$) (Tableau 8). Cependant, sur les deux derniers parcours PN3 et PN4, les chèvres maigres ont augmenté leurs consommations par rapport aux chèvres grasses (+0,68 kg MS.jour^{-1}, $p = 0,021$ et +0,56 kg MS.jour^{-1}, $p = 0,033$ respectivement).

Tableau 8. Quantités ingérées moyennes des chèvres sur parcours naturel

Lot	Quantités ingérées (kg.jour^{-1})				
	PN1	**PN2**	**PN3**	**PN4**	**Moyenne**
M-PN	1,67 ± 0,19^{a}	1,84 ± 0,24^{a}	2,57 ± 0,12^{a}	2,32 ± 0,31^{a}	2,12 ± 0,26^{a}
G-PN	1,64 ± 0,34^{a}	1,69 ± 0,12^{a}	1,88 ± 0,14^{b}	1,76 ± 0,41^{b}	1,76 ± 0,08^{a}
Ensemble des chèvres	1,66 ± 0,18	1,77 ± 0,13	2,22 ± 0,17	2,04 ± 0,26	1,94 ± 0,12

Les lettres indiquent des différences significatives au sein d'une même colonne au seuil de 5 %

Ce qui a aussi varié entre les quatre parcours, c'est les quantités ingérées relatives aux espèces végétales (Tableau 9). A part la luzerne cultivée qui a été maintenue aux premiers niveaux d'ingestion sur les quatre parcours, toutes les plantes ont subi des variations de la quantité ingérée, notamment l'orge bulbeuse (diminution), l'amandier sauvage et la pimprenelle épineuse (augmentation). Ainsi, en passant de PN1 à PN4, la proportion de ligneux dans la ration passe de 25-28% à 53-54% (Figure 12).

Tableau 9. Quantités ingérées moyennes de chaque plante sur parcours naturel par chèvre et par jour

PN1		PN2		PN3		PN4	
Plante	**QI (kg)**	**Plante**	**QI (kg)**	**Plante**	**QI (kg)**	**Plante**	**QI (kg)**
Porcelle glabre	0,26	**Luzerne cultivée**	0,26	Amandier sauvage	0,27	**Luzerne cultivée**	0,32
Prunier de l'ours	0,21	Trèfle des prés	0,26	**Luzerne cultivée**	0,25	Amandier sauvage	0,22
Luzerne cultivée	0,21	**Orge bulbeuse**	0,25	Calicotome velu	0,24	Pimprenelle épineuse	0,21
Orge bulbeuse	0,18	Avoine stérile	0,18	Azerolier	0,23	Genêt d'Espagne	0,19
Avoine stérile	0,16	Prunier de l'ours	0,16	Pimprenelle épineuse	0,22	Avoine stérile	0,16
Azerolier	0,14	Chardon lancéolé	0,14	Avoine stérile	0,18	Azerolier	0,16
Chardon lancéolé	0,13	Azerolier	0,14	Trèfle des prés	0,15	Chardon lancéolé	0,16
Trèfle des prés	0,08	Vesce à épis	0,13	Genêt d'Espagne	0,14	Calicotome velu	0,12
Amandier sauvage	0,07	Pimprenelle épineuse	0,09	Chardon lancéolé	0,14	Aliboufier du Liban	0,11
Luzerne orbiculaire	0,07	Luzerne orbiculaire	0,06	Prunier de l'ours	0,11	Centaurée chausse-trappe	0,08
Vesce à épis	0,06	Amandier sauvage	0,05	**Orge bulbeuse**	0,10	Prunier de l'ours	0,08
Ache faux-cresson	0,05	Romarin	0,03	Centaurée chausse-trappe	0,08	**Orge bulbeuse**	0,07
Pimprenelle épineuse	0,05			Onopordon de Crimée	0,07	Onopordon de Crimée	0,07
				Lampourde épineuse	0,05	Trèfle des prés	0,06
						Lampourde épineuse	0,04

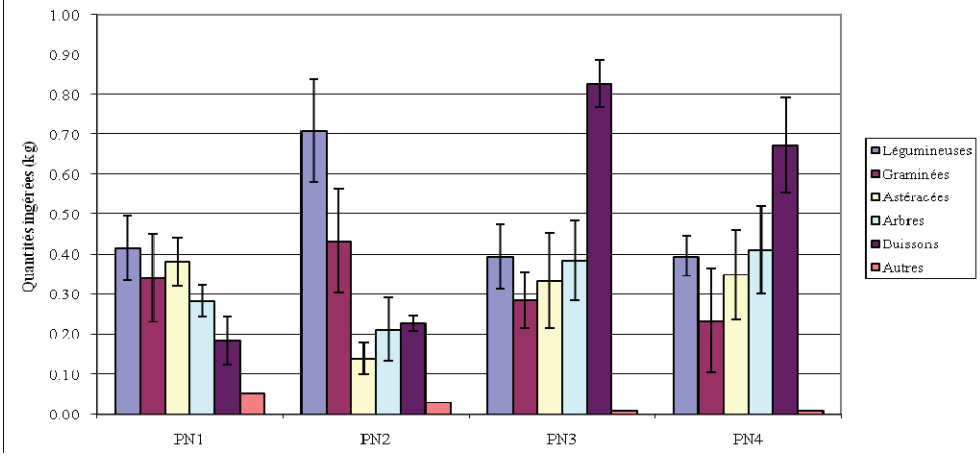


Figure 12. Quantités ingérées moyennes de chaque type de végétation sur PN par chèvre et par jour

Quoique les valeurs alimentaires se soient dégradées entre PN1 et PN4, les choix alimentaires faits par les animaux sur ces parcours a favorisé l'obtention d'une ration de meilleure valeur alimentaire que celle offerte par le parcours (Figures 13 ; 14).

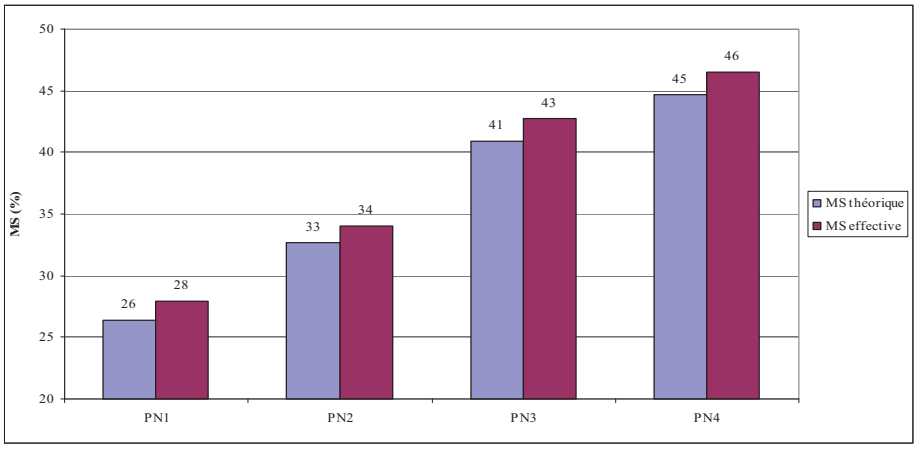


Figure 13. Evolution des teneurs en MS des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours naturel

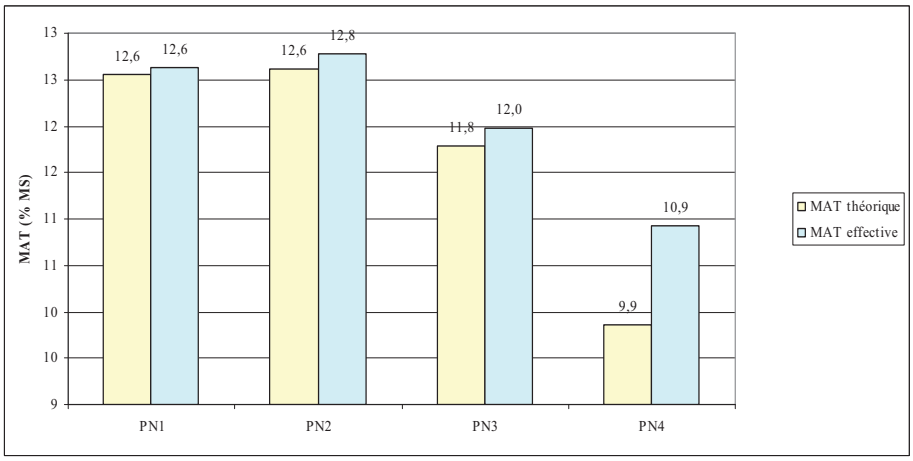


Figure 14. Evolution des teneurs en MAT des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours naturel

4.2. Comportement alimentaire sur parcours agricole

4.2.1. Composition botanique du parcours

Lors de leur journée de pâturage sur zones de parcours agricole, les chèvres se sont retrouvées face à une autre forme de diversité botanique constituée principalement de plantes cultivées, de mauvaises herbes et de flore de bordure (Figure 15). La variation des espèces rencontrées entre parcours est due principalement au choix des parcelles selon la disponibilité et la saison (résidus d'orge, résidus de pois chiche ou de pomme de terre). La taxonomie des plantes rencontrées est détaillée en annexe 3.

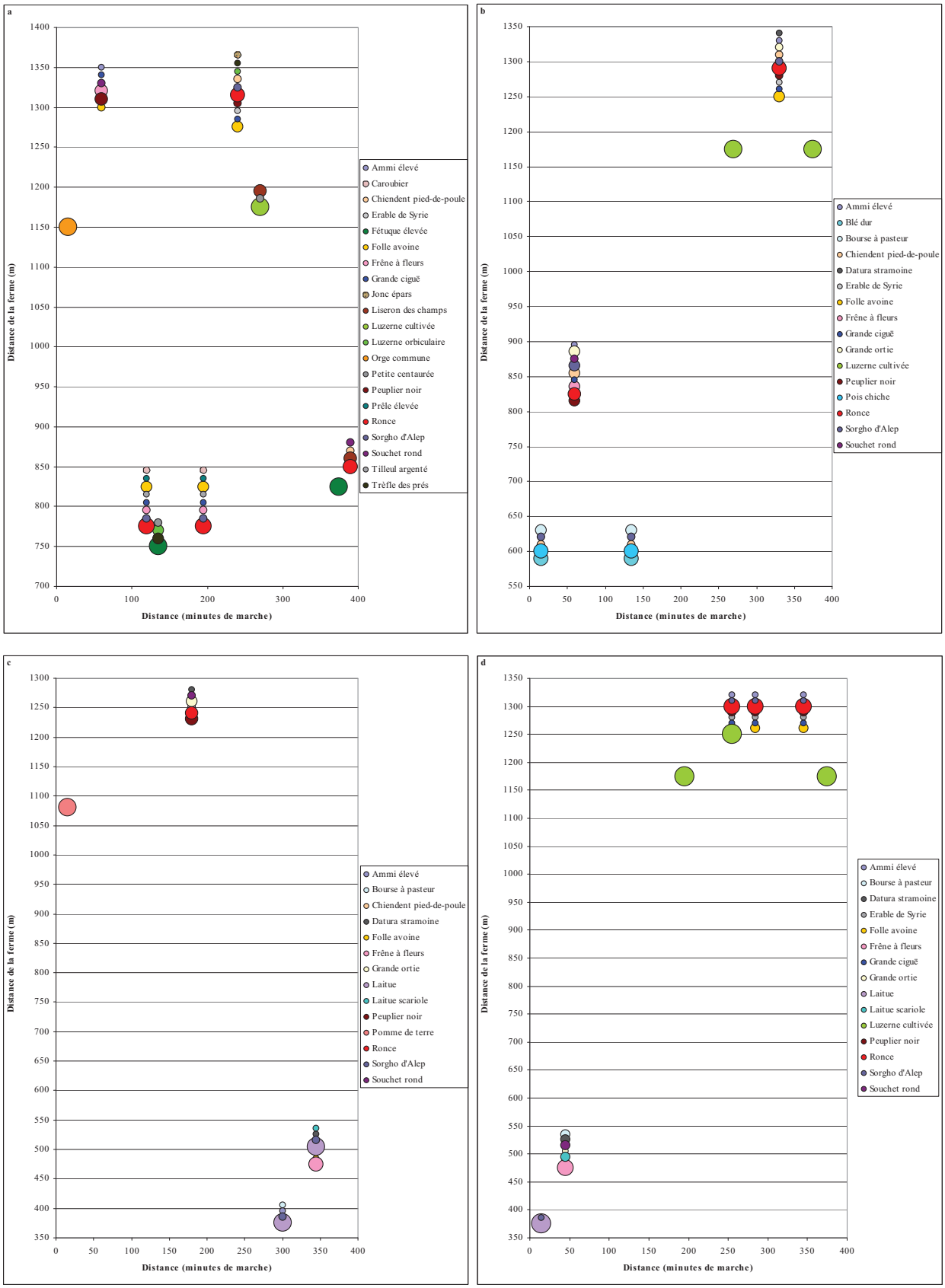
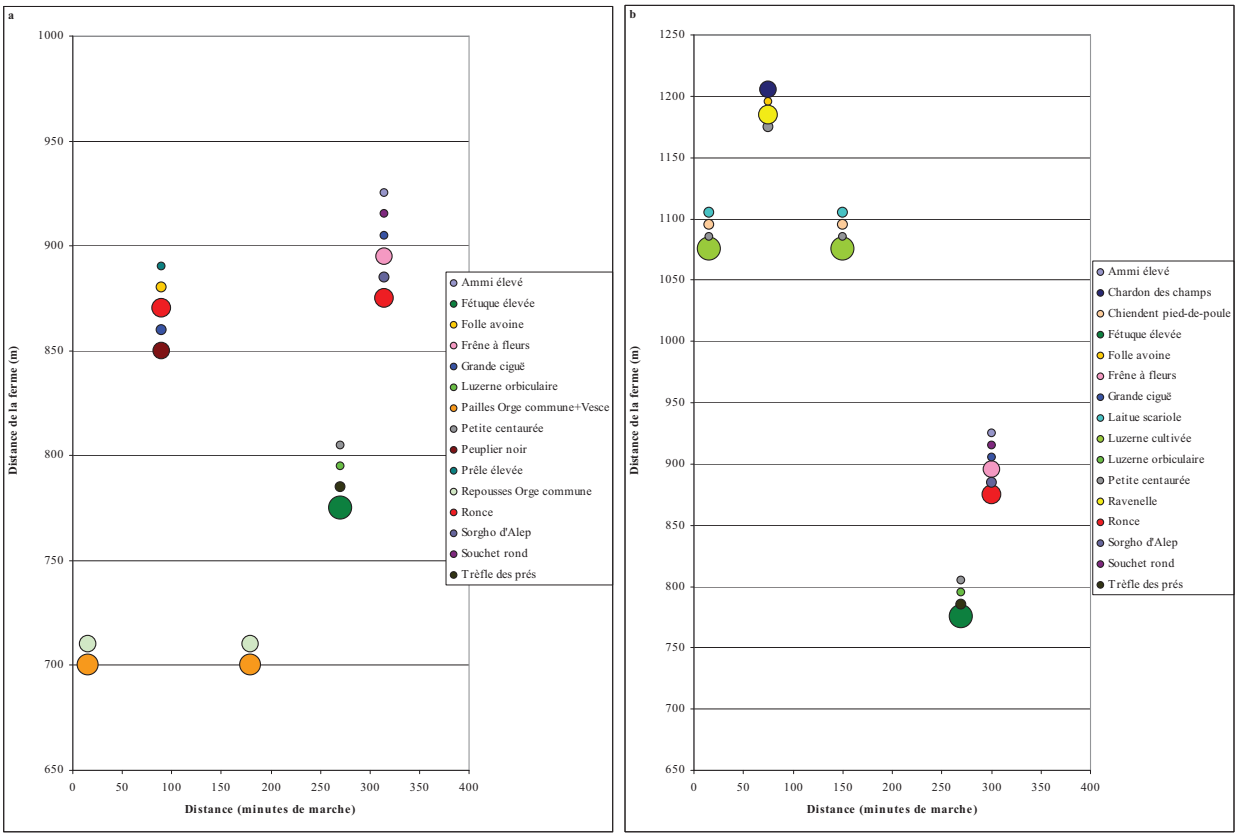


Figure 15. Composition botanique des parcours agricoles de 2006 : PA1 (a), PA2 (b), PA3 (c) et PA4 (d)
La taille des bulles représente l'indice de présence de la plante correspondante
Chaque série de points correspond à une zone de parcelle

De même, en deuxième année, le contrôle humain a été le facteur clé de la variabilité botanique des parcours (Figure 16). En fait, cette variabilité est d'autant plus accentuée par le fait que cette fois, les parcours étaient sélectionnés en fonction de leur composition botanique pour l'expérimentation. La taxonomie des plantes rencontrées est également détaillée en annexe 3.



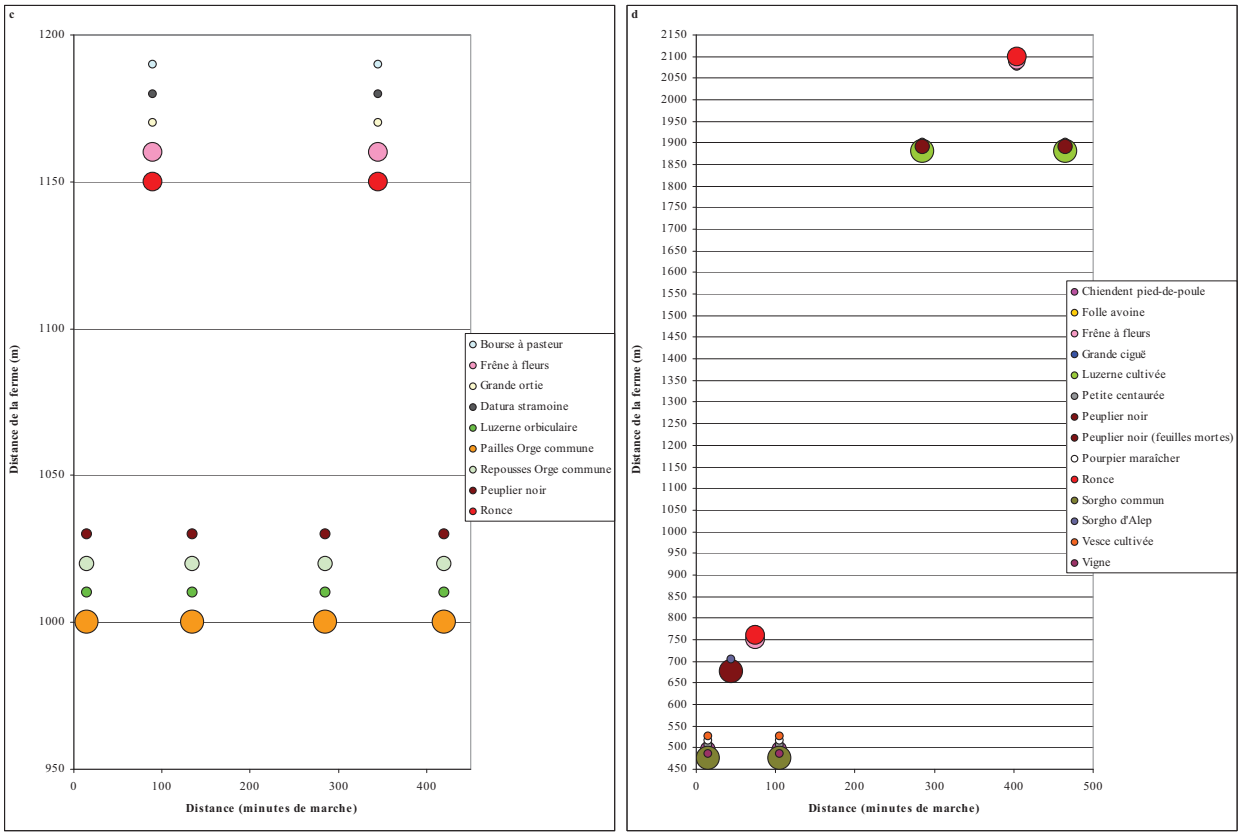


Figure 16. Composition botanique des parcours agricoles de 2007 : PB1 (a), PH1(b), PB2 (c) et PH2 (d)
La taille des bulles représente l'indice de présence de la plante correspondante
Chaque série de points correspond à une zone de parcelle

4.2.2. Comportement alimentaire des chèvres

4.2.2.1. Préférences spécifiques et valeurs alimentaires

En plaine, les chèvres ont mangé presque tout ce qu'elles rencontraient sur leur chemin, à l'exception des plantes lignifiées ou piquantes et les plantes quasiment hors de leur portée (tilleul, caroubier…). Les préférences spécifiques concernent toujours les arbres et les arbustes assez riches en fibres ainsi que les graminées et légumineuses, ces dernières étant plutôt riches en MAT (Tableaux 10 ; 11).

Tableau 10. Plantes consommées sur parcours agricoles de 2006 et leur composition chimique (MS, MAT % MS, ADF % MS et NDF % MS)

PA1					PA2					PA3					PA4				
Nom français *(parties consommées)*	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**	**Nom français *(parties consommées)***	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**	**Nom français *(parties consommées)***	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**	**Nom français *(parties consommées)***	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**
Peuplier noir *(feuilles)*	40	8,8	31,1	44,9	Peuplier noir *(feuilles)*	44	8,7	33,6	46,6	Peuplier noir *(feuilles)*	44	8,7	35,7	50,1	Peuplier noir *(feuilles)*	45	7,6	36,7	50,2
Frêne à fleurs *(feuilles)*	36	9,8	21,4	33,2	Frêne à fleurs *(feuilles)*	41	9,8	27,5	37,2	Frêne à fleurs *(feuilles)*	43	9,8	27,5	37,2	Frêne à fleurs *(feuilles)*	43	8,4	28,1	38,7
Ronce *(feuilles)*	34	14,3	20,3	35,7	Ronce *(feuilles)*	37	14,1	22,4	39,5	Ronce *(feuilles)*	38	14,1	24,6	41,2	Ronce *(feuilles)*	41	13, 7	25,3	41,3
Fétuque élevée *(feuille)*	23	12,1	32,7	44,1															
Orge commune *(chaumes, épis et graines)*	86	6,6	20,2	45,1															
					Blé dur *(plante entière en graines)*	72	7,3	45,7	70,7										
Luzerne cultivée *(repousses)*	19	21,4	13,2	21,5	Luzerne cultivée *(repousses)*	19	21,4	11,9	18,4						Luzerne cultivée *(repousses)*	19	21,4	11,9	18,2
Trèfle des prés *(plante fleurie)*	17	21,8	12,5	18,7															
Luzerne orbiculaire *(plante fleurie)*	26	20,5	13,5	22,2															
					Pois chiche (plante entière en gousses)	60	16,4	40,4	63,9										
Petite centaurée *(feuilles)*	12	12,0	22,6	29,6															
Liseron des champs *(feuilles)*	16	13,7	19,7	29,8															
										Laitue *(feuilles)*	10	14,0	16,9	26,4	Laitue *(feuilles et fleurs)*	11	14,0	15,2	26,5
										Pomme de terre *(tubercules)*	20	6,1	13,2	22,4					

Les variations de ces valeurs en passant du parcours PA1 au parcours PA4 ont une fois de plus été principalement dues à l'avancement de la période estivale et même automnale. Ainsi, la déshydratation des plantes a entraîné une augmentation de leur MS et une diminution de leur valeur azotée. Cependant, cette dégradation n'a plus été aussi importante que sur parcours naturel car la période estivale était déjà avancée pour toutes les plantes, sauf pour les arbres, chez qui la mobilisation des réserves en fin de la belle saison depuis les feuilles jusqu'aux organes de réserve (racines…) a entraîné une chute remarquable du taux de MAT sur le dernier parcours. D'un autre côté, pour les plantes cultivées comme la fétuque élevée et la luzerne cultivée qui sont régulièrement fauchées, la MS et la valeur azotée ont été relativement stables. Cependant, une fluctuation irrégulière de la teneur en MS, MAT, ADF et NDF de la ration totale a été observée entre les quatre parcours (Figure 17), due à la composition du parcours plutôt qu'à l'avancement saisonnier. Toujours est-il que les rations globales ont été maintenues à des valeurs fibreuses (MS entre 29 et 45% ; ADF entre 20 et 29% ; NDF entre 30 et 46%) et azotées (MAT entre 10 et 16%) assez équilibrées, contrairement à ce que nous avons observé sur parcours naturel.

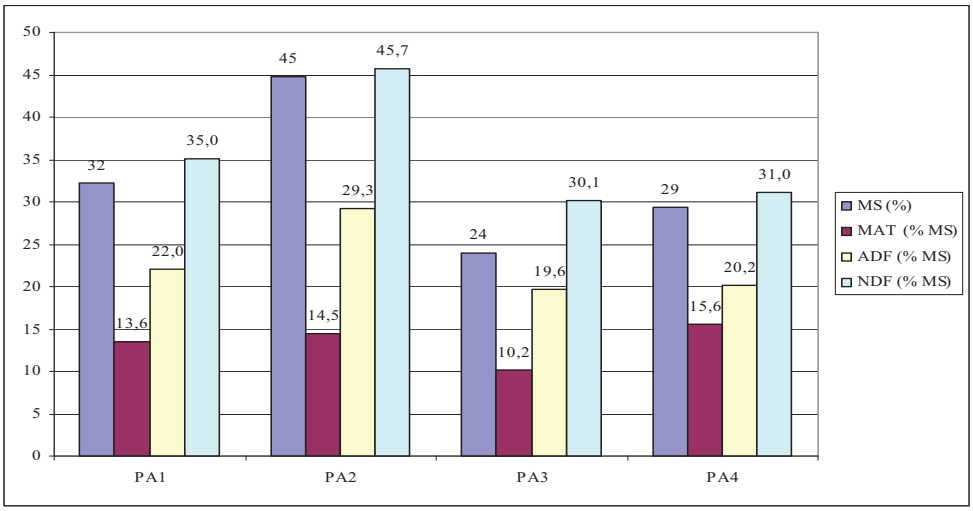


Figure 17. Caractéristiques chimiques moyennes des rations globales sur parcours agricole (2006)

Tableau 11. Plantes consommées sur parcours agricoles de 2007 et leur composition chimique (MS, MAT % MS, ADF % MS et NDF % MS)

PB1					PH1					PB2					PH2				
Nom français *(parties consommées)*	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**	**Nom français *(parties consommées)***	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**	**Nom français *(parties consommées)***	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**	**Nom français *(parties consommées)***	**MS (%)**	**MAT**	**ADF**	**NDF**
Peuplier noir *(feuilles)*	40	9,3	33,6	46,6											Peuplier noir *(feuilles)*	41	9,3	33,6	46,6
Frêne à fleurs *(feuilles)*	36	9,9	27,5	37,2	Frêne à fleurs *(feuilles)*	36	9,9	27,5	37,2	Frêne à fleurs *(feuilles)*	38	9,6	27,5	37,2	Frêne à fleurs *(feuilles)*	38	9,6	27,5	37,2
										Peuplier noir *(feuilles mortes)*	92	6,1	26,0	40,5	Peuplier noir *(feuilles mortes)*	92	6,1	26,0	40,5
															Vigne (*feuilles*)	24	16,3	23,3	30,9
Ronce *(feuilles)*	34	14,1	22,4	39,5	Ronce *(feuilles)*	34	14,1	22,4	39,5										
Fétuque élevée *(feuilles adultes)*	24	11,2	32,7	44,1	Fétuque élevée *(feuilles adultes)*	24	11,2	32,7	44,1										
Orge commune (*repousses*)	23	19,9	24,7	53,0						Orge commune (*2ème cycle*)	25	11,9	26,1	58,2					
Orge commune+vesce *(chaumes, épis et graines)*	98	10,6	38,5	61,7						Orge commune *(chaumes, épis et graines)*	97	7,1	61,1	81,2					
					Chiendent pied-de-poule (*plante entière*)	46	10,6	24,4	39,4										
															Sorgho commun (feuilles)	25	18,3	22,0	51,6
Trèfle des prés *(plante fleurie)*	16	25,9	12,5	18,7	Trèfle des prés *(plante fleurie)*	16	25,9	12,5	18,7										
Luzerne orbiculaire *(plante fleurie)*	24	22,7	13,5	22,2	Luzerne orbiculaire *(plante fleurie)*	24	22,7	13,5	22,2	Luzerne orbiculaire *(plante en fruits)*	39	20,5	18,5	26,1					
					Luzerne cultivée (*plante en vert*)	24	34,6	11,9	18,4						Luzerne cultivée (*plante en vert*)	19	36,5	10,1	15,3
															Vesce cultivée (*plante en fruits*)	32	17,3	17,9	25,7
					Laitue scariole (feuilles et fleurs)	11	16,0	12,3	31,9										
					Chardon des champs (*feuilles et fleurs*)	36	9,9	21,1	29,5										
Petite centaurée *(feuilles)*	18	14,7	25,9	35,2	Petite centaurée *(feuilles)*	18	14,7	25,9	35,2										
					Ravenelle (*plante entière*)	29	14,7	29,3	44,1										

Les valeurs alimentaires ont subi peu de variations entre les premiers (PB1 et PH1) et les seconds parcours (PB2 et PH2), vu que la durée écoulée n'a pas excédé une trentaine de jours. Si sur les parcours agricoles de 2006, les valeurs alimentaires ont irrégulièrement varié en fonction du parcours choisi au hasard, sur les parcours de 2007, les valeurs alimentaires ont varié en fonction d'un choix raisonné effectué pour les nécessités de l'étude (Figure 18). Les parcours PB, étant caractérisés par des pâturages sur résidus de graminées de faible valeur alimentaire, sont toujours les plus riches en MS (48% et 69% contre 27% et 34%) et les parcours PH, caractérisés par des prairies fourragères, les plus riches en MAT (environ 19% contre 13% et 10%).

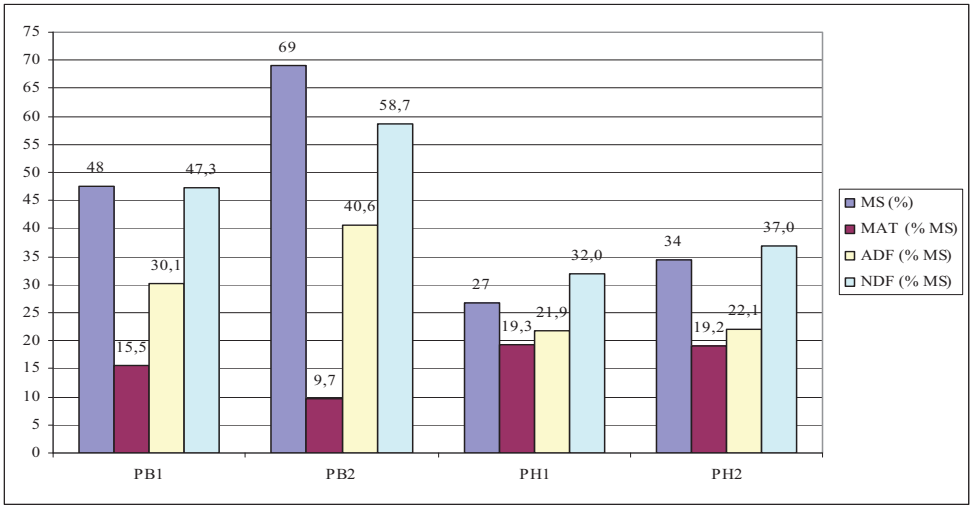


Figure 18. Caractéristiques chimiques moyennes des rations globales sur parcours PB et PH (2007)

Les résultats présentés sur les valeurs alimentaires sur tous types de parcours montrent que ces dernières sont interdépendantes. Pour mieux analyser les liaisons entre elles, une analyse en composantes principales est réalisée sur les résultats permettant d'établir des relations entre la matière sèche (MS), les fibres (ADF et NDF) et les matières azotées (MAT). En effectuant l'ACP, deux nouvelles variables (CP1 et CP2) sont construites expliquant plus de 96% de la variation totale.

La matrice des composantes et la matrice de corrélation entre les variables et les axes CP1 et CP2 montrent que les quatre variables forment entre elles un angle droit, cet angle passant par ADF et NDF. Alors que MS contribue positivement et fortement à la première composante (CP1), MAT, presque indépendante de MS, contribue positivement et fortement à la deuxième (CP2). ADF et NDF contribuent aussi à l'axe CP1. Ces dernières, très fortement corrélées entre elles, sont aussi corrélées à la fois à MS (positivement) et à MAT (négativement) (Figure 19).

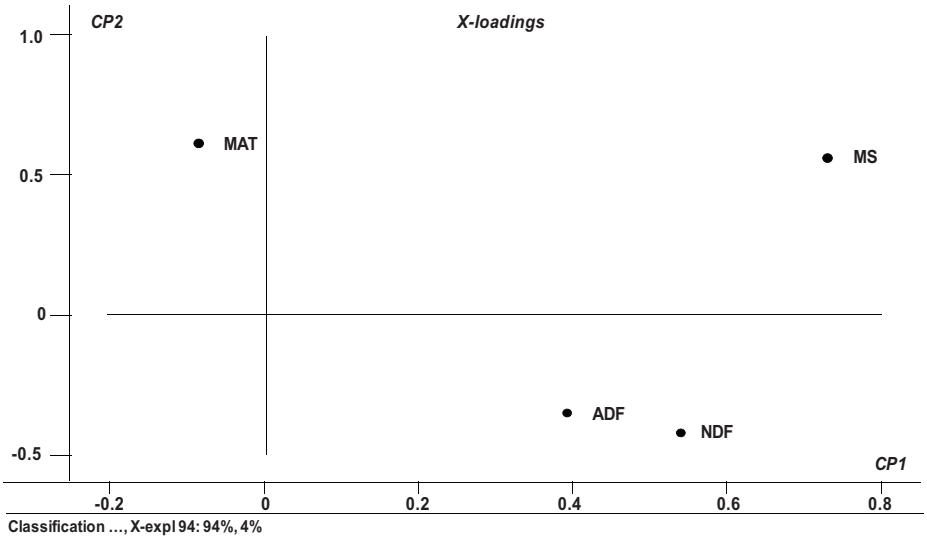


Figure 19. ACP des valeurs alimentaires des différents parcours – contributions et matrice de corrélation

Sur la figure 20, il est visible que les échantillons de parcours naturels (PN 1 à 4) sont positionnés dans la direction de CP1, négativement pour les deux premiers et positivement pour les deux derniers, mais tous négatifs sur CP2, mettant en évidence la pauvreté des parcours naturels en MAT par rapport aux autres parcours et l'augmentation de leur teneur en MS avec l'avancement de la sécheresse estivale. Par contre, les échantillons de parcours agricole (PA 1 à 4) sont positionnés dans la direction de CP2, négativement sur CP1, sauf pour PA2 (pois chiche et blé) et positivement sur CP2, sauf pour PA3 (pomme de terre et laitue). Quant aux parcours de 2007, les parcours PB sont positionnés le long de l'axe CP1 (richesse en MS) et les parcours PH le long de CP2 (richesse en MAT). Sur l'ensemble des parcours, les parcours agricoles restent plus équilibrés que les parcours naturels sur le plan valeur alimentaire.

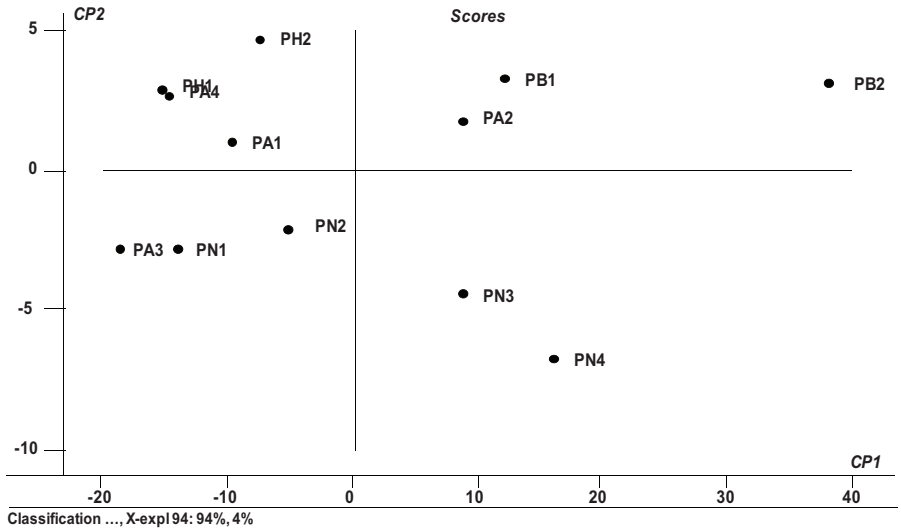
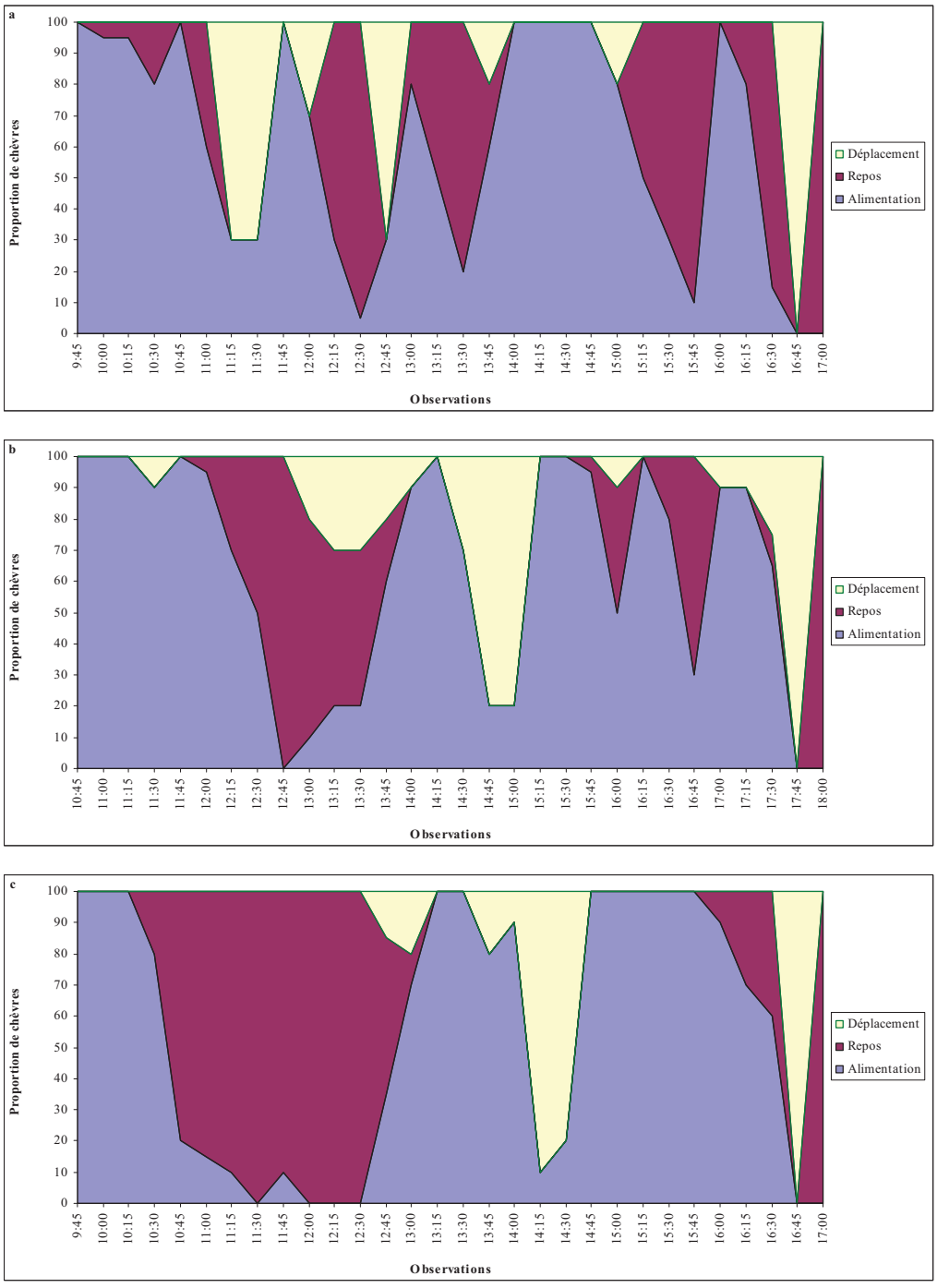


Figure 20. ACP des valeurs alimentaires des différents parcours – caractérisation des parcours

4.2.2.2. Dynamique des différentes activités

Tout comme sur parcours naturel, les chèvres pâturaient le matin et l'après-midi et se reposaient à midi, quand la température est maximale (Figures 21 et 22). Le chevrier les déplaçait de strate en strate lorsqu'il réalisait qu'elles se lassaient du pâturage. Les mêmes comportements typiques que sur parcours naturel ont été observés depuis l'arrivée à une nouvelle station d'arrêt jusqu'au déplacement vers une nouvelle station. Toutefois, il a été très rare d'observer en début de station une activité alimentaire inférieure à 100% : la marche aboutissant à la station n'étant jamais difficile, les animaux n'avaient pas à se reposer avant de commencer leur activité alimentaire.



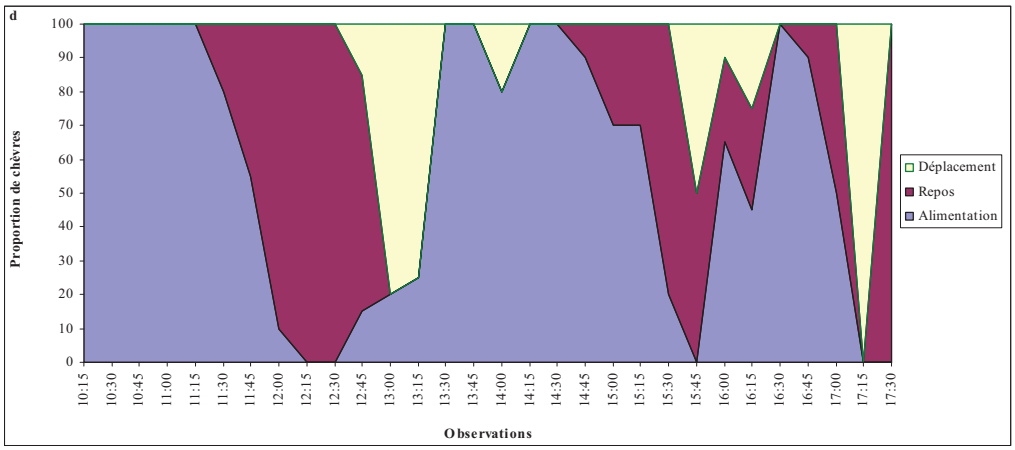
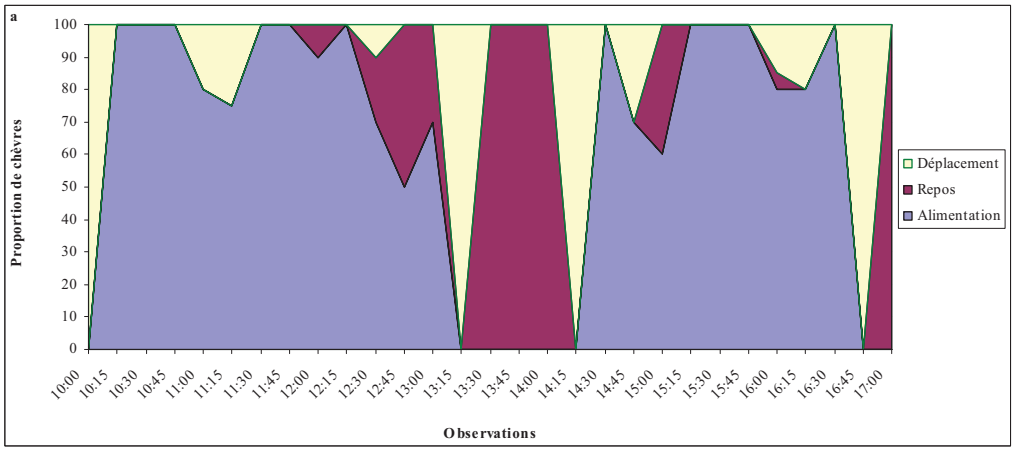
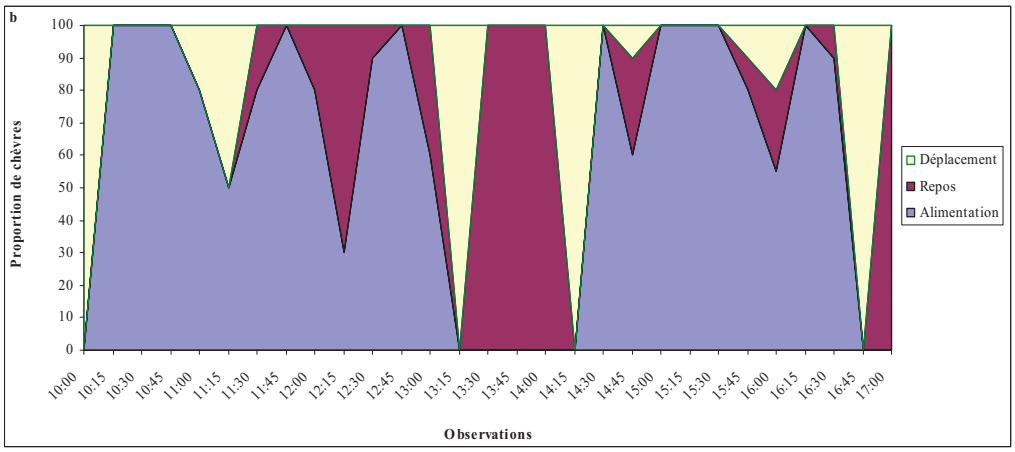


Figure 21. Répartition des activités des chèvres durant la journée de pâturage sur les parcours PA1 (a), PA2 (b), PA3 (c) et PA4 (d)





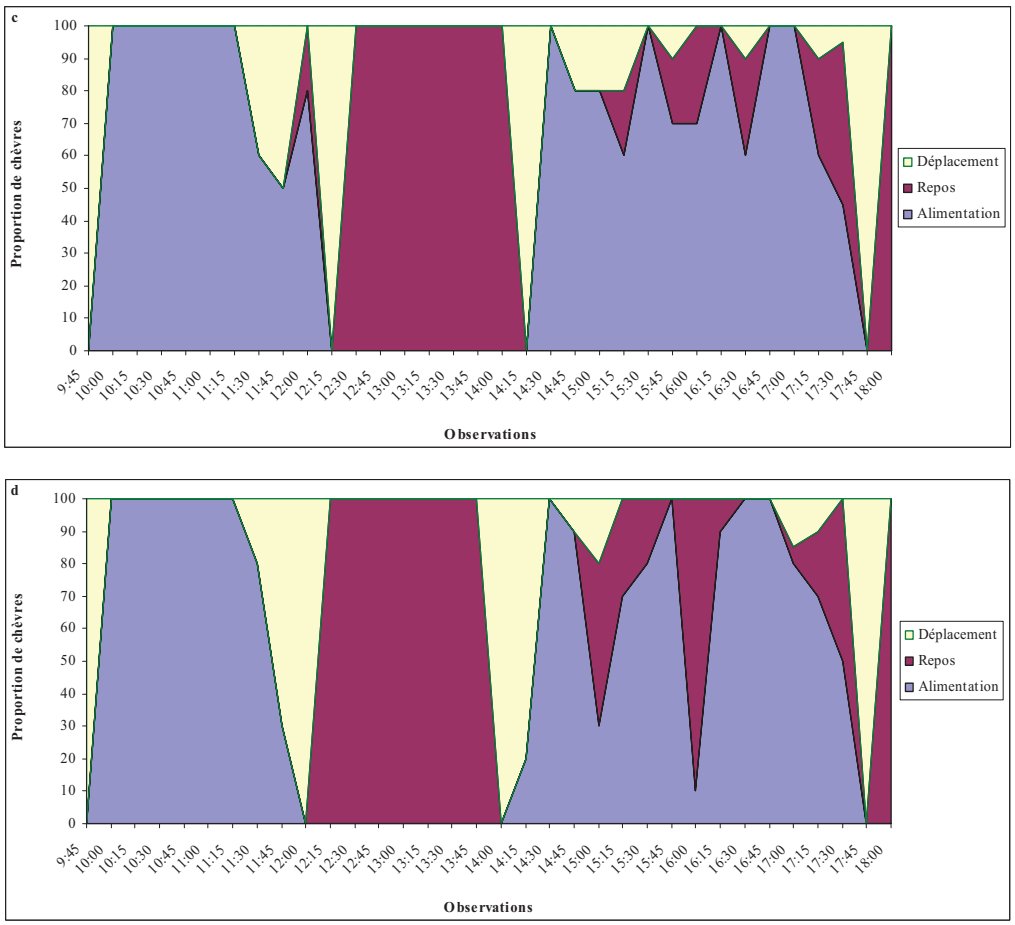


Figure 22. Répartition des activités des chèvres durant la journée de pâturage sur les parcours PB1 (a), PH1 (b), PB2 (c) et PH2 (d)

Que ce soit sur résidus ou sur prairie fourragère, sur une durée totale de pâturage de sept heures à huit heures et quart, les chèvres ont passé la plupart du temps à pâturer (Tableau 12). Même si elles ont passé d'une zone de pâturage difficile à une zone plus facile, elles ont maintenu leur durée d'activité alimentaire (entre quatre heures et quatre heures 45 minutes) et ont compensé le reste du temps par un repos plus allongé. De même, du fait de leur pâturage en plaine sur une seule exploitation, elles n'étaient plus obligées de faire des déplacements fréquents.

Tableau 12. Durées totales d'alimentation, de repos et de déplacement sur parcours agricole (2006 ; 2007)

Activité	**Durée (heures décimales)**					
2006	**PA1**	**PA2**	**PA3**	**PA4**	**Moyennes**	
Alimentation	4,38	4,66	4,03	4,34	4,35 ± 0,26	
Repos	1,93	1,43	2,39	1,98	1,93 ± 0,39	
Déplacement	0,95	1,16	0,84	0,94	0,97 ± 0,14	
Total	7,25	7,25	7,25	7,25		
2007	**PB1**	**PB2**	**PH1**	**PH2**	**Moyennes PB**	**Moyennes PH**
Alimentation	4,56	4,54	4,39	4,25	4,55 ± 0,02	4,32 ± 0,10
Repos	1,26	2,38	1,46	2,56	1,82 ± 0,79	2,01 ± 0,78
Déplacement	1,18	1,34	1,15	1,44	1,26 ± 0,11	1,29 ± 0,20
Total	7,00	8,25	7,00	8,25		

En passant de PA1 à PA4, les parts consacrées à l'alimentation ont irrégulièrement varié (Figure 23), du fait de la nature du pâturage lui-même (appétence des aliments, encombrement…). Cet effet de la nature du parcours agricole sur la durée de l'activité alimentaire des chèvres s'est révélé hautement significatif (p = 0,004) (Figure 24).

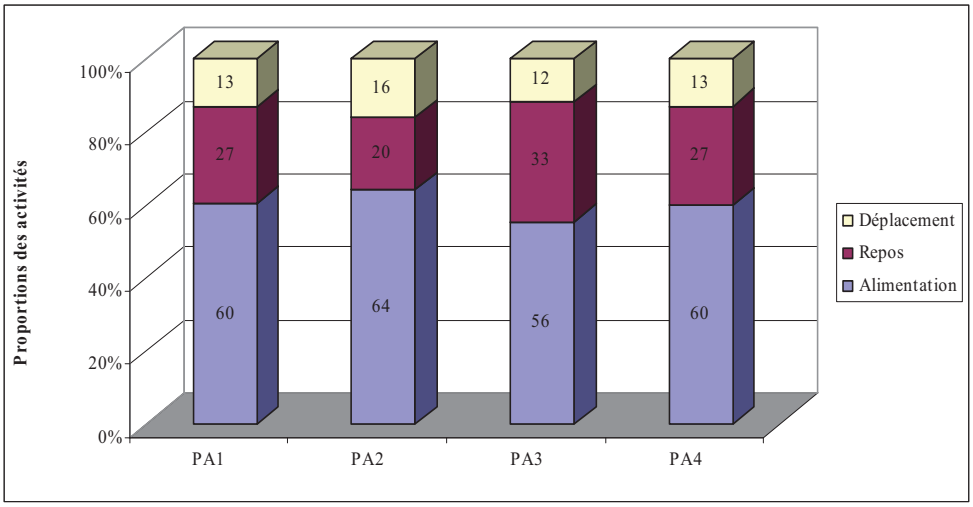


Figure 23. Evolution des proportions de chaque activité sur parcours agricole (2006)

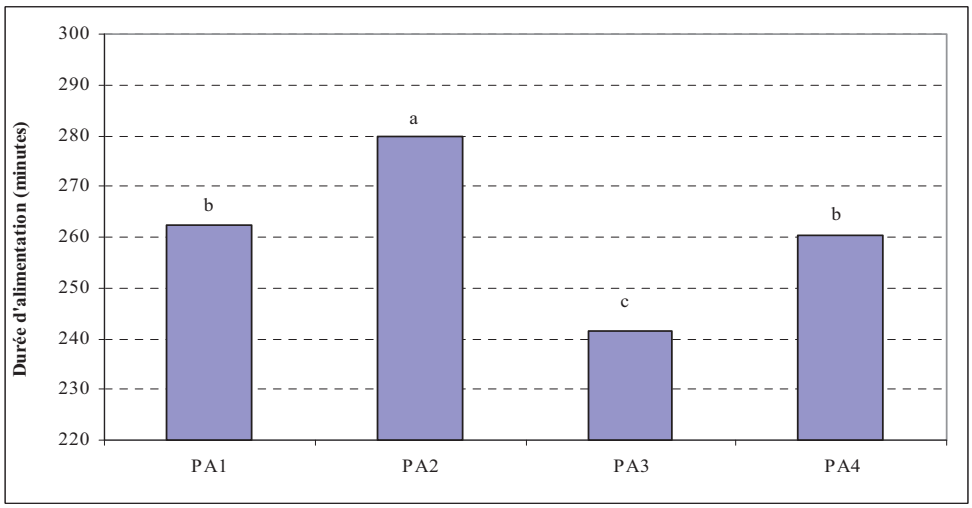


Figure 24. Comparaison des durées de pâturage sur les quatre parcours agricoles (2006) (les lettres indiquent des différences significatives au seuil de 5 %)

Par contre, sur PB et PH, en passant de la date 1 à la date 2, les fluctuations des durées relatives de chaque activité sont redevenues régulières. En passant de PB1 à PB2, et parallèlement de PH1 à PH2, la chaleur estivale étant plus avancée, la partie de la journée allouée au repos s'était intensifiée, réduisant la partie réservée à l'activité alimentaire. D'un autre côté, au sein de la même période (1 ou 2), les durées relatives consacrées au repos ont été plus importantes sur PH que sur PB (Figure 25).

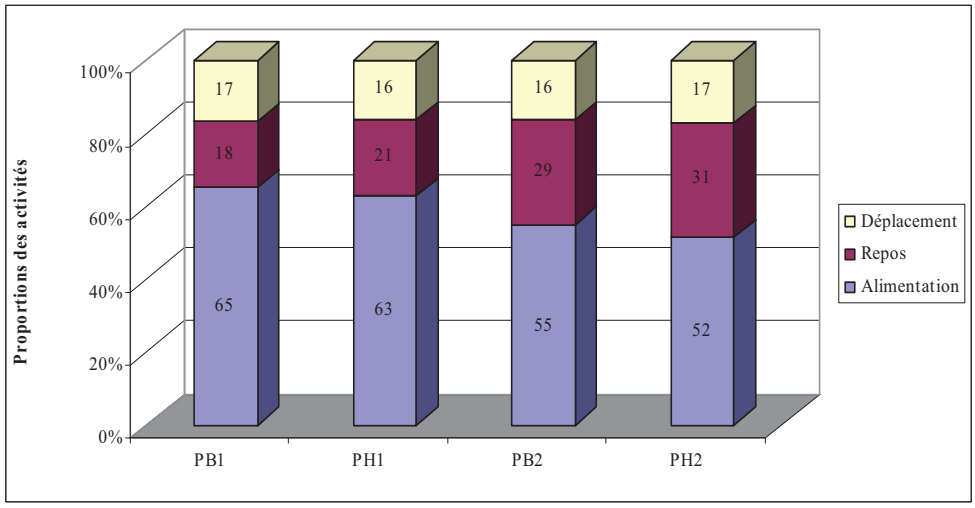


Figure 25. Evolution des proportions de chaque activité sur PB et PH (2007)

Cependant, cet effet de l'avancement de la chaleur estivale a été compensé par l'allongement de la journée de pâturage et les durées absolues de l'activité alimentaire ont été maintenues entre la date 1 et la date 2 (Figure 26) : il n'y a pas eu d'effet de l'évolution temporelle sur la durée absolue de l'activité alimentaire ($p > 0,05$). Par contre, comme la journée de pâturage a été la même sur PB1 et PH1 ainsi que sur PB2 et PH2, l'augmentation relative des périodes consacrées au repos sur PH s'est traduite par une réduction de la durée absolue de l'activité alimentaire sur PH par rapport à PB, sans pour autant que cette réduction soit significative ($p > 0,05$).

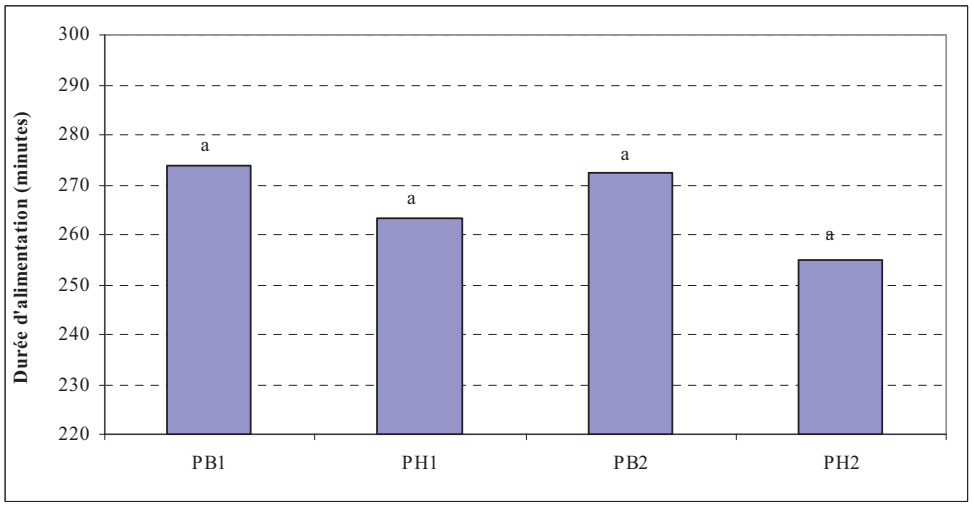


Figure 26. Comparaison des durées de pâturage sur les parcours PB et PH (2007)

4.2.2.3. Quantités ingérées

Contrairement à ce qui s'est passé sur parcours naturel, ni l'état corporel des chèvres ni la nature du pâturage n'ont affecté les quantités ingérées individuelles sur les parcours PA ($p > 0,05$) (Tableau 13), de toute façon supérieures à celles ingérées sur PN ($p = 0,044$) (Figure 27).

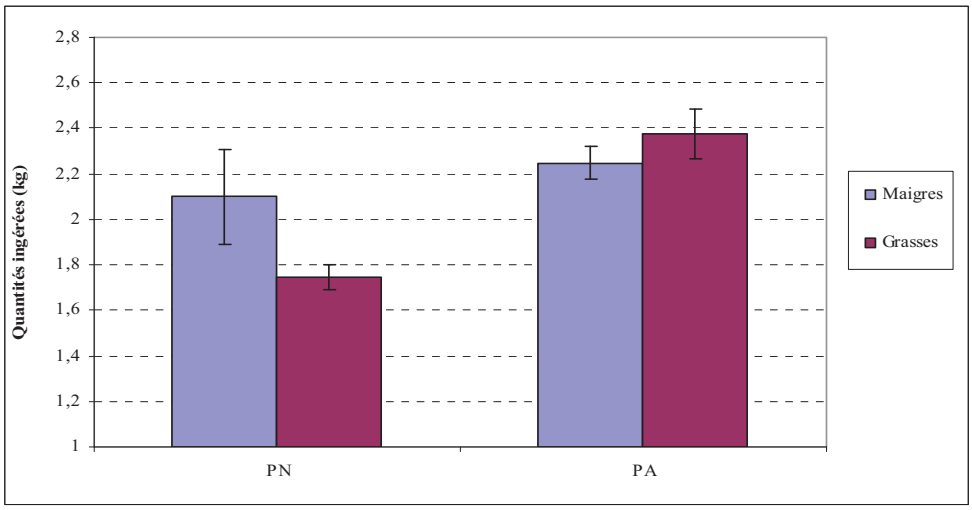


Figure 27. Comparaison des quantités totales moyennes ingérées sur PN et PA (2006) en fonction de la condition corporelle (les barres représentent les erreurs-types autour des valeurs moyennes)

Par contre, sur PB et PH, les valeurs de QI individuelles ont suivi le profil des durées de pâturage : les QI sur PB (2,04 ± 0,18 kg MS.jour^{-1}) ont été significativement supérieures ($p = 0,044$) à celles sur PH (1,79 ± 0,07 kg MS.jour^{-1}). Cette différence est surtout due aux chèvres maigres qui ont augmenté leur consommation d'environ 0,28 kg MS.jour^{-1} par rapport aux grasses (Figure 28).

Tableau 13. Quantités ingérées moyennes des chèvres sur parcours agricole (2006 ; 2007)

Lot	**Quantités ingérées (kg.jour^{-1})**				
2006	**PA1**	**PA2**	**PA3**	**PA4**	**Moyenne**
M-PA	2,14 ± 0,19^{a}	2,36 ± 0,40^{a}	2,39 ± 0,96^{a}	2,10 ± 0,07^{a}	2,25 ± 0,07^{a}
G-PA	2,10 ± 0,24^{a}	2,29 ± 0,42^{a}	2,57 ± 0,93^{a}	2,54 ± 0,48^{a}	2,38 ± 0,11^{a}
Ensemble des chèvres	2,12 ± 0,14	2,32 ± 0,26	2,48 ± 0,60	2,32 ± 0,24	2,31 ± 0,06
2007 : PB	**PB1**	**PB2**			**Moyenne**
M-PB	2,11 ± 0,17^{a}	2,25 ± 0,19^{a}			2,18 ± 0,07^{a}
G-PB	1,95 ± 0,25^{a}	1,86 ± 0,15^{a}			1,90 ± 0,05^{ab}
2007 : PH	**PH1**	**PH2**			**Moyenne**
M-PH	1,71 ± 0,18^{a}	1,83 ± 0,01^{a}			1,77 ± 0,08^{b}
G-PH	1,76 ± 0,20^{a}	1,86 ± 0,16^{a}			1,81 ± 0,07^{b}
Ensemble des chèvres	1,88 ± 0,09	1,95 ± 0,10			1,92 ± 0,08

Les lettres indiquent des différences significatives au sein d'une même colonne au seuil de 5 %

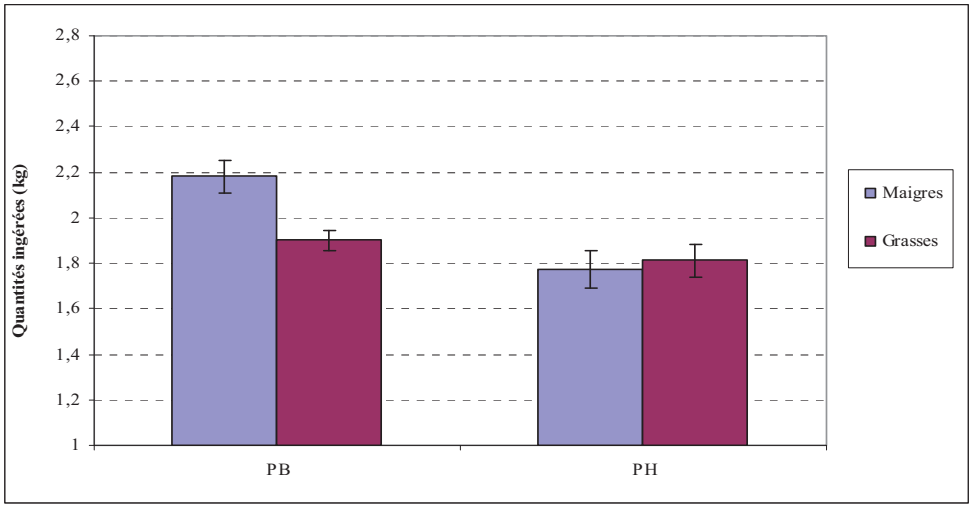


Figure 28. Comparaison des quantités totales moyennes ingérées sur PB et PH (2007) en fonction de la condition corporelle (les barres représentent les erreurs-types autour des valeurs moyennes)

Les quantités ingérées relatives aux espèces végétales ont également changé entre les parcours (Tableaux 14 et 15). Sur PA, la luzerne cultivée a, partout où elle a été présente, gardé la première position sur la liste des plantes ingérées. D'un autre côté, sur les quatre parcours, les plantes les plus consommées en quantité ont été les plantes cultivées ou les résidus agricoles. Le peuplier noir a occupé la position prédominante parmi les plantes de bordures.

Tableau 14. Quantités ingérées moyennes de chaque plante sur PA par chèvre et par jour (2006)

PA1		PA2		PA3		PA4	
Plante	**QI (kg)**	**Plante**	**QI (kg)**	**Plante**	**QI (kg)**	**Plante**	**QI (kg)**
Luzerne cultivée	0,45	**Luzerne cultivée**	0,99	Pomme de terre	0,93	**Luzerne cultivée**	0,97
Orge commune	0,31	Blé dur	0,54	Laitue	0,77	Laitue	0,42
Peuplier noir	0,21	**Peuplier noir**	0,27	Frêne à fleurs	0,32	**Peuplier noir**	0,32
Liseron des champs	0,19	Pois chiche	0,19	**Peuplier noir**	0,23	Frêne à fleurs	0,23
Frêne à fleurs	0,17	Frêne à fleurs	0,11	Ronce	0,08	Ronce	0,05
Petite centaurée	0,13	Ronce	0,11				
Luzerne orbiculaire	0,11						
Fétuque élevée	0,10						
Ronce	0,09						
Trèfle des prés	0,04						

Lorsqu'elles ont été restreintes aux résidus agricoles, les chèvres ont compensé par une ingestion importante de plantes de bordures (les feuillages consistant plus de 30% de la ration globale). Par contre, sur PH, les plantes les plus consommées sont restées les plantes fourragères (Tableau 15).

Tableau 15. Quantités ingérées moyennes de chaque plante sur PB et PH par chèvre et par jour (2007)

PB1		PH1		PB2		PH2	
Plante	**QI (kg)**	**Plante**	**QI (kg)**	**Plante**	**QI (kg)**	**Plante**	**QI (kg)**
Frêne à fleurs	**0,83**	**Luzerne cultivée**	0,54	**Frêne à fleurs**	**0,71**	**Luzerne cultivée**	0,55
Peuplier noir	**0,57**	**Frêne à fleurs**	0,44	Luzerne orbiculaire	0,55	**Frêne à fleurs**	0,50
Ronce	0,28	Petite centaurée	0,18	Repousses d'orge	0,44	Sorgho commun	0,28
Repousses d'orge	0,20	Ronce	0,09	Pailles d'orge	0,19	Peuplier noir	0,24
Pailles d'orge+vesce	0,09	Ravenelle	0,05	Feuilles mortes de peuplier noir	0,10	Feuilles mortes de peuplier noir	0,14
Luzerne orbiculaire	0,07	Luzerne orbiculaire	0,05			Vigne	0,04
Petite centaurée	0,03	Fétuque élevée	0,04			Vesce cultivée	0,01
Trèfle des prés	0,03	Laitue scariole	0,03				
Fétuque élevée	0,02	Chiendent pied-de-poule	0,02				
		Chardon des champs	0,01				
		Trèfle des prés	0,00				

Comme sur parcours naturel, les choix alimentaires faits par les animaux sur les parcours agricoles a favorisé l'obtention d'une ration de meilleure valeur alimentaire que celle offerte par le parcours (Figures 29 ; 30 ; 31 ; 32), notamment sur PB où la sélection spécifique des chèvres fut manifestée plus fortement qu'ailleurs.

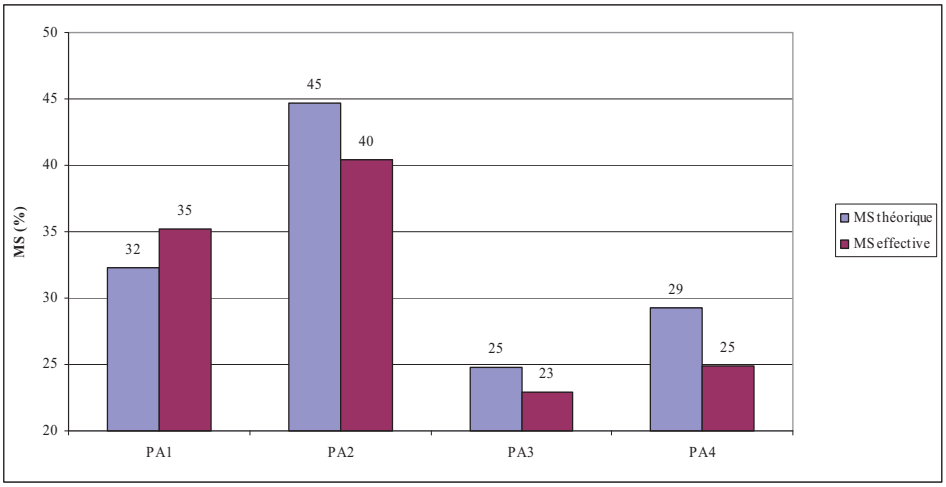


Figure 29. Evolution des teneurs en MS des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours agricole (2006)

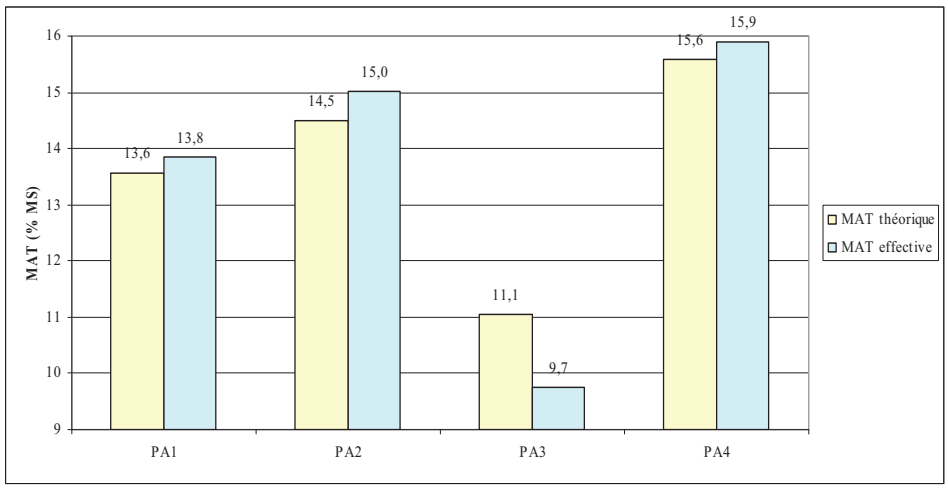


Figure 30. Evolution des teneurs en MAT des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours agricole (2006)

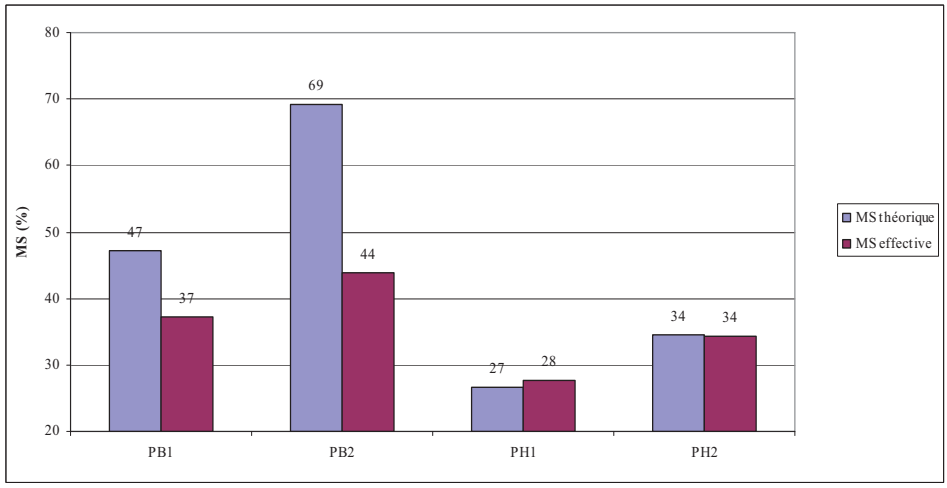


Figure 31. Evolution des teneurs en MS des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours agricole (2007)

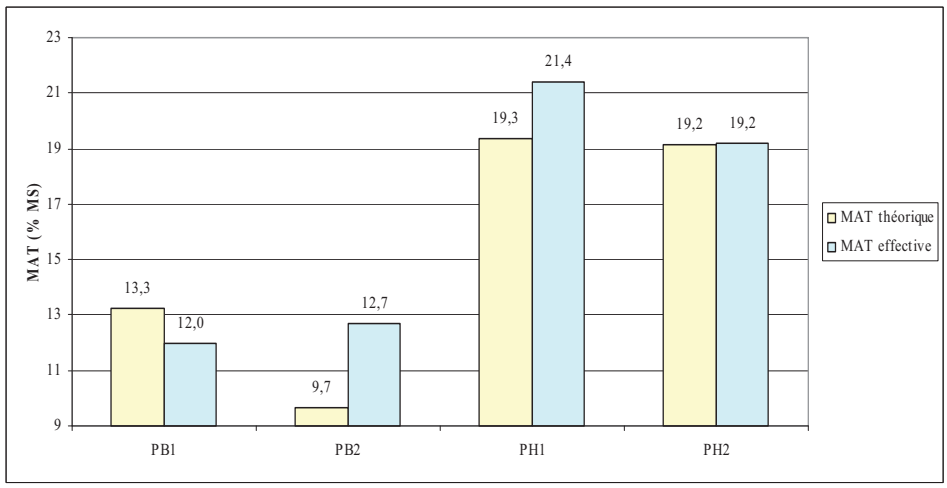


Figure 32. Evolution des teneurs en MAT des rations théoriques (offre du parcours) et effectives (consommations des chèvres) sur parcours agricole (2007)

Comportement et adaptations alimentaires des chèvres Baladi sur différents parcours de la Békaa
Foraging behavior and adaptability of the Baladi goats on different rangelands of the Bekaa Valley

KHARRAT M. (1), HASSOUN P. (2), BOCQUIER F. (3)
(1) Ecole Supérieure d'Ingénieurs d'Agronomie Méditerranéenne (USJ,) Département des Sciences Animales, Zahlé, Liban
(2) INRA, UMR Elevage des Ruminants en Régions Chaudes, 34 060 Montpellier Cedex 1, France
(3) Montpellier SupAgro, UMR Elevage des Ruminants en Régions Chaudes, 34 060 Montpellier Cedex 1, France

INTRODUCTION

La majorité des élevages caprins laitiers du Liban se base sur des systèmes extensifs où les parcours naturels sont la source principale d'alimentation (Hamadeh et al., 2001). En montagne, les maquis et garrigues sont les végétations dominantes. En plaine, des contrats sont établis avec les agriculteurs pour le pâturage des résidus agricoles (Abi Saab et al., 1998). Le but de cette étude est de déterminer les réponses adaptatives des chèvres « Baladi » face à différentes situations de restriction alimentaire pour identifier la conduite améliorant leurs performances dans ce milieu d'élevage.

1. MATERIEL ET METHODES

Deux sites expérimentaux ont été étudiés : une zone de parcours naturel (PN) consistant en quatre parcours (PN1 à PN4) en fin de printemps et une zone de parcours agricole consistant en 1ère année en quatre parcours homogènes (PA1 à PA4) et en 2ème année en deux parcours de haute et deux de basse valeur alimentaire (PH1 et PH2 ; PB1 et PB2) en été. Le troupeau expérimental constitué de 48 chèvres Baladi a été séparé en 2 lots selon la note d'état corporel : NEC maigres < 3,5 ; NEC grasses ≥ 3,5. Au cours du pâturage, nous avons déterminé la composition botanique du parcours, enregistré les préférences spécifiques individuelles des animaux, la dynamique de leurs activités et les quantités ingérées (QI) par observation des coups de dents par espèce végétale et par chèvre (Dumont et al., 1995) et estimé la valeur alimentaire (VA) des plantes prélevées en fonction des préférences spécifiques notées (MS, MAT, ADF et NDF).

2. RESULTATS

2.1. COMPORTEMENT SUR PARCOURS NATUREL

Sur PN, la diversité botanique varie selon la zone et la saison : avec le temps et l'altitude, l'indice de présence des buissons augmente et celui des herbacées diminue. La VA de ces plantes se dégrade de PN1 à PN4 avec une augmentation de la teneur en MS (de 26 à 45%), un accroissement des teneurs en lignocellulose (ADF : 21 à 37%) et des constituants pariétaux (NDF : 35 à 53%) et une diminution des teneurs en azote (MAT : 13 à 10%). Les chèvres pâturent le matin et l'après-midi (262 ± 13 minutes) et se reposent à la mi-journée, lorsque la température est maximale. Avec l'avancement de la saison estivale, les durées quotidiennes de repos et de déplacement augmentent (55 à 105 min ; 120 à 195 min, resp.). La nature du parcours n'a pas d'effet sur les QI individuelles (1,94 ± 0,12 kg.jour^{-1}). Cependant, sur PN3 et PN4, les QI des chèvres maigres sont plus importantes que celles des grasses (+0,68 kg.jour^{-1} ; p=0,02 et +0,56 kg.jour^{-1} ; p=0,03, resp.). En passant de PN1 à PN4, la proportion de ligneux dans la ration passe de 25-28% à 53-54%.

2.2. COMPORTEMENT SUR PARCOURS AGRICOLE

Ce parcours est constitué de plantes cultivées et d'adventices. Sur PA et PH, les teneurs en MS (24-45%), MAT (10-16%), ADF (20-29%) et NDF (30-46%) sont équilibrées, contrairement aux résidus exclusifs (PB) où les teneurs en MS atteignent 69%, MAT 9%, ADF et NDF 41 et 59% resp. Bien que les chèvres soient passées dans une zone de pâturage plus facile, elles maintiennent leur durée quotidienne d'activité alimentaire (263±11 min) et passent le reste du temps à se reposer (75 à 105 min). Ni l'état corporel ni la nature du pâturage n'affectent les QI individuelles (2,31±0,06 kg.jour^{-1}) sur PA, supérieures à PN (p=0,04). Cependant, dans les situations d'alimentation limitante (PB), les chèvres maigres accroissent leurs QI d'environ 0,28 kg MS/jour par rapport aux grasses, avec des valeurs sur PB (2,04±0,09 kg.jour^{-1}) supérieures à celles sur PH (1,79±0,03 kg.jour^{-1}) (p=0,04).

3. DISCUSSION

La dégradation de la VA avec l'accroissement de la température estivale est classique sur parcours méditerranéens (Meuret, 1997 ; Ben Salem et al., 2004). Malgré des teneurs en MS, ADF et NDF élevées et en MAT faibles, les chèvres consomment d'autant plus de ligneux qu'ils sont plus abondants sur parcours estival. Ce fait est dû au comportement « browser » de ces animaux (Dumont et al., 1995) capables d'utiliser les parties intéressantes de cette végétation (Rogosic et al., 2008) ainsi qu'à la disponibilité relative des fourrages. Nous confirmons aussi qu'avec l'augmentation de la température, la chèvre se repose davantage à midi et compense le soir (Reyneri et al., 1994). Les QI des chèvres augmentent quand les conditions alimentaires sont plus favorables. Egalement, en situation de restriction alimentaire, les chèvres maigres, incapables de puiser dans leurs réserves, augmentent leurs QI pour tenter de satisfaire leurs besoins comme montré par Blanc et al. (2006).

CONCLUSION

Au cours de la saison de traite, l'évolution de la végétation en montagne présente une bonne complémentarité avec les parcours agricoles de plaine. Nos mesures confirment ce qui a été observé sur le plan comportemental et les complètent en quantifiant les consommations des chèvres Baladi.

Abi Saab, S., Sleiman, F., Rahme E., 1998. CEDLUSEK, Annales de Recherche Scientifique, 1, 57-62
Ben Salem, H., Makkar, H.P.S., Nefzaoui, A., 2004. Options Méditerranéennes, Série A, 59, 177-187
Blanc, F., Bocquier, F., Agabriel, J., D'hour, P., Chilliard, Y., 2006. Anim. Res., 55, 489-510
Dumont, B., Meuret, M., Prud'hon, M., 1995. Small Ruminant Research, 16, 27-35
Hamadeh, S.K., Bistanji, G.N., Darwish, M.R., Abi Said, M., Abi Meuret, M., 1997. INRA Prod. Anim., 10, 391-401
Reyneri, A., Pascal, G., Battaglini, L.M., 1994. Options Méditerranéennes, 5, 107-121
Rogosic, J., Estell, R.E., Ivankovic, S., Kezic, J., Razov, J., 2008. Small Ruminant Research, 74, 1-15

4.3. Comportement alimentaire à l'auge

A l'auge, les animaux ont montré une nette préférence pour le foin de luzerne et le concentré. En tout cas, le rythme de consommation reste régulier et sans-à-coups dès la fourniture de la ration au moment fixé. Cependant, chez les chèvres comme chez tous les autres animaux, la dominance hiérarchique au sein du groupe joue un rôle majeur dans la dynamique alimentaire à l'auge, contrairement à ce qui se passe sur parcours. Sur le parcours, les grandes surfaces empêchent les animaux d'être en contact étroit les uns avec les autres, ce qui réduit fortement les manifestations de dominance. Alors qu'à l'auge, le regroupement de 24 chèvres sur deux auges et une cage sur le même espace renforce ces instincts naturels. Cette dominance se manifeste par des signes d'agressivité de la part des dominantes sur les dominées qui sont alors retardées dans leur activité alimentaire : elles attendent leur tour, ou mangent plus souvent avec des arrêts et des reprises fréquents, ou tout simplement abandonnent la partie sans se rassasier. Ces variations comportementales dans l'activité alimentaire se sont traduites par des variations dans la courbe correspondante, qui montre deux pics d'activité (Figure 33) : les chèvres commencent par un rythme très rapide qui baisse peu à peu, avec des chèvres qui se retirent et d'autres qui reprennent leur activité alimentaire. Elles prennent alors une petite pause, puis reprennent leur activité mais avec moins d'entrain que le matin. Ensuite, le rythme baisse une fois de plus jusqu'à arrêt total de toute activité alimentaire environ trois heures plus tard. Sur ces trois heures, l'activité alimentaire dure à peu près une heure 45 minutes. Cette durée est stable avec le temps vu que les apports restent les mêmes et que l'activité alimentaire ne dépend plus des conditions de la journée.

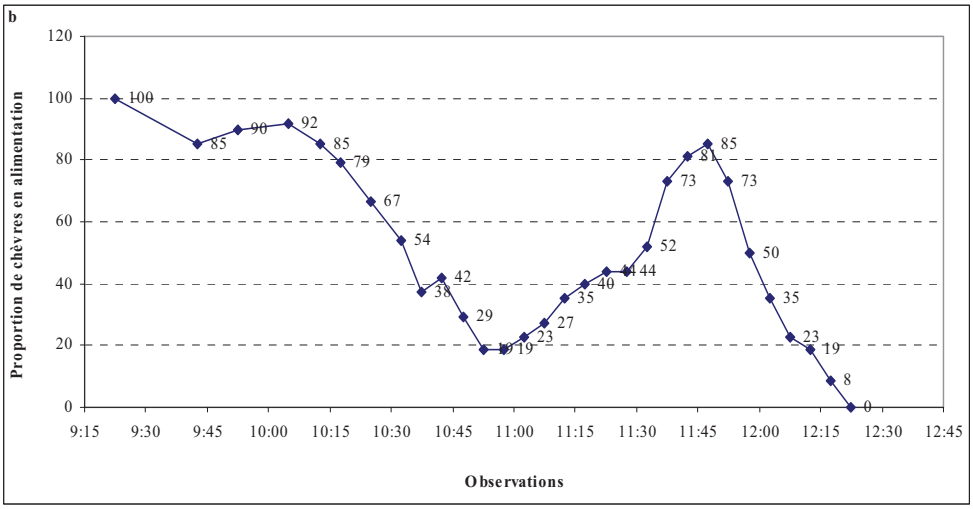


Figure 33. Evolution des activités de consommation des chèvres à l'auge suite à la distribution des aliments (observations entre 9h15 et 11h45, les chiffres indiquent la proportion en % des chèvres)

Les quantités ingérées à l'auge ont été proches de celles relevées sur parcours agricoles, mais avec des valeurs alimentaires des rations mieux équilibrées (Tableau 16).

Tableau 16. Taux de refus et quantités totales ingérées par chèvre et par jour

Aliment distribué	Refus (%)	QI (kg MS.jour^{-1})	Energie nette (UFL)	Protéines (g PDI)
Luzerne (20% perte)	19	1,00	0,67	94
Paille	66	0,09	0,04	4
Maïs ensilage	2,5	0,29	0,26	19
Orge	0	0,33	0,38	33
Maïs	0	0,43	0,55	52
Son gros de blé	11	0,15	0,12	12
Total		**2,29**	**2,02**	**215**

5. DISCUSSION

Les résultats de cette étude mettent d'abord en relief la variété des ressources sur parcours naturel méditerranéen entre espèces herbacées, buissons, arbustes et arbres (Osman et Cocks, 1992 ; Dumont et al., 1995 ; Perevolotsky et al., 1998 ; Aharon et al., 2007 ; Rogosic et al., 2008), mais aussi le problème de la dégradation de la valeur nutritive des plantes, notamment de la valeur azotée, due à l'avancement de la chaleur estivale classique sur ces parcours (Meuret, 1997 ; Cabiddu et al., 1999 ; Silanikove, 2000; Ben Salem et al., 2004 ; Mandaluniz et Oregui, 2004). Cependant, malgré l'accroissement de la teneur en MS des espèces végétales présentes, leur pauvreté en MAT et surtout leur enrichissement en fibres (ADF et NDF), les chèvres consomment d'autant plus de plantes broussailleuses qu'elles sont plus abondantes sur parcours estival. Ce fait illustre la capacité de la chèvre à adapter ses consommations selon la disponibilité des fourrages sur parcours (Narjisse, 1991) et l'évolution de la végétation d'espèces herbacées à des espèces buissonnantes, comme rapporté par de nombreux auteurs (Goby et al., 1994 ; Lopez-Trujillo et Garcia-Elizondo, 1995 ; Dumont, 1996 ; Meuret, 1997 ; Sharma et al., 1998 ; Landau et al., 2000 ; Aregheore et al., 2006 ; Aharon et al., 2007 ; Kyriazopoulos et al., 2009), et comme nous l'avons publié (Kharrat et al., 2008) ainsi qu'en se reportant sur les feuillages d'arbres, qui bénéficient d'une plus grande résistance à la sécheresse estivale que les herbacées (Meuret et Agreil, 2007). Ceci confirme également ce qui a été précédemment observé sur le comportement alimentaire des chèvres au pâturage, notamment sur parcours naturel, la classifiant parmi les animaux « browsers » plutôt que « grazers » (Dumont et al., 1995 ; Meuret, 1997 ; Perevolotsky et al., 1998 ; Sharma et al., 1998 ; Landau et al., 2000 ; Pelliza et al., 2001 ; Mandaluniz et Oregui, 2004 ; Aharon et al., 2007 ; Rogosic et al., 2008 ; Yiakoulaki et al., 2009).

Nous avons ensuite conduit une étude fine à partir de nos observations sur parcours naturels en début de saison. Ayant noté la taille des bouchées selon les plantes consommées, nous montrons que les contributions spécifiques des différentes espèces végétales au régime alimentaire sont en partie modulées par la taille (Baumont et al., 2000) et le nombre des coups de dent donnés par espèce qui dépendent de l'accessibilité des plantes, de leur structure et de leur appétence, la taille

des coups de dents ayant toutefois plus d'effet sur le PS ingéré final que le nombre (Dziba et al., 2003 ; Agreil et Meuret, 2004). Nous aboutissons ainsi à une classification fonctionnelle (Figure 34) des plantes selon leurs caractéristiques (traits) : des plantes plus ou moins faciles à ingérer (structure, port, épines), parmi ces plantes celles à teneur en MS faible ou élevées (Agreil et Meuret, 2004), enfin celles qui sont très appétentes ou moins appétentes. Cette classification dichotomique permet en partie d'expliquer les grandes différences de poids spécifiques par coup de dent (0,11 à 0,79 g MS), qui, multipliés par le nombre de coups de dent permet d'expliquer les contributions spécifiques des différentes plantes au régime. De ce raisonnement, il apparaît que malgré la modulation du comportement alimentaire, l'indice de présence de l'espèce végétale est un facteur déterminant dans la contribution aux quantités totales ingérées (Kyriazopoulos et al., 2009).

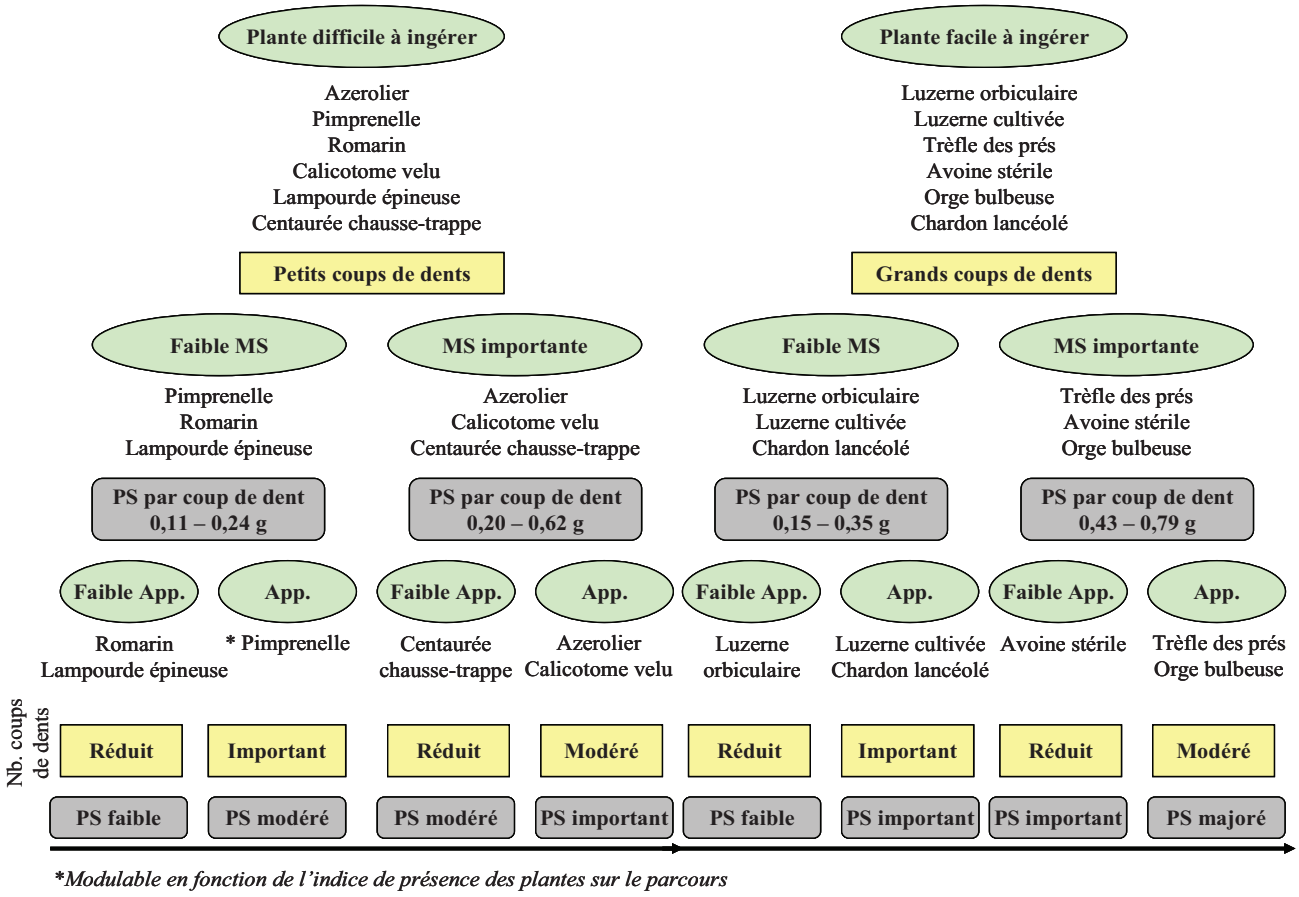


Figure 34. Synthèse des observations sur les quantités ingérées selon les espèces végétales consommées. Les plantes sont classées en huit types selon la taille du coup de dents (petit ou grand) et le nombre de coups de dents (réduit, modéré ou important).

L'avancement saisonnier sur parcours naturel méditerranéen se traduit aussi par une augmentation, sur la journée de pâturage, des durées de repos et de déplacement des animaux du fait de la chaleur et de la sécheresse croissantes, notamment en milieu de journée. Cependant, cette augmentation est parallèle à un allongement de la journée totale de pâturage, ce qui maintient

constante la durée de l'activité alimentaire : plus il fait chaud, plus la chèvre se repose à midi et compense le soir, fait également noté par Reyneri et al. en 1994, Perevolotsky et al. en 1998 et Sharma et al. en 1998.

Vu la faible disponibilité alimentaire, les quantités ingérées individuelles des chèvres sur parcours naturel, de l'ordre de 1,9 kg de MS par jour, quoique supérieures à celles indiquées par Goby et al. (1994) et Dumont et al. (1995), sont inférieures à celles ingérées sur parcours agricole. Ces dernières sont de l'ordre de 2,3 kg de MS par jour sur ce parcours plus riche, de valeur alimentaire plus équilibrée vu la présence de cultures fourragères plus préhensibles riches en énergie et en matière azotée, les rapprochant des valeurs observées dans un système intensif (Morand-Fehr et al., 2007 ; Lefrileux et al., 2008_a). Lorsque les conditions alimentaires deviennent plus favorables, les quantités ingérées augmentent (Dumont et al., 1995 ; Beaumont, 1996 ; Meuret, 1997). Ce fait peut également être le résultat d'une moindre diversité des ressources végétales disponibles, étant donné qu'une trop forte hétérogénéité de l'offre limite l'ingestion (Meuret et Bruchou, 1994). Toujours est-il qu'en situation de restriction alimentaire, que ce soit sur parcours naturel ou sur parcours agricole de basse valeur alimentaire (chaumes de céréales à faible teneur en MAT et forte teneur en fibres comme montré par Malau-Aduli et al. en 2003), les chèvres maigres augmentent leur ingéré par rapport aux plus grasses. Elles manifestent ainsi des capacités d'adaptation comportementale essentielles pour assurer leurs besoins physiologiques et productifs comme montré par Blanc et al. (2004 ; 2006), Tolkamp et al. (2006 ; 2007) et Caldeira et al. (2007) qui ont observé que plus le tissu adipeux est réduit, plus l'animal est stimulé à ingérer. Ce fait est lié à la moindre concentration en leptine chez les animaux maigres, notamment en conditions de sous-nutrition (Chilliard et al., 2000 ; 2005), ce qui favorise l'acte d'ingestion.

A l'auge, la situation est beaucoup plus stable : le comportement alimentaire est régulier avec une moindre manifestation de tri sélectif et une consommation régulière dans le temps. Les quantités ingérées par les chèvres restent stables durant toute la durée de l'essai, avoisinant en moyenne les 2,3 kg de MS par jour, valeur proche de celle observée sur parcours agricole au même stade physiologique. Toutefois, comme nous l'avons observé, le confinement des chèvres renforce les comportements d'antagonismes (dominant *vs* dominé) (Miranda-de la Lama et Mattiello, 2010) ce qui peut induire, d'abord un fractionnement des repas chez les animaux dominés, et éventuellement des différences interindividuelles que nous n'avons pas quantifiées. Nos résultats montrent que cette chèvre habituée au plein air est capable de s'adapter, lorsque la surface disponible est suffisante (6 m² / chèvre) et que l'alimentation est distribuée à volonté (refus suffisants), à une forme d'intensification.

Les apports alimentaires estimés dans les différentes situations de parcours, si elles apparaissent logiques, doivent être confrontées aux performances zootechniques au sens large (production laitière, évolution des réserves, taux de reproduction).

CHAPITRE V. EXPRESSION DES CAPACITES ADAPTATIVES DES CHEVRES BALADI EN FONCTION DE L'APPORT ALIMENTAIRE ET DE L'ETAT DES RESERVES CORPORELLES

1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. L'élevage et les produits caprins

L'élevage caprin est pratiqué dans le monde pour quatre grandes catégories de produits : le lait, la viande, la peau et la toison. La grande majorité des quelques 850 millions de caprins recensés dans le monde (Institut de l'Elevage, 2009) est localisée dans les pays en voie de développement où elle est surtout exploitée pour la viande. Dans les pays industrialisés par contre, les élevages caprins sont surtout orientés vers une production laitière et fromagère (Morand-Fehr et Sauvant, 1988). Si cette évolution a été rendue possible par l'existence d'un marché du fromage de chèvre offrant des prix attractifs, les aptitudes laitières de la chèvre y ont surtout contribué.

Sur le plan organoleptique, le lait de chèvre se présente comme un liquide blanc, opaque, d'une saveur particulière. En effet, il contient, en plus grandes proportions que le lait de vache ou de brebis, des acides gras spécifiques (caproïque, caprylique et caprique) qui donnent au fromage de chèvre son goût typique (Pensuet et Toussaint, 1995 ; St-Gelais et al., 2000 ; Chilliard et al., 2003). La couleur parfaitement blanche caractéristique du lait de chèvre est due à l'absence d'un pigment naturel présent dans le lait d'autres femelles laitières d'élevage : la carotène (Pensuet et Toussaint, 1995 ; Mathieu, 1998).

Sur le plan technologique, le lait de chèvre a une densité de près de 1,03. En plus de 900 g d'eau environ, il se compose d'éléments ayant un rôle important en fromagerie : lactose, matières grasses, protéines consistant essentiellement en caséine, matières minérales, surtout le Ca et le P (Feinberg et al., 1987 ; Pensuet et Toussaint, 1995) et vitamines surtout les vitamines A, D et B (Quittet, 1977 ; Feinberg et al., 1987). En général, comparativement à un lait de brebis ou de vache, le lait de chèvre est moins riche en lactose, en matières grasses et en protéines (St-Gelais et al., 2000), cette composition pouvant être très différente selon la race et le type de chèvre et le potentiel de production. Les chèvres rustiques peu sélectionnées pour la production laitière donnent un lait plus riche en matières grasse et protéique que les chèvres hautement sélectionnées comme l'Alpine et la Saanen (Morand-Fehr et al., 1991_a).

Sur le plan nutritionnel, comme tous les laits, le lait de chèvre présente beaucoup d'atouts nutritionnels comme ses apports importants en calcium, vitamines A et protéines de haute qualité. Cependant, il lui est souvent reproché ses grandes teneurs en matières grasses, apportant de surcroît du cholestérol et de grandes proportions d'acides gras saturés (Feinberg et al., 1987 ; Chilliard et al., 2007).

Tableau 17. La composition du lait de chèvre en comparaison avec celui d'autres femelles laitières comme la vache et la brebis

Composition du lait de chèvre, de vache et de brebis (g par kg de lait)					
Espèce animale	Matière sèche totale	Matières protéiques	Matières grasses	Lactose	Matières minérales
Chèvre					
Mahaut et al. (2000)	130	35	42	43	8,6
Le Jaouen (1974) *in* Chunleau (1994) ; Pensuet et Toussaint (1995)	115 – 130	28 – 35	30 – 38	40 – 50	7 – 9
Vache					
Mahaut et al. (2000)	125	36	41	50	7,1
Mathieu (1998)	98	32	38	49	6,9
Le Jaouen (1974) *in* Chunleau (1994) ; Pensuet et Toussaint (1995)	115 – 130	30 – 35	35 – 40	45 – 50	7 – 9
Brebis					
Mahaut et al. (2000)	193	52	79	48	9
Le Jaouen (1974) *in* Chunleau (1994) ; Pensuet et Toussaint (1995)	160 – 254	45 – 75	55 – 110	52 – 55	8 – 14

Cette composition varie en fonction de la race et du type de chèvre et du potentiel de production

Les taux de matière grasse (taux butyreux, TB) et de matière protéique (taux protéique, TP), ainsi que leur état physico-chimique, constituent la qualité biochimique du lait (Charron, 1986 ; Mathieu, 1998).

Les matières grasses donnent au fromage son onctuosité et une partie de sa saveur (Pensuet et Toussaint, 1995 ; Mathieu, 1998 ; Chilliard et al., 2003). Elles se présentent dans le lait sous forme d'une émulsion formée par les globules gras qui fixent les odeurs, rancissent et s'oxydent sous l'effet de l'acidité, la lumière, le cuivre, le sel, l'air et la chaleur (Mathieu, 1998). Cette matière grasse du lait est altérée par deux facteurs : les grandes agitations mécaniques et la chaleur (Charron, 1986 ; Institut de l'Élevage, 1998). Cette dégradation par les enzymes du lait ou des microbes de contamination entraînant la libération d'acides gras libres s'appelle lipolyse (Institut de l'Élevage, 1998 ; Mahaut et al., 2000). Le lait de chèvre y est particulièrement sensible (Institut de l'Élevage, 1998), ce qui contribue au goût particulier des produits caprins (Chilliard et al., 2003) mais qui peut aussi provoquer des défauts de goût dans les produits laitiers (rance, savon) (Institut de l'Élevage, 1998 ; Mahaut et al., 2000).

Le lait doit contenir une concentration maximum en caséine et surtout en protéines coagulables. Ces dernières représentent en moyenne dans le lait de chèvre 70,9 % de la matière azotée totale. La fraction non coagulable dite du sérum ou 20,4% de la MAT (Institut de l'Élevage, 1998) est entraînée dans le sérum lors de l'égouttage du caillé (Institut de l'Élevage, 1998 ; Mathieu, 1998). La richesse en protéines coagulables améliore le rendement fromager et renforce sa

capacité à donner un gel ferme et facile à travailler (Pensuet et Toussaint, 1995 ; Institut de l'Élevage, 1998).

La qualité du lait influera directement sur celle des produits laitiers proposés au consommateur (Pensuet et Toussaint, 1995). Les exigences réglementaires actuelles sur la qualité bactériologique et la composition du lait sont importantes. Pour l'industrie laitière, ce n'est pas le volume mis en œuvre qui compte, mais sa propreté (Mathieu, 1998) et son contenu en matières utiles (Mathieu, 1998 ; Bocquier et Caja, 2001).

1.2. Les cycles physiologiques

1.2.1. La reproduction

Les chèvres manifestent naturellement une alternance saisonnière de périodes d'activité et de repos sexuel (Shelton, 1978 ; Mabjeesh et al., 2007) liée au photopériodisme. Cependant, plus on se rapproche de l'équateur, moins ce photopériodisme a un effet marqué sur l'activité sexuelle (Shelton, 1978). Les premières chaleurs se déclarent généralement en août-septembre selon la région et le troupeau et se répètent en absence de gestation (Shelton, 1978 ; Pensuet et Toussaint, 1995) : les femelles présentent alors une succession de cycles jusqu'au début février (anœstrus). Chaque cycle sexuel dure environ 19-21 jours (Shelton, 1978). L'ovulation intervient à la fin des chaleurs qui durent de un à quatre jours (Pensuet et Toussaint, 1995) avec une durée moyenne de 36 heures. C'est là que doit intervenir la saillie, du succès de laquelle dépendent la future lactation et la production de chevreaux. Pour des raisons zootechniques et économiques, certains éleveurs sont amenés à créer des conditions artificielles de reproduction en synchronisant les chaleurs dans le troupeau pour avoir une mise-bas groupée. Après une gestation de cinq mois, la mise-bas aura lieu en janvier-février (Shelton, 1978 ; Pensuet et Toussaint, 1995).

La prolificité des chèvres laitières est en moyenne de deux chevreaux par mise-bas d'adulte (Shelton, 1978). Le poids des chevreaux à la naissance peut varier de 2 kg pour la race Créole (Alexandre et al., 1999) à 3 kg pour la Saanen (Havrevoll et al., 1995) à environ 5 kg pour la Chami (Abi Saab, 2005). Le gain de poids quotidien peut varier de 70 g par jour pour la race Créole (Alexandre et al., 1999) à 140 g par jour pour la race Chami (Abi Saab, 2005), les mâles ayant généralement un GMQ supérieur à celui des femelles (Alexandre et al., 1999 ; Hary et Schwartz, 2002).

Les performances reproductives des femelles, entre autres la ***prolificité***, le ***poids des chevreaux à la naissance*** et le ***gain de poids quotidien*** des chevreaux jusqu'au sevrage, dépendent de plusieurs facteurs dont la production laitière des mères allaitantes (Hary et Schwartz, 2002 ; Abi Saab, 2005), leur état corporel en début de lactation (Mavrogenis et al., 1984 *in* Abi Saab, 2005) et

l'alimentation (Havrevoll et al., 1995). De nombreuses autres études ont montré que l'alimentation est en mesure d'affecter fortement les performances reproductives des femelles de petits ruminants, à travers le bilan énergétique et l'état des réserves corporelles, notamment durant la période de lutte (Atti et al., 2004 [brebis] ; Blanc et al., 2004, 2006).

1.2.2. La production laitière

1.2.2.1. La lactation

De grandes quantités de sang sont nécessaires pour fournir à la mamelle les éléments indispensables à la synthèse du lait : 500 litres de sang pour chaque litre de lait (Institut de l'Elevage, 1998). La mamelle synthétise les matières grasses du lait à partir des acides gras du sang. Les acides gras saturés et à chaîne courte ($< C_{16}$) sont synthétisés par les cellules épithéliales mammaires à partir de l'acétate et du butyrate qui ont pour origine les fermentations en acide acétique et butyrique, dans le rumen, des aliments grossiers (cellulose) et de l'amidon (Badinand et Lahlou-Kassi, 1996 ; Mathieu, 1998 ; Mahaut et al., 2000). Les matières protéiques sont en grande partie synthétisées à partir d'acides aminés provenant soit de la flore microbienne du rumen, soit de la digestion des matières azotées d'origine alimentaire (Vérité et Peyraud, 1988).

1.2.2.2. Evaluation de la production laitière

Mesurer la production laitière peut paraître chose aisée ; il suffit d'enregistrer la ***quantité de lait*** recueillie à l'issue de la traite. Cependant, l'évaluation de la production totale de lait devient beaucoup plus difficile si on laisse un chevreau téter pendant une partie de la journée (Chesworth, 1996). Des analyses spécifiques de laboratoire permettent d'évaluer la teneur en matière grasse ou ***TB*** du lait et la teneur en matières protéiques ou ***TP*** du lait.

1.2.2.3. Les facteurs influençant la lactation et son évolution

La race, les performances individuelles et la morphologie de la mamelle font les bonnes et les moins bonnes laitières. Donc la sélection génétique joue un rôle prépondérant sur la production laitière, le rendement, la richesse du lait et la persistance de la lactation.

D'un autre côté, la date de mise bas, le rang ou numéro de lactation, ainsi que le stade de lactation ont une incidence directe sur les performances laitières. Il y aura toujours intérêt à rechercher des mises bas précoces allongeant la durée de la lactation. En ce qui concerne le rang de lactation, le rendement maximal d'une chèvre est généralement obtenu à la troisième ou quatrième lactation. A partir de la quatrième lactation, la production laitière a, chaque année, tendance à baisser (Pensuet et Toussaint, 1995). Par ailleurs, au cours de la lactation, la production augmente progressivement pendant le mois suivant la mise bas pour atteindre un maximum au cours du

deuxième mois de lactation, puis diminue lentement (Pensuet et Toussaint, 1995 ; Institut de l'Elevage, 1998). Là aussi, le facteur génétique intervient : beaucoup de bonnes laitières amorcent très vite la chute après trois mois de haute production alors que certaines à faible production au mois de mai peuvent maintenir leur niveau jusqu'en octobre. Une des caractéristiques d'une bonne laitière est de maintenir une bonne persistance de sa courbe de lactation (Pensuet et Toussaint, 1995 ; Ruvuna et al., 1995), cette persistance se détériorant avec l'âge de la femelle (Ruvuna et al., 1995).

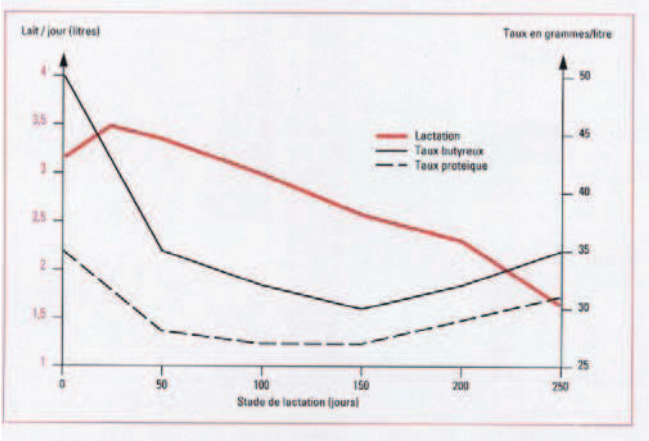


Figure 35. Évolution de la production et de la composition du lait au cours de la lactation (Institut de l'Élevage, 1998)

Quant aux taux butyreux et protéique du lait, ils varient de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite (Institut de l'Elevage, 1998 ; Chilliard et Bocquier, 2000). Le TB est élevé en début de lactation puis il diminue rapidement au cours du deuxième mois : d'un côté, la quantité de lait dilue la matière grasse et d'un autre, la moindre mobilisation des réserves lipidiques corporelles réduit la disponibilité en AGNE circulants pour la synthèse des lipides par la mamelle (Chilliard et al., 2003). En fin de lactation, le TB augmente en raison de la moindre production de lait. Les variations sont moins amples pour le TP mais le principe de dilution reste valable.

Enfin, les conditions d'élevage, ensemble des éléments composant le milieu dans lequel l'animal évolue, vont aussi jouer un rôle important dans le déroulement de la lactation. Pour donner son rendement maximal, la chèvre doit être placée dans de bonnes conditions de logement et avoir un bon état sanitaire (Pensuet et Toussaint, 1995). L'alimentation est aussi un des éléments essentiels influençant la lactation et la composition du lait, soit directement, soit à travers l'état corporel de l'animal. Ainsi, chez les brebis Barbarine, Atti et al. (1995) ont trouvé que la production laitière des brebis grasses est supérieure à celle des brebis maigres du fait de la mobilisation des réserves corporelles chez ces dernières pendant la lactation. Dans le même sens,

Bocquier et al. (2002) ont montré qu'un bon état corporel des brebis Latxa à la mise bas leur permet, avec des fourrages encombrants, de produire plus de lait que lorsqu'elles sont plus maigres. Ces brebis, en déficit énergétique dès le début de la lactation, mobilisent plus de lipides que les maigres et ont par la suite des taux butyreux plus élevés, le TB étant négativement corrélé au bilan énergétique de l'animal (Bocquier et Caja, 2001 [brebis] ; Chilliard et al., 2003 [chèvres]), mais des taux protéiques plus faibles (Bocquier et al., 2002), le TP étant positivement corrélé au bilan énergétique (Bocquier et Caja, 2001).

1.2.3. Le métabolisme énergétique

1.2.3.1. L'état corporel et la lipomobilisation

L'état corporel d'un animal est théoriquement le reflet de ses réserves corporelles à la fois énergétiques et protéiques (Jarrige, 1988).

Au sein d'une race donnée, le premier indice de l'état corporel de l'animal est son poids vif (Rubino et al., 1991 ; Chesworth, 1996).

Le deuxième est l'estimation des réserves corporelles. Comme les réserves protéiques sont beaucoup moins mobilisables chez la chèvre que les réserves lipidiques, et que les réserves minérales sont difficiles à apprécier, ce sont surtout les réserves adipeuses qui sont évaluées (Chilliard, 1986 ; Sauvant et Morand-Fehr, 1991 ; Morand-Fehr, 2005). Ces réserves ont pour origine l'excédent énergétique stocké, essentiellement sous forme de lipides, dans les tissus adipeux lorsque les apports alimentaires énergétiques sont supérieurs aux besoins physiologiques. Elles permettent à l'animal de faire face aux périodes de pénurie alimentaire (Chilliard et al., 1999 ; 2000 ; Morand-Fehr, 2005). Les réserves adipeuses ou corporelles d'une manière générale évoluent dans le même sens que le poids vif et y sont positivement corrélées (Purroy et al., 1991 ; Atti, 1992).

La troisième est la teneur en acides gras non estérifiés (AGNE) dans le plasma sanguin (Sauvant et Morand-Fehr, 1991) qui est quantitativement la source énergétique physiologique la plus importante chez les animaux sous-alimentés (Wadum et al., 2002). C'est, contrairement aux deux premiers, un paramètre dynamique, qui reflète un état instantané de lipomobilisation par l'animal (Chilliard et al., 1987 ; Santucci et al., 1991). Chez les ruminants, l'accroissement de cette teneur lorsque les animaux sont en déficit énergétique a été rapporté par de nombreux auteurs cités par Bocquier et al. (2002) qui confirment que ces variations sont étroitement reliées au bilan énergétique. En effet, cet accroissement a pour origine la mobilisation des réserves lipidiques de l'animal (Badinand et Lahlou-Kassi, 1996 ; Chilliard et al., 2000 ; Bocquier et Caja, 2001 [brebis] ; Atti et al., 2004 [brebis]). Lorsque les animaux sont nourris à volonté, les diminutions de teneurs en AGNE qui apparaissent avec le stade de lactation chez la vache (Decan et Journet, 1967 *in*

Bocquier et al., 2002), la chèvre (Dunshea et al., 1990 *in* Bocquier et al., 2002) et la brebis (Rhind et al., 1992 *in* Bocquier et al., 2002) proviennent du rééquilibrage du bilan énergétique. Certains auteurs (Chilliard et al., 1995 *in* Bocquier et al., 2002 ; Atti et al., 2004) ont trouvé qu'à long terme, les ruminants sous-alimentés s'adaptent en diminuant leurs teneurs en AGNE circulants ce qui aurait pour fonction de limiter l'effet toxique des fortes concentrations.

1.2.3.2. Evaluation de l'état corporel et de la lipomobilisation

Le ***poids vif*** des animaux est obtenu par pesée à l'aide d'une bascule. Le coût de cet instrument étant relativement élevé, les caprins peuvent être pesés à l'aide d'un peson à ressort en suspendant l'animal dans un sac. Un moyen plus simple d'évaluer le poids est d'évaluer le tour de taille. Toutefois, cette méthode n'est pas n'est pas suffisamment précise pour suivre les variations du poids (Chesworth, 1996). En effet, le poids vif dépend du format de l'animal (race, âge), de l'importance des contenus digestifs et dans une certaine mesure seulement de l'état d'engraissement.

L'estimation de l'état des réserves corporelles, qui peut se faire par attribution d'une ***note d'état corporel*** (Schmidely et al., 1995 ; Morand-Fehr, 2005) est un meilleur indicateur des réserves lipidiques de la chèvre que son poids vif (Delfa et al., 1995). Cette méthode permet un pilotage fin de l'état d'alimentation du troupeau (Chunleau, 1994 ; Chesworth, 1996) par une appréciation de la composition corporelle suffisante et bien adaptée aux conditions de terrain (Schmidely et al., 1995 ; Morand-Fehr, 2005). Il existe plusieurs méthodes pour l'estimation de la note d'état corporel de la chèvre, par palpation au niveau sternal, lombaire et caudal (Delfa et al., 1995 ; Teixeira et al., 1995) où l'opérateur tâte les parties charnues du sternum, du dos et de la queue de l'animal et attribue une note en conséquence. Les notes dans les échelles européennes utilisées vont généralement de 1 (très maigre) à 5 (très gras) (Chesworth, 1996).

Une échelle de notes sternales et lombaires est bien adaptée pour estimer l'état corporel des caprins (Hervieu et al., 1989 *in* Hervieu et al., 1995 ; Hervieu et Morand-Fehr, 1999 *in* Morand-Fehr, 2005). Hervieu et al. (1995) ont mis au point une nouvelle échelle de notation caudale qui s'est avérée avoir une bonne aptitude de prédiction de la masse adipeuse de l'organisme. En effet, l'expérimentation de Hervieu et al. a démontré que les corrélations entre les notes décrites sur les **2ème** et **3ème** vertèbres caudales et la masse des tissus adipeux abdominaux ou du gigot sont supérieures à celles obtenues avec les notes sternale et lombaire. De plus, au niveau caudal, les repères anatomiques au niveau de la queue sont plus faciles à décrire qu'aux niveaux lombaire et sternal. Les notes sont estimées par rapport à cette échelle au moyen de palpations *in vivo* sur les repères anatomiques des 2ème et 3ème vertèbres caudales de l'animal en exerçant une pression modérée des doigts pour sentir les repères et attribuer une note en conséquent.

Tableau 18. Description de l'échelle de notation caudale (Hervieu et al., 1995)

Note	Description
0	Etat de maigreur extrême. Os fortement saillants. Peau sèche et collée.
0,25	Apophyses articulaires très décelables. Maigreur apparente. Muscles très peu perceptibles. Peau mobile et souple.
0,50	Apophyses articulaires décelables. Muscles fins et perceptibles.
0,75	Apophyses articulaires recouvertes par les muscles peu perceptibles.
1,00	Apophyses articulaires non perceptibles. Apophyses latérales détectables à la 2ème vertèbre, peu à la 3ème. Apophyses transverses très saillantes. Creux des corps de vertèbres très prononcés. Angle vertébral creux, profil en cloche.
1,25	Apophyses épineuses peu détectables au niveau de la 2ème et 3ème vertèbres caudales. Angle vertébral rempli.
1,50	Apophyses épineuses peu détectables au niveau de la 2ème vertèbre caudale et non perceptible au niveau de la 3ème. Au pincement, profil triangulaire. Angle vertébral rempli.
1,75	Apophyses épineuses non détectables. Profil triangulaire. Espace entre apophyses transverses prononcé.
2,00	Profil trapézoïdal, épaisseur au sommet des apophyses épineuses. Espace entre apophyses transverses moyennement rempli.
2,25	Espace entre apophyses transverses rempli à moitié.
2,50	Espace entre apophyses transverses rempli aux deux tiers.
2,75	Espace entre apophyses transverses rempli à plus des deux tiers.
3,00	Muscles dorsaux et latéraux de la queue légèrement rebondis. Espace entre apophyses transverses totalement rempli.
3,25	Espaces entre apophyses transverses remplis. Extrémités des apophyses transverses bien recouvertes.
3,50	Extrémités des apophyses transverses très recouvertes mais palpables.
3,75	Extrémités des apophyses transverses très recouvertes et peu palpables.
4,00	Extrémités des apophyses transverses non palpables, muscles rebondis.
4,25	Fosses sacro-spino-tubérales de chaque côté de la queue un peu remplies.
4,50	Fosses sacro-spino-tubérales moyennement remplies.
4,75	Fosses sacro-spino-tubérales presque comblées.
5,00	Fosses sacro-spino-tubérales totalement remplies au niveau de la pointe des fosses. Base de la queue indécollable dans la masse graisseuse.

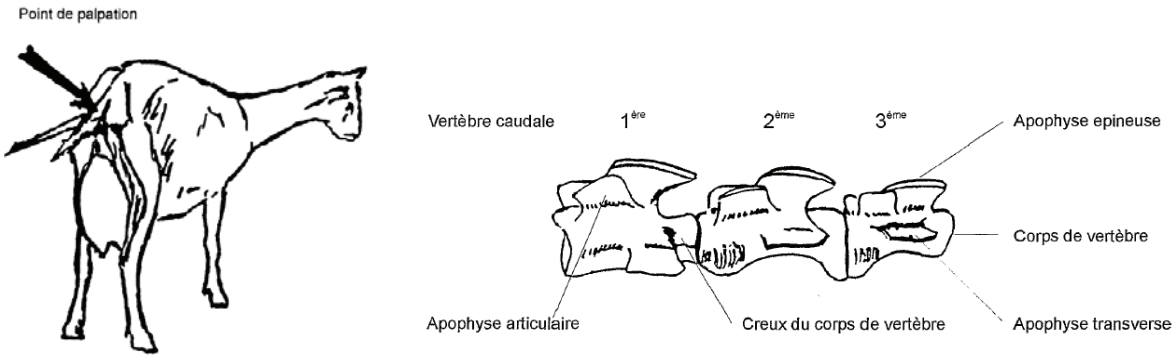


Figure 36. Point de palpation et repères anatomiques de l'échelle caudale (Hervieu et al., 1995)

Enfin, le ***taux d'acides gras non estérifiés*** dans le plasma sanguin est mesuré par analyses titrimétriques (Dole, 1956 ; Trout et al., 1960 ; Sim et al., 1964) ou enzymatiques (Wadum et al., 2002) sur des prélèvements de sang de la veine jugulaire de l'animal. La méthode la plus utilisée actuellement est la méthode enzymatique WAKO (Bocquier et al., 2002 ; Atti et al., 2004) (NEFAC Chemicals GmbH) basée sur la transformation des AGNE en leur sels de cuivre et extraction ultérieure par un dissolvant organique. La lecture des résultats se fait par spectrophotométrie.

1.2.3.3. Evolution de l'état corporel

La chèvre passe, au cours de son cycle de production, par une phase de stockage et une phase de mobilisation des réserves corporelles, en relation avec son bilan énergétique, représenté par la différence entre l'ingéré et les besoins d'entretien et de production. Lorsque ce bilan est négatif, la chèvre mobilise ses lipides corporels (Chilliard et al., 2000).

Au cours de la gestation, le poids vif des chèvres croît entre 6 et 12 kg correspondant au développement important de l'utérus et de son contenu (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Ehrhardt et al., 2001). En fin de gestation, le poids augmente moins vite (Morand-Fehr et Sauvant, 1988). L'appétit des chèvres est réduit alors que les besoins des fœtus deviennent importants. Les bilans sont alors négatifs du fait des requis physiologiques importants et les réserves commencent à être mobilisées (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Chilliard et al., 2000).

Après la mise-bas et durant le premier mois de lactation, cette situation est exacerbée, car si les besoins augmentent rapidement, le niveau d'ingestion ne croît que lentement (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Sauvant et al., 1991_b). Les réserves corporelles sont intensivement mobilisées (Santucci et al., 1991 ; Chilliard et al., 2000 ; Goetsch et al., 2001 ; Bocquier et al., 2002 ; Sauvant et al., 2005). Cette mobilisation se réduit à mesure que le niveau d'ingestion progresse. Vers la fin du deuxième mois de lactation, le poids se stabilise et la reconstitution progressive des réserves est amorcée (Morand-Fehr et Sauvant, 1988). Il est nécessaire de prévoir une période de tarissement de deux mois au moins afin de permettre à la chèvre de reconstituer ses réserves avant la lactation suivante (Pensuet et Toussaint, 1995).

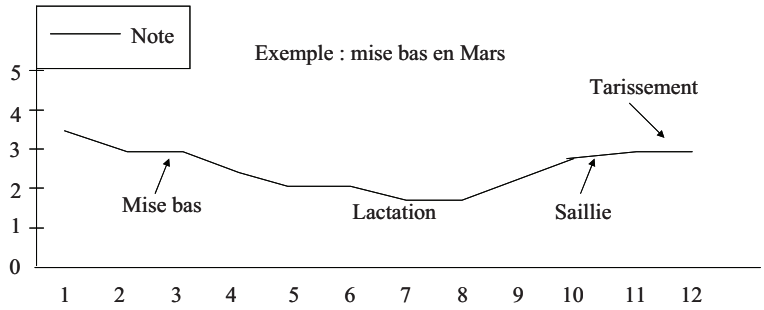


Figure 37. Evolution de la NEC au cours du cycle annuel d'une chèvre productive (Chunleau, 1994)

L'état corporel des chèvres dépend non seulement du stade physiologique, mais aussi du niveau de production (Chilliard et al., 2000). En effet, une tendance opposée apparaît entre l'état corporel et la production laitière (Santucci et al., 1991), qui semble marquée à 100 jours de lactation. Parallèlement, la reprise d'état corporel est plus importante et plus précoce chez les plus faibles laitières (Schmidely et al., 1995). Les variations de l'état corporel pendant la lactation sont également fonction de l'état corporel initial de l'animal (Chilliard et al., 2000). Ainsi, chez les brebis Barbarine, la perte de poids et de notes corporelles est moins importante chez les femelles

maigres que chez les grasses sous un régime alimentaire couvrant 90% des besoins énergétiques. Parallèlement, le taux en acides gras non estérifiés du sang augmente significativement chez les grasses durant les trois premières semaines sous ce régime alimentaire, puis chute ensuite (Atti et al., 1995). De même, chez la brebis Latxa, les brebis qui sont en bon état corporel à la mise bas exportent au total plus d'énergie que lorsqu'elles sont en mauvais état corporel (Bocquier et al., 2002). Finalement, la mobilisation/reconstitution des réserves est également fonction du facteur alimentaire, discuté plus bas.

1.3. Les effets de l'alimentation sur l'état corporel, la production laitière et la reproduction

L'éleveur dispose de deux indicateurs principaux d'une alimentation adéquate permettant le suivi du troupeau (Chunleau, 1994 ; Chesworth, 1996) :

- l'évolution de l'état corporel ;
- l'évolution du niveau des productions.

1.3.1. Effet sur l'état corporel

Dans les systèmes d'élevage extensif, les animaux sont soumis à des phases alternatives de restriction / abondance alimentaire, qui affectent leur statut nutritionnel (Santucci et al., 1991). Le ruminant en général est un animal qui peut « tamponner » les déséquilibres alimentaires grâce à ses réserves corporelles : en conditions de sous-nutrition, il mobilise ses réserves lipidiques qui doivent ensuite être reconstituées lorsque la nourriture redevient disponible (Chilliard et al., 1999 ; 2000 ; Chilliard et Bocquier, 2000 ; Blanc et al., 2004 ; 2006 ; Morand-Fehr, 2005).

Cependant, ce système adaptatif a ses limites. Le maintien d'un faible niveau alimentaire au-dessous des besoins des animaux entraîne une chute du poids de l'animal (Chesworth, 1996 ; Atti et al., 2004) qui peut être fatale sous une restriction énergétique grave, ainsi qu'une chute importante de la note d'état corporel due à la mobilisation des réserves lipidiques accompagnée d'une augmentation du taux circulant des AGNE dans le plasma sanguin (Sim et al., 1964 ; Badinand et Lahlou-Kassi, 1996 ; Bocquier et al., 2002 ; Atti et al., 2004 ; Caldeira et al., 2007). Cette situation est exacerbée en début de lactation. En effet, l'énergie issue des réserves corporelles en début de lactation est utilisée d'une façon plus efficace que l'énergie alimentaire pour la production laitière (Hadjipanayiotou et Morand-Fehr, 1991 ; NRC, 1989 *in* Goetsch et al., 2001), et elle peut représenter 30% de l'énergie exportée dans le lait (Hadjipanayiotou et Morand-Fehr, 1991 ; Blanc et al., 2004 ; 2006), notamment pour la synthèse de la matière grasse (Sauvant et Morand-Fehr, 1991 ; Domalain, 1999 ; Chilliard et al., 2000 ; Goetsch et al., 2001 ; Bocquier et al., 2002 ; Sauvant et al., 2005). De manière générale, une mobilisation de l'ordre de 30-40% du tissu adipeux durant les 6 premières semaines de la lactation est commune, pouvant aller jusqu'à 80% chez les

animaux en restriction alimentaire (Chilliard et al., 2000), cette restriction étant particulièrement liée au niveau de la production laitière, ou au nombre de chevreaux allaités : si une chèvre à haut potentiel génétique n'est pas correctement alimentée, elle produira jusqu'à épuisement de ses réserves (Quittet, 1977). Ce phénomène est désormais fréquemment observé chez les vaches laitières hautement productrices chez qui la fonction de lactation, critère de sélection majeur, entre de plus en plus en compétition avec la fonction de reproduction (Friggens et al., 2010). Lorsque la restriction alimentaire se poursuit au cours de la lactation, l'ampleur des réponses adaptatives a tendance à se réduire, comme le maintien dans le plasma d'un taux d'AGNE circulants élevé, d'autant plus que la restriction se répète sur plusieurs cycles successifs (sous-nutrition chronique) (Chilliard et al., 2000 ; Blanc et al., 2004 ; 2006). Chez la chèvre, cette sous-nutrition prolongée provoque des perturbations du fonctionnement physiologique de l'animal, comme les fonctions de reproduction (Santucci et al., 1991).

En revanche, une réalimentation des animaux après une période de restriction alimentaire a pour effet de favoriser la reconstitution des réserves corporelles. Ainsi, d'après les résultats de Schmidely et al. (1995), dans le système de ration complète, l'état corporel qui était minimal à la mise-bas a été complètement regagné par les animaux à 200 jours de lactation alors que dans le système de pâture, la baisse d'état corporel est permanente de 60 jours avant la mise bas à 200 jours de lactation.

Par conséquent, afin d'éviter des conséquences négatives sur les capacités reproductives et productives ultérieures de la chèvre, ces réserves corporelles doivent être reconstituées durant la phase de fin de lactation (Landau et al., 2000 ; Goetsch et al., 2001), les femelles en mauvais état corporel au moment de la mise bas étant particulièrement sensibles aux effets de la sous-nutrition en début de lactation (Blanc et al., 2004 ; 2006). Dans les systèmes extensifs, une complémentation devient alors nécessaire pour éviter la chute de poids (Abi Saab, 2005) et des niveaux modérés de concentrés sont alors utilisés dans la ration afin de reconstituer les tissus mobilisés (Hadjipanayiotou et Morand-Fehr, 1991 ; Goetsch et al., 2001 ; Atti et al., 2004) pour permettre un nouveau cycle de reproduction (Chilliard et al., 2000 ; Blanc et al., 2004 ; 2006).

1.3.2. Effets sur le rendement laitier

Le niveau d'alimentation est un des facteurs principaux agissant sur la production et la composition du lait des petits ruminants (Bocquier et Caja, 2001). Ainsi, des carences ou des insuffisances dans l'alimentation amèneront la chèvre à puiser dans ses réserves, puis à diminuer sa production (Pensuet et Toussaint, 1995). En effet, une sous-alimentation correspond à un bilan énergétique fortement négatif et par conséquent entraîne la diminution de la production laitière et du taux protéique et l'augmentation du taux butyreux (Bocquier et Caja, 2001). Toutefois, l'action

de l'alimentation a ses limites : elle ne crée pas les animaux à haut rendement, elle permet seulement de tirer le profit maximal de leurs aptitudes, en relation avec les conditions environnementales et leur stade physiologique (Morand-Fehr et al., 2000 ; Friggens et al., 2010). Plus le potentiel de production de l'animal est élevé, plus son niveau d'alimentation doit être élevé (Chesworth, 1996).

Sur le plan de la conduite alimentaire :

Sur parcours naturel, la pauvre valeur nutritive des végétations présentes et la fluctuation saisonnière des disponibilités alimentaires sont causes d'une sous-alimentation qui entraîne un bilan énergétique négatif et affecte négativement les performances laitières des chèvres (Ammar et al., 2004 ; Ben Salem et al., 2004). Pour des races Européennes, la production laitière peut alors chuter à 400 litres par chèvre et par an selon Quittet (1977) et même à 250 litres selon Corcy (1991). Sur parcours agricole, les résultats seront meilleurs si le parcours consiste en prairies fourragères. Par contre, sur résidus agricoles consistant en pailles de céréales, la situation dégènère (Preston, 1995 ; Ben Salem et al., 2004 ; Kharrat, 2004), elle s'améliore sur résidus de protéagineuses (fèves, pois) ou de crucifères (choux et choux-fleurs) (Kharrat, 2004). Enfin, en système intensif, l'alimentation est raisonnée pour que la production laitière soit maximale. De même, la durée de lactation est affectée dans la mesure où l'intensification de l'élevage augmente la persistance de la lactation (Min et al., 2005). D'un autre côté, les dépenses énergétiques sur parcours sont significativement plus importantes qu'en confinement, en raison des déplacements importants que les animaux sont obligés de faire entre stations alimentaires, surtout les déplacement verticaux en montagne (Blaxter, 1967 ; Lachica et Aguilera, 2003 ; 2005), ce qui réduit d'autant plus les flux énergétiques vers la mamelle.

Sur le plan de la constitution de la ration :

Dans un système de ration complète, la qualité de la matière sèche du fourrage affecte la quantité de lait produite (Morand-Fehr et Sauvant, 1980). Les concentrés sont utiles pour soutenir une production laitière importante (Morand-Fehr et Sauvant, 1980 ; Min et al., 2005 ; Sauvant et al., 2005). Celle-ci augmente avec la teneur en concentrés de la ration (Lefrileux et al., 2008_b) jusqu'à une valeur atteignant 65 % (Goetsch et al., 2001). En effet, la complémentation en concentrés, même si elle diminue la consommation des fourrages, améliore l'ingestion de matière sèche et augmente l'énergie ingérée (Morand-Fehr et Sauvant, 1980). Cependant, chez les brebis laitières, un apport élevé de concentré (0,9 kg par jour) à long terme (12 semaines) provoque chez la brebis Latxa une reconstitution précoce des réserves corporelles au détriment de la production laitière. L'apport optimal se situe vers 0,6 kg de concentré (Bocquier et al., 2002).

Sur le plan de la nature des apports :

Une augmentation du niveau énergétique dans la ration des chèvres améliore le rendement en lait (Hadjipanayiotou et Morand-Fehr, 1991) surtout chez les chèvres à faible production laitière (Morand-Fehr et al., 2000). En effet, la corrélation de la production laitière est négative avec le taux de fibres brutes et positive avec l'énergie nette (Morand-Fehr et Sauvant, 1980 ; Hadjipanayiotou et Morand-Fehr, 1991 ; Ammar et al., 2004 ; Ben Salem et al., 2004).

D'autre part, une augmentation du taux azoté dans la ration améliore la production laitière (Pailan et Kaur, 1996) alors qu'une insuffisance entraîne une réduction de la production (Charron, 1986). Lindahl avait démontré dès 1956 l'avantage d'un supplément protéinique à travers le concentré lorsque la ration de base est déficitaire en protéines : les effets sur la production laitière étaient favorables. Toutefois, le rendement laitier n'était pas affecté par la complémentation protéinique dans les concentrés lorsque le fourrage était suffisamment riche en protéines. D'autres études concernant les effets de l'azote alimentaire sur le lait de chèvre ont trouvé qu'une complémentation de la ration en matières azotées n'affecte pas la production laitière (Morand-Fehr et Sauvant, 1980 ; Rubino et al., 1995) et que la réponse est fonction du stade de lactation : les chèvres laitières sont plus sensibles au niveau protéique de la ration en début de lactation qu'en milieu et fin de lactation (Hadjipanayiotou et Morand-Fehr, 1991).

1.3.3. Effets sur les composantes du lait

En dehors de ces incidences sur le niveau de production laitière, l'alimentation a également une influence sur la richesse du lait, le TB étant toutefois plus sensible que le TP (Morand-Fehr et al., 2000 ; Bocquier et Caja, 2001 [brebis]).

Sur le plan de la constitution de la ration :

La teneur en fibres de la ration, en favorisant la synthèse des acides acétique et butyrique, affecte positivement le TB du lait (Mathieu, 1998 ; Morand-Fehr et al., 2007). De même, l'ensilage est favorable à la production de la matière grasse par le fait qu'il contient des acides gras volatils tout prêts (acide acétique) produits au cours des fermentations de l'herbe dans le silo (Quittet, 1977). Plusieurs études ont aussi montré l'intérêt d'une supplémentation en matières grasses dans la ration pour l'augmentation du TB (Bocquier et Caja, 2001 ; Chilliard et al., 2003). Par contre, une ration à forte teneur en concentrés et faible proportion en fourrages peut entraîner une production laitière pauvre en matière grasse (Hadjipanayiotou et Georgiades, 1985). Ceci a aussi été démontré par Morand-Fehr et Sauvant en 1980, Morand-Fehr et al. en 1991_a, Santini et al. en 1992, Sauvant et Morand-Fehr en 2000, Schmidely et Sauvant en 2001, Sauvant et al. en 2005 ainsi que Morand-Fehr et al. en 2007, qui ont tous observé qu'une alimentation riche en concentrés augmente le TP et la production laitière, mais provoque une baisse du TB.

Tableau 19. Effet du rapport Fourrages / Concentrés sur les performances laitières des chèvres (Santini et al., 1992)

	Rapport Fourrages / Concentrés			
	37/63	**51/49**	**67/33**	**82/18**
Lait brut (kg par jour)	4,27	4,05	3,92	3,67
TB (%)	2,48	3,09	3,19	3,32
TP (%)	2,89	2,78	2,85	2,84

Sur le plan de la nature des apports :

Un apport énergétique élevé dans le régime tend à améliorer le rendement fromager (Morand-Fehr et Sauvant, 1988 ; Morand-Fehr et al., 1991_a ; Morand-Fehr et al., 2007), mais avec un effet défavorable sur le TB (Caja et Bocquier, 2000) jusqu'au point de frôler l'inversion des taux (Morand-Fehr et al., 1998 ; Morand-Fehr et al., 2007) ce qui compromet la qualité du lait et ses aptitudes fromagères (Schmidely et al., 2004). En revanche, une sous-alimentation énergétique peut abaisser le rendement fromager en réduisant le taux protéique de 1 à 1,5‰ (Morand-Fehr et Sauvant, 1988). Une augmentation du taux azoté dans la ration améliore la production laitière tandis que le TP reste stable (Pailan et Kaur, 1996 ; Morand-Fehr et al., 2007).

1.3.4. Effets sur la reproduction

L'alimentation joue un rôle clé dans les performances reproductives des chèvres (Havrevoll et al., 2005) que ce soit sur le plan de leur fertilité, prolificité, ou croissance de leur portée. Une étude menée par Moniruzzaman et al. (2002) a montré que les performances reproductives des femelles sont améliorées avec une alimentation à l'auge comparée à une conduite au pâturage (Morand-Fehr, 2005).

L'effet de l'alimentation se traduit ainsi à travers l'état des réserves corporelles et le bilan énergétique de la femelle, surtout au moment de la reproduction (Atti et al., 2004 ; Blanc et al., 2004 ;2006). En effet, Bocquier et al. ont trouvé en 1998 une corrélation positive entre la fertilité et le poids des chevrettes au moment de l'insémination, résultat partagé avec Landau et Molle qui ont noté en 1999 un effet positif du flushing sur le taux d'ovulation chez les brebis. Cependant, une note d'état corporel trop élevée, avec une accumulation excessive de graisse, risque d'affecter négativement la fertilité des femelles au moment de la saillie (Bocquier et al., 1998). Cet effet de l'état corporel est aussi significatif au moment de la mise bas et durant l'allaitement, avec notamment un effet sur la croissance de la portée (Mavrogenis et al., 1984 *in* Abi Saab, 2005). Finalement, l'effet indirect de l'alimentation se traduit également à travers la production laitière de la femelle durant l'allaitement (Hary et Schwartz, 2002 ; Abi Saab, 2005). En 1989, Economides et al. ont trouvé une corrélation positive entre la quantité et la richesse du lait produit par la chèvre et la croissance des chevreaux de la race Chami.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE DES CAPACITES ADAPTATIVES DE LA CHEVRE BALADI

Dans les systèmes d'élevage intensifs qui sont les mieux étudiés, on dispose d'informations fiables sur les réponses productives des chèvres. C'est ainsi qu'un modèle récent (Puillet, 2010) a pu traduire de façon dynamique les effets des pratiques alimentaires sur les performances laitières individuelles des chèvres et les rapporter à l'échelle du troupeau.

Dans le système d'élevage de la chèvre Baladi, outre que le potentiel laitier n'est pas connu, les effets des variations de l'offre alimentaire sur la production laitière ne sont pas encore bien cernés. Ces effets sont par la suite traités dans les deux articles publiés (en anglais) qui suivent, précédés d'une description plus détaillée des méthodes expérimentales adoptées.

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Mesure de l'état des réserves corporelles

Le poids vif (PV, kg) a été relevé par pesée individuelle sur une bascule adaptée à la pesée des animaux d'élevage. Les pesées mensuelles (entre j_{59} et j_{212} de lactation) ont toujours été réalisées à la même heure de la journée, c'est à dire avant la sortie au pâturage, le matin.

La note d'état corporelle (NEC, points), aussi en mesure individuelle mensuelle, a été attribuée selon une échelle de notation caudale basée sur celle proposée par Hervieu et al. en 1995, allant de 0,5 à 5 points, mais simplifiée au demi de point. Les notes ont été estimées par rapport à cette échelle au moyen de palpations *in vivo* sur la zone des 2ème et 3ème vertèbres caudales de chaque chèvre.

Tableau 20. Echelle de notation caudale pour l'estimation de la note d'état corporel

Etat caudal	Note (points)
Fosses sacro-spino-tubérales totalement remplies, extrémités des apophyses transverses non palpables	5,0
Fosses sacro-spino-tubérales presque comblées, extrémités des apophyses transverses non palpables	4,5
Fosses sacro-spino-tubérales remplies, extrémités des apophyses transverses non palpables	4,0
Fosses sacro-spino-tubérales moins remplies, extrémités des apophyses transverses assez palpables	3,5
Fosses sacro-spino-tubérales non remplies, extrémités des apophyses transverses palpables, espace entre apophyses transverses bien rempli	3,0
Extrémités des apophyses transverses palpables, espace entre les apophyses transverses moins rempli	2,5
Extrémités des apophyses transverses bien palpables, espace entre les apophyses transverses peu rempli, apophyses épineuses peu détectables	2,0
Espace entre les espaces transverses non rempli, apophyses épineuses détectables	1,5
Apophyses épineuses très détectables, apophyses articulaires non perceptibles	1,0
Apophyses épineuses très détectables, apophyses articulaires perceptibles	0,5
Etat de maigreur extrême, os saillants, peau sèche et collée	0

En parallèle, les taux d'acides gras non estérifiés (AGNE, mmol.l^{-1}) dans le plasma sanguin ont été mesurés sur 12 chèvres à jeun choisies au hasard au sein du troupeau, à raison de trois par lot. De chaque chèvre, du sang de la veine jugulaire est extrait au moyen d'une seringue et divisé dans deux tubes stériles à vide (VACUTAINER) de capacité 10 mL. Les analyses effectuées sur les échantillons le sont toujours immédiatement après prélèvement.

Après centrifugation du sang à 3000 tours par minute pendant 15 minutes pour la séparation du plasma du reste des constituants du sang, le contenu d'AGNE dans le plasma a été déterminé selon la méthode enzymatique WAKO (NEFAC Chemicals GmbH) basée sur la transformation des AGNE en leur sels de cuivre et extraction ultérieure par un dissolvant organique.

3.2. Mesure de la production laitière

La production laitière a été évaluée selon trois paramètres, relevés selon un rythme bimensuel, sachant que ces mesures n'ont été faites qu'à la fin de l'allaitement, qui a duré presque deux mois après la mise bas :

- la quantité de lait (PL, kg), obtenue par pesée sur balance du lait issu de la traite manuelle du matin et du soir de chaque chèvre ;
- la composition chimique du lait, soit la teneur en matière grasse (TB, %), obtenue par la méthode Gerber et la teneur en matière protéique (TP, %), obtenue par la méthode Kjeldahl (avec un coefficient de 6,38 pour le lait), sur des échantillons de mélange de chaque lot (les détails des protocoles de laboratoire étant présentés en annexe 4). Les échantillons ont été prélevés après homogénéisation de la masse du récipient d'origine et filtration dans des flacons stériles de capacité 100 mL.
- la durée de la lactation (DL, jours) à partir des relevés de la date de tarissement de chaque chèvre.

3.3. Suivi de la portée

La portée de chaque chèvre à l'issue des traitements de première année a été appréciée en début du deuxième cycle de lactation en vue d'évaluer l'impact des pratiques alimentaires sur les performances reproductives des femelles Baladi. Ces données ont consisté en le nombre de chevreaux mis bas puis sevrés par chèvre (donc en considérant le taux de mortalité avant l'âge de deux mois) ainsi que le poids de chaque chevreau à la naissance, relevé sur balance à bascule adaptée à leur taille. Ce qui a donné par calcul le poids total mis bas par chèvre. Les mâles et les femelles ont été différenciés lors des relevés.

De même, la croissance des chevreaux (GMQ, kg) a été suivie tous les 15 jours, depuis la naissance jusqu'à 60 jours d'âge.

4. REGULATION DES CAPACITES ADAPTATIVES DES CHEVRES BALADI EN FIN DE LACTATION[1]

Abstract

Adaptive capacities of Baladi goats facing situations of food restrictions and re-feeding during lactation have been studied. Three diets were tested: mountain natural rangelands during early lactation, agricultural pastures during mid lactation and indoor stall-feeding during late lactation. Body weight (BW), body condition (BCS) and plasma metabolites (NEFA) as well as milk production (milk yield, milk fat and milk protein contents) were measured in the different feeding situations. Effect of late lactation re-feeding on reproduction was assessed through kids' birth weight and weight gain from day 0 till day 60 of age. Results showed that on rangelands, goats' body condition degraded, with initially fat goats loosing more weight and being subject to a greater reserves mobilization than lean ones. These expressed an adaptive behaviour through increasing their daily feed intake and by an intense body reserves replenishment following their transfer to the agricultural pastures and indoor feeding. In late lactation, even goats kept on agricultural pastures showed a similar reconstitution, showing the high priority of body reserves replenishment during late lactation whatever the feeding level. The milk rebounds observed showed a good reactivity from the Baladi goat in response to a feed improvement either on agricultural pasture or indoor. At the end of lactation the milk yield decreased in all feeding situations proving the priority given by the Baladi goats to the body reserves replenishment over the milk production in order to ensure the next cycle. However, even if there was no difference in kids' birth weights, kids from stall-fed dams had higher weight gains between 0 and 60 days of age when compared to those from underfed ones.

Keywords: Baladi goats, adaptive responses, grazing, stall-feeding, body reserves, milk production, reproduction

4.1. Introduction

Lebanon dairy goat production is traditional and mostly (95%, Hajj, 1999) based on the dual purpose Baladi goat which is known to be adapted to the local conditions (Hamadeh et al., 2001). The majority of flocks are managed under extensive systems based on natural rangelands and crop residues (Hamadeh et al., 1996; 2001; LTIC, 2003). Natural rangelands of the mountainous areas are the main source of feeds for these flocks (Srour, 2006). They consist of shrubby vegetation formed by "maquis" and "garrigue" (Perevolotsky et al., 1998; Aharon et al., 2007; Rogosic et al., 2008), which are mainly exploited during spring because their nutritive value declines drastically in the dry season (Cabiddu et al., 1999). In the plain, goats graze crop residues, especially during summer time (Landau et al., 2000), that are of modest nutritive value, especially for cereal residues. These traditional feeding systems are one of the major causes of the low performances reported for the Baladi goat with a rather short (140 to 180 days) lactation (Hamadeh et al., 1996; LTIC, 2003) and a milk yield varying between 120 and 140 kg (LTIC, 2003) with low reproductive performances: 1.3 kid per goat *vs* 1.8 for Chami goats (Hajj, 1999).

The dry areas extensive systems, despite limited performances, benefit from animal's ability to store and mobilize its body reserves to survive and/or maintain its milk production (Chesworth, 1996; Chilliard et al., 2000; Bocquier et al., 2002; Blanc et al., 2006; Sauvant et al., 2005). This physiological mechanism is however limited and when food supply is clearly insufficient, body condition degrades (Chesworth, 1996; Atti et al., 2004) and milk production is strongly reduced (Bocquier and Caja, 2001). This situation can affect directly the reproductive performances, compromising the

[1] **Basé sur** : Kharrat M., Bocquier F. 2010a. Impact of indoor feeding at late lactation stage on body reserves recovery and reproductive performances of Baladi dairy goats fed on pastoral system. Small Ruminant Research, 90, 127-134.

Les figures et les tableaux ainsi que les titres des paragraphes ont été re-numérotés.

next productive cycle (Bocquier et al., 1998; Atti et al., 2004; Blanc et al., 2006), as level of body reserves may be correlated to kids' birth-weight and growth rate (Havrevoll et al., 1995; Abi Saab, 2005) which also depend on suckled milk production (Hary and Schwartz, 2002; Abi Saab, 2005). Thus, in extensive systems, it is crucial that body reserves are recovered during late lactation.

In this context, the objective of this study is to identify an optimal management that ensures the improvement of Baladi goats' productivity either for milk or for reproductive performances. We started by studying the effect of a classical management during spring and early summer and then goats were either offered average quality forage crops or indoor feeding during late summer.

4.2. Materials and methods

4.2.1. Study sites

Two grazing sites were studied: a natural rangeland in Qâa er Rîm (Lat. 35°50'E, Long. 33°50'N) and an agricultural pasture in Taanâyel (Lat. 35°50'E, Long. 33°45'N) both in the Bekaa valley. The first site consisted of a mountainous zone (1200 m of altitude) characterized by typical Mediterranean vegetation types. The second site consisted of an experimental farm located in the Agricultural Establishments of Taanâyel (AET) on a plain zone (870 m of altitude) which flora was mainly constituted of agricultural crop residues and forage cultures.

4.2.2. Animals and experimental design

The experimental flock consisted of 48 Baladi lactating goats in the same lactation rank (2nd or 3rd lactation) with the kids being born around early March (March 4th ± 8 days). On the natural rangelands, goats were kept within the Qâa er Rîm farm for a two months period (April and May). In the plain, for a period of two months (June and July), all 48 goats grazed upon the agricultural pastures but at the final experimental stage (August and September), the flock was divided into two experimental groups, the first one (n = 24) maintained in the grazing regime whilst the other one (n = 24) was stall-fed. A ration consisting of Alfalfa hay, corn silage and grinded wheat straw, supplemented with corn grain (43%), barley grain (33%) and wheat bran (16%) with 2% MVC (concentrate/diet = 35%) was provided to the indoor goats, in three daily portions. Since the start of experiments the goats were allocated into Fat (BCSi > 3.0) or Lean (BCSi ≤ 3.0) groups according to their body condition score (see Table 21).

Table 21. Experimental design of the three periods study

Experimental period	Experimental factors: animals	Code	Experimental sub factors: diets	Code
First Period P1: Natural mountainous Rangelands (early lactation: d_{60} to d_{102} of lactation)	Body condition:		Rangeland nature:	
	Lean	L-NR	Rangeland 1	NR1
	Fat	F-NR	Rangeland 2	NR2
			Rangeland 3	NR3
			Rangeland 4	NR4
Second Period P2: Agricultural Pastures (mid lactation: d_{102} to d_{158} of lactation)	Body condition:		Pasture nature:	
	Lean	L-AP	Pasture 1	AP1
	Fat	F-AP	Pasture 2	AP2
Third Period P3: Agricultural pastures and stall feed (late lactation: d_{158} to d_{212} of lactation)	Body condition and feed:			
	Lean, Grazing Regime	L-GR	Pasture nature:	
	Fat, Grazing Regime	F-GR	Pasture 3	AP3
	Lean, Stall Feeding	L-SF	Pasture 4	AP4
	Fat, Stall Feeding	F-SF		

4.2.3. Recording procedures

4.2.3.1. Foraging behaviour and intake

The pasture botanical composition was characterized according to available plant species, estimation of presence rating of each species and repartition into vegetation types (Saether et al., 2006). The animal specific preferences were then determined and nutritive values analysis were performed by measuring dry matter (DM), crude protein (CP) and fibres contents (NDF and ADF). The animal activities were appraised through 15 minutes intervals recordings during the grazing day and classified per type of activity (feeding, moving and resting) and their duration (Goby et al., 1994; Saether et al., 2006). The animals' daily intake (DI) was assessed using the bite count method (Goby et al., 1994; Dumont et al., 1995; Kharrat et al., 2008).

4.2.3.2. Body condition

Measurements of body condition were done on a monthly basis (d_{59} of lactation until d_{212}) on fasting goats. Goats' body weight (BW, kg) was measured using a farm weighing machine. Body condition scores (BCS, points) were estimated using a caudal notation scale ranging from 0.5 to 5 based on proposals of Hervieu et al. (1995), but simplified to half point notation intervals. In parallel, blood sampling for determination of plasma Non Esterified Fatty Acids (NEFA, $mmol.l^{-1}$) was performed on a sub-sample of 3 fasting goats per group. Plasma NEFA content was then determined with the enzymatic WAKO method (NEFAC Chemicals GmbH).

4.2.3.3. Milk yield and composition

The recording of milk yields was done on a twice a month basis (d_{59} of lactation until d_{212}). Goats were hand milked twice a day at 08:00 and 17:00 and individual milk yield was assessed through weighing both morning and evening production. Milk sampling was then realized on bulk milk of each group. Milk fat content was determined by the Gerber test method (Mathieu, 1998) and milk protein was measured by the nitrogen Kjeldahl method: N x 6.38 (INRA, 1988; Mathieu, 1998).

4.2.3.4. Reproduction performances

Reproduction performances were assessed through the litter size, kids' birth weights and kids' growth rate in 15 days intervals between 0 and 60 days of age. Gender types were distinguished in order to take into account greater growth potential of males (Alexandre et al., 1999).

4.2.4. Statistical analysis

Statistical differences between means were determined by ANOVA and GLM tests and were considered to be significant at $p < 0.05$. LSD tests were also realized on means and were considered to be significant at $p < 0.05$. Data analysis was done using the program SPSS 10.0. Correlations and linear regression models were realized either with Microsoft Excel 2003 or SPSS 10.0. Results were expressed as means $\pm$ SEM

4.3. Results

4.3.1. Goats foraging behaviour and voluntary feed intake

On the natural rangelands (NR), the botanical diversity varied with the pasture and the season: with time and altitude, bushes increased as herbaceous species decreased, of which nutritive values degraded greatly from the first to the last rangeland as summer advanced: mean DM content increased (26 to 45%) as well as ADF (21 to 37%) and NDF content (35 to 53%) while CP levels decreased (13 to 10%). As for the daily grazing pattern, within a full day, goats grazed

mostly in the morning and in the evening (reaching a mean total of 262 ± 13 minutes of feeding time a day) and rested at mid-day when the heat was at its peak. With the advancement of the summer season, daily durations of resting and moving increased (from 55 to 105 minutes and from 120 to 195 minutes, respectively). Whilst rangeland itinerary (NR1 to NR4) had no effect on individual DI of goats ($p > 0.05$), which reached a mean value of 1.94 ± 0.12 kg.day^{-1}, on the last two rangelands, mean DI of lean goats was significantly higher than that of fat goats (on NR3: +0.68 kg.day^{-1}; $p = 0.021$ and on NR4: +0.56 kg.day^{-1}; $p = 0.033$). On the other hand, from NR1 to NR4, the proportion of ligneous plants in the ration passed from 25-28% DM to 53-54% DM.

On the agricultural pastures (AP), chemical characteristics of available plants were more stable than on NR, i.e. DM (24-45%), CP (10-16%), ADF (20-29%) and NDF (30-46%). Concerning daily activities, even if the animals were moved from a harsh grazing zone to an easier one, the feeding activity duration remained the same (263 ± 11 minutes a day) and the remaining time was spent in longer resting (75 to 105 minutes a day). Unlike on NR, neither body condition nor pasture type had significant effect ($p > 0.05$) on mean feed intake on AP (2.31 ± 0.06 kg.day^{-1}), anyway higher than on NR ($p = 0.044$).

At the end of experiment the indoor (SF) daily intake was very close to the grazing system (GR) intake (2.29 kg DM and 2.31 kg DM respectively), despite the hierarchical dominancy behaviour expressed during meals with stall-fed goats, a behaviour that is not expressed on pastures.

4.3.2. Evolution of goats' body weight and body condition score

4.3.2.1. Body (BW) weight changes

Initially we have had no significant differences of BW between experimental groups ($p > 0.05$) even if fat goats (43.54 ± 2.57 kg) were heavier than lean ones (37.98 ± 2.47 kg). Afterwards, BW evolved differently according to initial body condition and feeding regimes (Figure 38). When fed on NR then on AP, lean goats slightly increased their BW i.e. +0.05 ± 0.24 kg then +0.77 ± 0.24 kg, whilst fat goats started to loose weight (-2.26 ± 0.25 kg) and then subsequently regained weight (+1.14 ± 0.33 kg). When goats were stall-fed, they all gained weight within the first part of the re-feeding period, the amplitude of this BW gain being slightly the same for fat and lean goats (L-SF: +3.58 ± 1.27 kg and F-SF: +4.30 ± 0.66 kg) whereas BW of goats on pastures slightly diminished (L-GR: -1.27 ± 0.44 kg and F-GR: -0.21 ± 0.26 kg), differences due to diet being highly significant ($p = 0.000$). In the second part of the re-feeding period, all goats tended to gain BW, except for fat indoor goats (L-SF: +1.21 ± 0.31 kg; F-SF: -0.73 ± 0.92 kg; L-GR: +2.41 ± 0.34 kg; F-GR: +1.76 ± 0.29 kg). Both effects of body condition and regime were significant on BW changes ($p = 0.018$ and $p = 0.001$ respectively.).

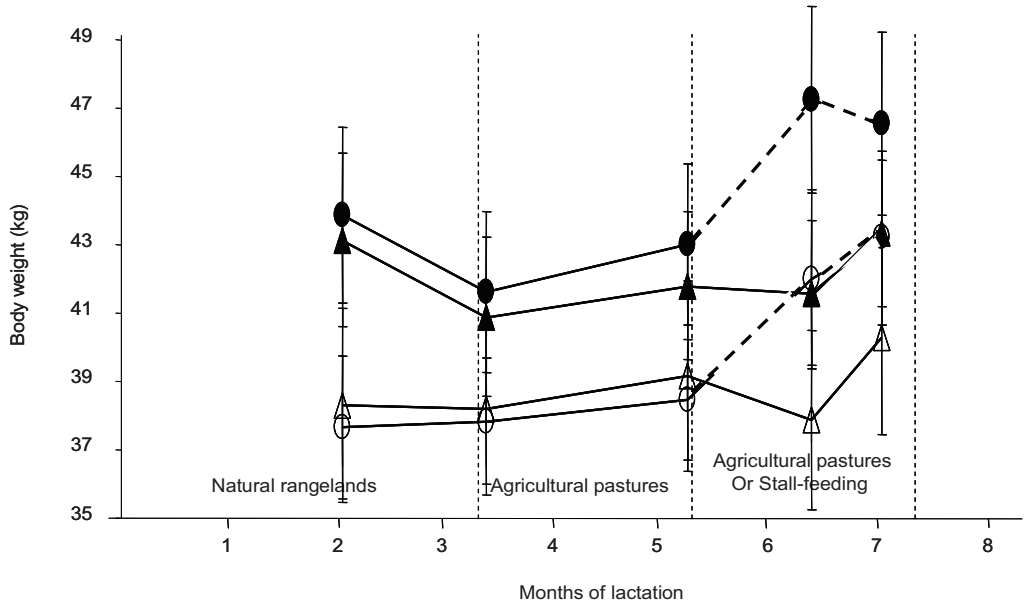


Figure 38. Evolution of mean BW of Baladi goats fed successively on mountainous natural rangelands, agricultural pastures and either kept on agricultural pastures (____) or stall-fed (--------). Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. Vertical bars represent SEM values (Standard Error of Mean = STD/√n)

Overall BW changes of L-GR and F-SF were very similar (+1.99 ± 0.48 kg and +2.70 ± 1.09 kg respectively). While goats under the best conditions (SF) and that were initially lean had the highest mean BW change (+5.58 ± 1.15 kg), fat goats under the most difficult conditions (GR) had the lowest (+0.20 ± 0.65 kg). Differences between groups were significant (p = 0.001).

4.3.2.2. Body condition score (BCS) changes

The goats being allocated into groups according to their initial BCS (BCSi), differences according to fatness were highly significant (p = 0.000) between lean goats (2.41 ± 0.18 pts) and fat goats (4.28 ± 0.16 pts). The ranking order of goat's NEFA value was confounded with BCS values (NEFAi = 0.03 × BCSi + 0.15; R^2 = 0.44; n = 12), fat goats (0.31 ± 0.02 mmol.l^{-1}) having higher NEFA values than lean goats (0.22 ± 0.02 mmol.l^{-1}) (p = 0.006). The goat body reserves assessed trough BCS values showed similar evolution to BW changes (Figure 39). On NR, all groups' BCS declined. However, while this loss was limited for lean goats (-0.27 ± 0.21 pts), it was important (-1.04 ± 0.23 pts) for fat ones (p = 0.017). Afterwards, the diet change onto AP resulted in all goats regaining BCS, with a marked increase for lean goats (+1.00 ± 0.15 pts) when compared to fat ones (+0.76 ± 0.20 pts) (p > 0.05). Finally, for the SF group, the mean BCS gain was maintained both for lean and fat goats (L-SF: +0.94 ± 0.40 pts and F-SF: +0.39 ± 0.26 pts) while for the GR group, a slight loss of BSC was observed (L-GR: -0.28 ± 0.13 pts and F-GR: -0.10 ± 0.13 pts), differences due to diet being highly significant (p = 0.005). Then, they all regained BCS at the end of the experiment (L-GR: +0.73 ± 0.18 pts, F-GR: +0.35 ± 0.30 pts, L-SF: +0.23 ± 0.16 pts and F-SF: +0.11 ± 0.13 pts) as there was no significant (p > 0.05) differences between groups due to feeding regime or to initial body condition. The evolution of plasma NEFA followed an opposite pattern of what was observed for BCS and BW (not shown[2]). The maximum NEFA concentration was attained by the end of P1 (up to 0.35 ± 0.02 mmol.l^{-1}) corresponding to the lowest BCS during lactation. Afterwards, NEFA continuously decreased till the end of the experiment (down to 0.09 ± 0.01 mmol.l^{-1}). Overall BCS changes were similar to BW's as in goats kept under the most favourable feeding regime and those that were under-fed and/or in poor

[2] La figure correspondante est présentée en annexe 7.

body condition at the start of the experiment (L-GR: +1.15 ± 0.36 pts; L-SF: +1.92 ± 0.30 pts; F-GR: -0.08 ± 0.20 pts; F-SF: +0.27 ± 0.22 pts), differences between four groups being once again significant (p = 0.000). This parallelism between body weight and body reserves evolution is further showed through this statistical relationship: dBW = + 1.29 × dBCS + 0.95 (R^2 = 0.57; n = 48), where a 1 point BCS change corresponds to a 2.2 kg BW change.

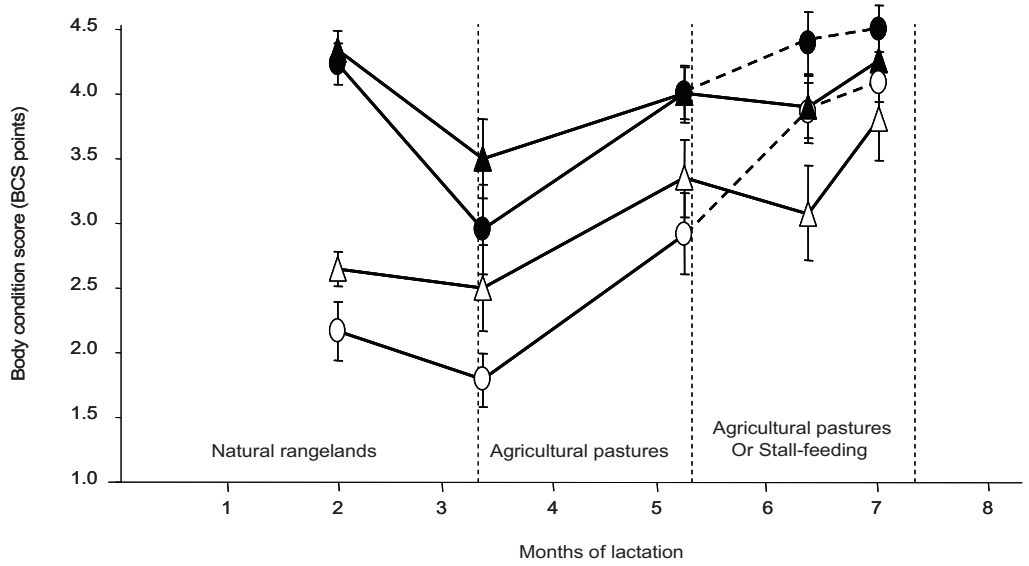


Figure 39. Evolution of mean BCS of Baladi goats fed successively on mountainous natural rangelands, agricultural pastures and either kept on agricultural pastures (____) or stall-fed (--------). Even if goats were fed together they were identified as being Fat (● , ▲) or Lean (○ , △) at the start of experiment. Vertical bars represent SEM values (Standard Error of Mean = STD/√n)

4.3.3. Milk yield and milk composition evolution

4.3.3.1. Milk yield (MY) changes

Mean initial raw milk yields (kg.goat^{-1}.day^{-1}) were quite close among groups: L-GR: 1.37 ± 0.12, L-SF: 1.45 ± 0.09, F-GR: 1.32 ± 0.11 and F-SF: 1.32 ± 0.12 (p > 0.05). During the first part of lactation (d_{60} until d_{102}), mean MY declined steadily from 1.36 ± 0.05 to 1.08 ± 0.04 kg.goat^{-1}.day^{-1} (p > 0.05) (Figure 40). When goats were moved from NR to AP (d_{102} until d_{122}), there was an important increase of mean MY: + 0.50 kg.goat^{-1}.day^{-1} (i.e. +46%) due to diet change (p = 0.000), which was stabilized by d_{158}. This rebound lasted approximately 60 days and declined thereafter. Finally, during the last period (d_{158} until d_{193}), mean MY of SF goats dropped (-0.18 ± 0.03 kg.goat^{-1}.day^{-1} (i.e. -11%)) more slowly (p = 0.001) than GR goats (-0.42 ± 0.06 kg.goat^{-1}.day^{-1} (i.e. – 27%)). However, by the end of the experiment (d_{193} until d_{212}), whatever the regime (p > 0.05), mean MY of SF goats dropped (-0.16 ± 0.05 kg.goat^{-1}.day^{-1} (i.e. -11%)) as much as that of GR ones (-0.09 ± 0.03 kg.goat^{-1}.day^{-1} (i.e. -7%)). At all stages, body condition had no effect on milk yield evolution (p > 0.05). As a whole, for a period of 152 days, the mean total MY per goat from each group were: L-GR: 137 kg, F-GR: 128 kg, L-SF: 150 kg and F-SF: 136 kg. In parallel, SF goats showed longer (p = 0.001) production duration (269 days ± 2) than GR goats (255 days ± 3).

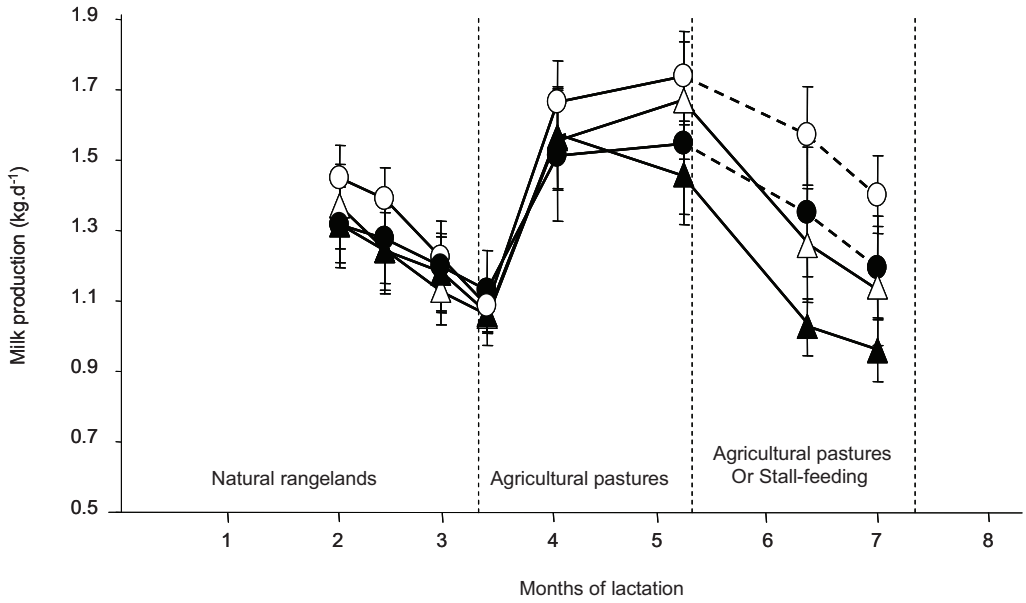


Figure 40. Evolution of mean milk production of Baladi goats fed successively on mountainous natural rangelands, agricultural pastures and either kept on agricultural pastures (____) or stall-fed (--------). Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. Vertical bars represent SEM values (Standard Error of Mean = STD/√n)

4.3.3.2. Milk composition changes: milk fat (MF) and milk protein (MP)

The overall evolution of MF content was curvilinear, declining for all groups from 4.2% ± 0.1 to 3.7% ± 0.0 ($p > 0.05$) on NR (not shown[3]), then stabilizing (3.8% ± 0.0 at d_{122} and 3.7% ± 0.1 at d_{158}; $p > 0.05$) on AP before following a rising pattern during the last period. While the evolution was not different among groups between d_{60} and d_{158} of lactation ($p > 0.05$), the final rise of the MF (between d_{158} and d_{212}) was affected by feeding regime: GR goats reached a mean value of 4.3% ± 0.1 (+0.6% ± 0.0) while SF goats had a lower MF content (3.8% ± 0.1) (+0.1% ± 0.0) ($p = 0.010$). However, the increase of the MF content in the GR group (+0.4% ± 0.2) during the second part of the re-feeding period was not significantly different ($p > 0.05$) from that of the SF goats (+0.2% ± 0.1). Then again, on NR, the MP content declined in all groups passing from 3.1% ± 0.0 at the start of the experiment to 2.3% ± 0.0 ($p < 0.05$). The diet change onto AP resulted in a change of the MP content in all groups rising it from 2.3% ± 0.0 to 2.9% ± 0.0 ($p = 0.000$). During the re-feeding period, at d_{193} of lactation, the differences were not significant between groups as the MP content reached a value of 3.3% ± 0.1 (i.e. +0.4% ± 0.1) in GR groups and 3.0% ± 0.1 (i.e. +0.2% ± 0.1) ($p > 0.05$) in SF groups. Then, during the last part of the re-feeding, the regime effect cleared out: whilst the MP content reached the same value for both groups (GR: 3.7% ± 0.0 and SF: 3.8% ± 2), the increase in each group was significantly different (GR: +0.4% ± 0.2 and SF: +0.8 ± 0.1; $p = 0.029$).

4.3.4. Kids' growth during suckling period

Kids' growth pattern appeared to be subject to the feeding of dams at reproductive period. Kids from SF goats showed a higher growth rate than those from GR goats. While mean number of kids per goat (GR: 1.6 ± 0.1; SF: 1.4 ± 0.1) and mean birth weights (GR: 4.80 ± 0.29 kg; SF: 5.50 ± 0.25 kg) were not significantly different between groups ($p > 0.05$), mean weights of each group started to grow apart as kids were growing from 0 to 30 days (GR: 9.05 ± 0.58 kg i.e. +142 $g.day^{-1}$; SF: 10.96 ± 0.46 kg i.e. +182 $g.day^{-1}$; $p = 0.015$) and then to 60 days of age (GR: 13.68 ± 0.69 kg i.e. +154 $g.day^{-1}$; SF: 16.25 ± 0.56 kg i.e. +176 $g.day^{-1}$; $p = 0.007$), considering that SF group counted 13 males and 20 females.

[3] La figure correspondante est présentée en annexe 5.

Kids' weights gains (KWG) were found not to be related to their mothers' body condition at kidding nor to their milk production during suckling as milk estimation was biased by suckling itself, but it was found to be related to it after weaning (KWG (kg) = + 1.75 × MY kg.d^{-1} + 5.78; R^2 = 0.32; n =67).

4.4. Discussion

This study confirms that Mediterranean pastures are subject to important dietary decline as the summer season advances (Cabiddu et al., 1999; Ben Salem et al., 2004). However, despite the plant species enrichment in fibres content (ADF, NDF) and loss of CP content, goats adapted their intake to the evolution of vegetation from grasses to shrub and tree leaves, as observed in numerous occasion on Mediterranean rangelands (Goby et al., 1994; Lopez-Trujillo and Garcia-Elizondo, 1995; Dumont, 1996; Meuret, 1997; Aharon et al., 2007; Kharrat et al., 2008) where goats are considered as typical "browsers" (Dumont et al., 1995; Meuret, 1997; Perevolotsky et al., 1998; Aharon et al., 2007; Rogosic et al., 2008), this added to their capacity to tolerate and metabolise the secondary compounds of shrubby species (Rogosic et al., 2008). As the rangelands materials were the sole source of food, the resting periods, the walking activities and the total duration of feeding can be an index of the fulfilment of animals' requirements. With the advancement of the summer season, total feeding duration remained the same as the whole grazing period was prolonged in order to compensate the longer resting periods observed at mid-day because of the hot temperatures (Reyneri et al., 1994; Perevolotsky et al., 1998) and the longer walks in search for more edible vegetation. In fact, the daily reached altitude was comprised between approximately 1200 and 1295 meters at the start of observations and reached 1340 meters just before leaving the rangelands.

According to Lachica and Aguilera (2003) and Sauvant et al. (2005), energy requirements increase with walking elevation and distance. Hence, during the period corresponding to early-lactation, the animal behavioural adaptive responses are reinforced to face an increasing energy demand along with an increasing food scarcity (Canas et al., 2003). As a result, a constant decrease of milk yield is observed, accompanied by a decrease of milk fat and protein content (Eknaes et al., 2006). The goat milk yield being the consequence of milk potential and available nutrients either exogenous or endogenous, it was noticeable that lean goats maintained their BCS and BW almost constant, while, during the same period, goats that were initially fat mobilized their reserves and lost body fat. This can be seen as a general response law since we observed a negative relationship between initial fatness and mobilization of body reserves (dBCS = -0.69 × BCSi + 1.38; R^2 = 0.56; n = 48), which reflects the fact that body energy can be drawn by goat in good body condition (Purroy et al., 1991; Chesworth, 1996; Atti et al., 2004; Caldeira et al., 2007) as a contribution to the lactation process at early lactation (Bocquier and Caja, 2001; Goetsch et al., 2001; Bocquier et al., 2002). This plays an important role in the females' capacity to adapt to underfeeding during this period (Goetsch et al., 2001; Blanc et al., 2006), whatever the capacity to increase energy intake in lean goats in order to satisfy their energetic requirements and maintain their milk production. This latter point has also been confirmed by our observations, especially on the last two rangelands. This effect of fatness on voluntary intake has been previously reported for different types of ruminants (Blanc et al., 2006; Caldeira et al., 2007) where the more the mass of adipose tissue is reduced, the more the animal is stimulated to eat. However, this might not be the only reason for maintaining milk yield in lean goats, since it has been shown in sheep that lean ewes have reduced maintenance requirements when compared to fat ones (Chilliard et al., 1999[4]; Caldeira et al., 2007), allowing the diversion of a part of the supplementary energy for milk production (Chilliard et al., 1999).

4 the reference Chilliard et al, 1999 is in fact Chilliard et al, 2000 **i.e.** *(Chilliard Y., Ferlay A., Faulconnier Y., Bonnet M., Rouel J., Bocquier F., 2000. Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. Proceedings of the Nutrition Society, 59, 127-134)*

After being moved from natural rangelands to agricultural pastures, energy expenditures were also important as goats walked between about 1.95 and 3.90 km.day^{-1} horizontally, but not as significantly as with walking elevation as reported by ARC (2002) and Canas et al. (2003) who suggested that increases in energy requirements are higher on extensive hilly pastures than in intensive grazing conditions. Altogether, food access and limited movements put an end to the underfeeding situation previously observed on rangelands. This contributes to explain the response of milk yield when goats were fed on agricultural pastures during the 4th and 5th month of lactation. In fact, it has been shown in dairy cows (Berry et al., 2006), ewes (Bocquier et al., 2002) and goats (Pailan and Kaur, 1996; Morand-Fehr et al., 2000; Morales et al., 2000) that after a temporary dietary deficit, milk production can be partially restored when energy intake is higher than actual needs. With Baladi goats, the increase of food availability and quality induced an important rebound of milk yield.

All the measured parameters are in agreement of this replenishment of energy balance, such as milk protein content, positively related to energy balance (Bocquier and Caja, 2001; Bocquier et al., 2002; Morand-Fehr et al., 2007) and milk fat content, decreased due to milk yield increase combined with the classical tendency observed with lactation stage (Morand-Fehr and Sauvant, 1980; Morand-Fehr et al., 2007) or to positive energy balance (Bocquier and Caja, 2001; Morand-Fehr et al., 2007). The energetic situation of these goats was so favourable that BCS and BW increased too. This is in agreement with what was previously shown (Atti et al., 2004; Blanc et al., 2006; Berry et al., 2006; Eknaes et al., 2006): adaptive compensatory responses are observed in animals' body condition when re-feeding occurs after food restriction. In fact, our measurements confirmed that under favourable conditions goats have had higher daily intakes than on natural rangelands, showing that when feeding conditions are easier, food intake is increased (Dumont et al., 1995; Meuret, 1997). This illustrates the capacity of these goats to recover from periods of under nourishment, by simultaneous increment of milk yield, body reserves and feed intake.

By the end of the experiment, while the stall-fed goats rested the whole day long, the distance covered by goats remaining on AP was of 1.25 to 2.50 km.day^{-1}. This added to the fact that stall-fed goats were given feeds of higher nutritive value caused that milk yields of stall-fed goats decreased more slowly. Such a favourable response to nutrient supply by means of concentrate distribution has been previously shown in goat (Morand-Fehr and Sauvant, 1980; Bocquier et al., 2000; Bocquier et al., 2002; Sauvant et al., 2005), due both to energy (Morand-Fehr et al., 2000) and protein (Pailan and Kaur, 1996) supply. We confirm however that concentrate food supply is accompanied by a decrease in milk fat content and that on the contrary, milk protein content increases (Morand-Fehr and Sauvant, 1980; Morand-Fehr et al., 1991; Bocquier et al., 2000; 2002; Sauvant and Morand-Fehr, 2000; Schmidely and Sauvant, 2001; Sauvant et al., 2005; Morand-Fehr et al., 2007). This point is in agreement with the turn to positive energy balance and corresponds to the precocious recovery of body condition that is observed both for lean and fat goats as observed by Lefrileux et al. in 1995. At the second period of the re-feeding, milk yield however dropped equally for stall-fed and pasture groups. This response may be explained by increased priority for reserves recovery for the next reproductive cycle (Goetsch et al., 2001; Blanc et al., 2006), as observed in many dual-purpose Mediterranean goat breeds (Landau et al., 2000) or ewes (Bocquier et al., 2002), opposing to high-yielding dairy cows (ARC, 2002; Berry et al., 2006) or goats that are capable of depleting their body reserves (Landau et al., 2000). This illustrates the capacity of Baladi goat to survive in a harsh environment with a priority to body reserve recovery by the end of lactation in order to maximize the success in reproductive process. This was confirmed by the fact that there was no difference in fertility between groups, with the same kids' birth weights at a given kids' number per goat. However, the precocious recovery of body reserves for stall-fed goats was reflected by higher growth rate of their kids between 0 and 60 days of age when compared to those from underfed ones. Thus, kids' growth appeared to be significantly affected by previous dams'

nutrition level. On the other hand, kids' growth was shown to be positively related to mothers' milk production measured after weaning (Hary and Schwartz, 2002; Abi Saab, 2005).

4.5. Conclusion

As a conclusion, the Baladi goat shows a high capacity of adaptation to harsh feeding conditions through its feeding behaviour and aptitude to mobilise and reconstitute body reserves in response to the fluctuations of food supply together with a high ability to maintain milk yield. Thus, the traditional management on mountainous rangelands seems to be a good choice in early lactation where body reserves are better used in milk production than dietary energy (Goetsch et al., 2001) and where the grazed forages quality is sufficient (Lefrileux et al., 2008) for the lactation to be maintained at high levels. It also appears to be a good strategy to maximize utilization of natural resources (Chabert et al., 1998) which is economically advantageous for the Lebanese production systems.

A transfer to more efficient feeding systems such as agricultural pastures is however required in mid lactation until late lactation because of the forage quality degradation on these native rangelands. This feeding strategy is efficient thanks to the ability of these goats to show a rather important response both in milk yield rebound and body reserves replenishment. Even so, a peculiarity we observed is the capability of this Baladi goat to regulate its nutrient partitioning towards the body reserves reconstitution whatever the feeding in late lactation (as long as it ensures the necessary energy and protein requirements of the animals) in order to guarantee a new reproductive cycle and thus a future lactation cycle according to a teleophoretic mechanism (Blanc et al., 2006). However, a concentrate based stall feeding system at late lactation appears to be of interest considering the precocious recovery of body reserves and the better reproductive performances observed at next year's kidding, especially on the level of kids' growth rates.

5. REGULATION DES CAPACITES ADAPTATIVES DES CHEVRES BALADI A L'ECHELLE DE LA LACTATION[5]

Abstract

Two diets were tested on Baladi lactating goats during mid lactation in order to determine their adaptive capacities facing feed restrictions: a low nutritive value pasture (LP) and a high nutritive value pasture (HP). During early milking period on natural pastures, goats' body condition (BCS) degraded, as initially fat goats lost more weight (BW) and were subject to a greater body reserves mobilization (BCS and NEFA) than lean ones. An intense compensation for all goats followed their transfer to the HP whereas the mobilization continued in LP, but only for fat goats. The lean goats managed to maintain their body condition by increasing their feed intake. When moved to mixed agricultural pastures at late lactation, all goats showed a full reconstitution of body reserves, particularly intense for those coming from LP, showing their strong capacities to recover their body reserves even at early stage of milking period in lean goats . In parallel, milk production decreased for all goats on natural pastures, as the milk fat and milk proteins content due to lactation stage effect. After transfer to HP, the high lactation rebound (+ 36%) showed the good reactivity of the Baladi goat in response to a feed improvement all this was already observed. Another rebound appeared in groups coming from LP after being transferred to a better feeding condition. However, during the reproduction phase, the milk yields decrease showing the highest priority given to the body reserves recovery.

Keywords: Baladi goats, adaptive responses, grazing, body reserves, milk production

5.1. Introduction

Dairy goat production in Lebanon suffers from feed scarcity, as most production systems are extensive (Hamadeh et al., 1996; 2001; LTIC, 2003). Feeding management relies on poor nutritive pastures, such as natural rangelands and crop residues (Hamadeh et al., 1996; 2001). Consequently, the Baladi goat, a dual milk and meat breed which constitutes approximately 95% of the Lebanese goat livestock (Hajj, 1999) shows poor dairy production and reproductive performances. Of a kidding average of 1.3 kids per goat (Hajj, 1999), its lactation duration is of 140 to 180 days (Hamadeh et al., 1996) from April to September (LTIC, 2003). Its individual annual milk production yield tops at 140 kg per year (LTIC, 2003).

In dry areas extensive systems the animal's capacity to mobilize and then reconstitute its body reserves to survive and maintain its milk production until food is available again is an advantage (Chesworth, 1996; Chilliard et al., 1999; Bocquier et al., 2002; Blanc et al., 2006; Sauvant et al., 2005). However, a maintained low dietary regime during lactation can diminish the animal's adaptive responses (body condition and milk production), even more when the restriction is repeated over successive cycles (Blanc et al., 2006). One of the possibilities is to supplement animals during lactation in order to maintain milk production (Bocquier et al., 2000; 2002; Sauvant et al., 2005) and replenish mobilized tissues (Goetsch et al., 2001; Atti et al., 2004) The conclusions from a previous study of Baladi goats' responses to feeding regimes during late lactation (Kharrat and Bocquier, 2010) showed that an indoor supplementation had a positive effect on milking duration. On the other hand, we showed that body reserves reconstitution had a high priority since all the goats tended to converge to a very similar body condition score at the end of lactation. This priority could be of biological significance since it contributes to the reproductive efficiency in harsh conditions (Blanc et al., 2006). However, we also showed that the precocious recovery of body reserves observed in stall fed dams

[5] **Basé sur** : Kharrat M., Bocquier F. 2010b. Adaptive responses at the whole lactation scale of Baladi dairy goats according to feed supply and level of body reserves in agro-pastoral feeding system. Small Ruminant Research, 90, 120-126.

Les figures et les tableaux ainsi que les titres des paragraphes ont été re-numérotés.

affected positively the kids' growth at next year's kidding. In order to establish allowances throughout the whole lactation of the Baladi goat, it is necessary to know their response at mid-lactation stage. Hence, the aim of the present study is to analyse the biological response of Baladi goats to changes in feeding regime during mid-lactation. The scientific question is to assess whether the hierarchy of nutrient partitioning between milk output and body reserves is modified at this earlier stage of lactation.

5.2. Materials and methods

5.2.1. Animals and experimental design

48 Baladi lactating goats, the same goats as in the previous experiment, constituted the experimental flock, all in the same lactation rank (3rd or 4th lactation) with the kids being born around early March (March 2nd ± 9 days). During early lactation (March through May), all 48 goats grazed upon the natural plain pastures of the AET domain, in Taanâyel (Lat. 35°50'E, Long. 33°45'N, Alt. 870 m), during spring season. Then, during the experimental period corresponding to mid lactation (June and July), the flock was divided into two groups, the first one (n = 24) fed on crop residues with low nutritive value (LP). and the second one (n = 24) on forages with high nutritive value (HP), before being all regrouped again on mixed agricultural pastures (AP) consisting of crop residues and forages at late lactation (August and September). Since the start of the experiment the goats were considered to belong to either a Fat (F) or Lean (L) group according to their initial body condition score: lean (BCSi ≤ 3.0) and fat (BCSi > 3.0) (see Table 22).

Table 22. Experimental design of the three periods study

Experimental period	Experimental factors: animals	Code	Experimental sub factors: diets	Code
First Period P1: Natural Plain pastures (early lactation: d_{61} to d_{105} of lactation)	Body condition:			
	Lean	L-NP		
	Fat	F-NP		
Second Period P2: Crop residues and forages (mid lactation: d_{105} to d_{150} of lactation)	Body condition and feed:		Pasture nature:	
	Lean, Low value Pasture	L-LP	Low value Pasture 1	LP1
	Fat, Low value Pasture	F-LP	High value Pasture 1	HP1
	Lean, High value Pasture	L-HP	Low value Pasture 2	LP2
	Fat, High value Pasture	F-HP	High value Pasture 2	HP2
Third Period P3: Mixed Agricultural Pastures (late lactation: d_{150} to d_{213} of lactation)	Body condition:			
	Lean	L-AP		
	Fat	F-AP		

5.2.2. Recording procedures

Foraging behaviour was evaluated during the experimental period through pasture resource (botanical composition) and animal behaviour (specific preferences and nutritive values of ingested plants (DM, CP, ADF and NDF)), activities (feeding, resting and moving) and daily intake (DI)) (see Kharrat and Bocquier, 2010a).

Measurements of body condition parameters were done on a monthly basis (d_{61} of lactation until d_{213}) as goats' body weight (BW, kg), body condition scores (BCS, points) and plasma Non Esterified Fatty Acids (NEFA, $mMol.l^{-1}$) were assessed (see Kharrat and Bocquier, 2010a).

Milk yields and composition measurements were done on a twice a month basis: individual daily milk yield was assessed through weighing morning and evening production of each goat and milk fat and milk protein measurements were done on bulk milk of each group (see Kharrat and Bocquier, 2010a).

5.2.3. Statistical analysis

Statistical differences between means were determined by ANOVA and GLM tests and were considered to be significant at $p < 0.05$. LSD tests were also realized on means and were considered to be significant at $p < 0.05$. Data analysis was done using the program SPSS 10.0. Correlations and linear regression models were realized either with Microsoft Excel 2003 or SPSS 10.0. Results are expressed as means ± SEM.

5.3. Results

5.3.1. Goats foraging behaviour and voluntary feed intake during experimental period

On HP pastures (HP1 and HP2), chemical characteristics of plants were stable and balanced, with DM averaging around 27-34%, CP around 19% and relatively low fibre content (ADF: around 22% and NDF: between 32 and 37%). On the other hand, on LP pastures, average DM of ration went up to 48-69%, CP fluctuated between 10 and 15%, ADF between 30 and 41% and NDF between 47 and 59%. Within a full day on these two types of pastures, goats always grazed mostly in the morning and in the evening (273 ± 1 minute of feeding time a day on LP and 259 ± 6 minutes on HP, with a larger part of time dedicated to grazing on LP, the difference being not statistically significant ($p > 0.05$)), and rested at mid-day since it was summer season. Individual feed intake of goats (mean value of 1.92 ± 0.08 kg DM.day^{-1}) followed grazing time patterns: mean intake on LP was significantly ($p = 0.044$) higher (2.04 ± 0.18 kg DM.day^{-1}) than intake on HP (1.79 ± 0.07 kg DM.day^{-1}). This effect was mostly due to the lean goats' foraging behaviour as their mean intake on LP was 280 g of DM.day^{-1} higher than that of fat ones.

3.2. Evolution of body weight and body condition score

5.3.2.1. Body weight (BW) changes

Even though fat goats (44.20 ± 2.34 kg) were initially heavier than lean ones (38.64 ± 1.73 kg) there were no significant differences between experimental groups ($p > 0.05$). When fed on natural plain pastures, fat goats started to loose weight (-1.84 ± 0.33 kg) while lean goats slightly increased their BW (+0.43 ± 0.32 kg) ($p = 0.000$) (not shown[6]). When divided into two separate feeding groups, fat goats continued to loose weight on LP (-1.00 ± 0.29 kg) while mean BW of lean goats increased (+1.23± 0.53 kg). On the other hand, HP pastures induced a stability of fat goats BW (+0.64 ± 0.47 kg) while lean goats gained weight (+2.82 ± 0.49 kg). The differences sorted out were better explained by level of fatness ($p = 0.036$) than of the regime itself ($p > 0.05$). Finally, when all placed on mixed agricultural pastures, within the first part of the period, goats from LP feeding group tended to compensate BW losses and all gained weight, especially fat ones (F-LP: +3.00 ± 0.67 kg and L-LP: + 1.45 ± 0.74 kg). Goats previously fed on HP showed a less compensatory response: fat goats tended to start BW gain (+1.14 ± 0.47 kg) while lean goats maintained their previously reached body weight (+0.05 ± 0.35 kg). Thus, previous feeding regime had a significant effect on BW gains ($p = 0.009$) as well as level of fatness ($p = 0.028$). During the second part of the period, BW gain profiles became parallel between the four groups: all goats tended to gain weight. Neither previous diet nor body condition affected the final BW gain ($p > 0.05$). Globally, fat goats had a higher gain when better fed (F-LP: +0.55 ± 0.88 kg; F-HP: +1.45 ± 0.71 kg) while in lean goats the overall BW gain was very close (L-LP: +3.91 ± 0.83 kg; L-HP: +3.86 ± 1.00 kg), differences between four groups being significant ($p = 0.015$).

[6] La figure correspondante est présentée en annexe 6.

5.3.2.2. Body condition score (BCS) changes

At the start of the experiment, goats were divided according to their initial BCS, which resulted in the following mean values for lean (2.24 ± 0.21 pts) and fat (4.31 ± 0.16 pts) goats (p = 0.000). NEFA values were positively related to BCS values (NEFAi = +0.04 × BCSi + 0.17; R^2 = 0.84; n = 12), as fat goats had initially higher values (0.34 ± 0.01 mmol.l^{-1}) than lean ones (0.21 ± 0.01 mmol.l^{-1}) (p = 0.001). We observed that goat's body reserves (BCS) had similar evolutions to BW changes (Figure 41). During the natural plain pastures grazing, goats of all groups lost BCS. However, while this loss was limited for lean goats (-0.19 ± 0.13 pts), it was important for fat ones (-0.65 ± 0.13 pts) (p = 0.005). After goats were separated into different regimes, lean goats tended to increase their body reserves on LP (L-LP: +0.98 ± 0.28 pts) and even more on HP (L-HP: +1.52 ± 0.28 pts). For fat goats, those fed on LP kept mobilizing their body reserves (-0.55 ± 0.20 pts) whereas a regain of BCS was observed for the ones fed on HP (+0.80 ± 0.12 pts). Both body condition (p = 0.010) and feeding regime (p = 0.022) affected the responses of goats BCS changes. The diet change onto mixed agricultural pastures resulted in all goats regaining BCS, especially during the first part of the period, with a marked increase (p = 0.001) for goats previously on LP (L-LP: +0.86 ± 0.17; F-LP: +1.00 ± 0.21 pts) when compared to ones previously on HP (L-HP: +0.34 ± 0.15; F-HP: +0.48 ± 0.19 pts). Finally, BCS increase tended to fade for all groups (L-LP: +0.32 ± 0.08; F-LP: +0.43 ± 0.08; L-HP: +0.50 ± 0.13; F-HP: +0.09 ± 0.07 pts; p > 0.05). The evolution of plasma NEFA followed an opposite pattern to BCS and BW (not shown[7]) as the maximum concentration was achieved by the end of P1 for goats fed on HP (up to 0.45 ± 0.01 mmol.l^{-1}) and in the middle of P2 (up to 0.41 ± 0.01 mmol.l^{-1}) for goats fed on LP before continuously decreasing till the end of the experiment. Overall BCS changes differed according to body condition category and whether they were kept under favourable feeding profile or under-fed at a period of their lactation (L-LP: +1.91 ± 0.22; L-HP: +2.23 ± 0.23; F-LP: +0.14 ± 0.16; F-HP: +0.25 ± 0.19 pts), differences between groups being significant (p = 0.000). The parallelism once demonstrated (Kharrat and Bocquier, 2010) between body weight and body condition evolution is confirmed by this linear relationship: dBW = +1.50 × dBCS + 0.63; R^2 = 0.49; n = 48, as to a 1 point BCS change corresponds with a 2.2 kg BW change.

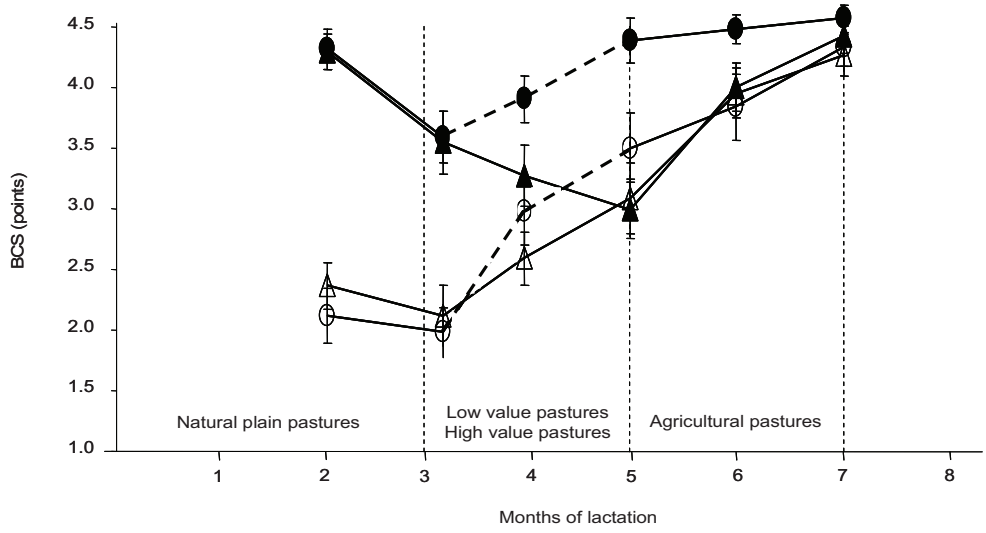


Figure 41. Evolution of mean BCS of Baladi goats fed successively on natural plain pastures, then either on crop residues with low nutritive value (____) or on forages with high nutritive value (--------) and then on mixed agricultural

[7] La figure correspondante est présentée en annexe 7.

pastures. Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. Vertical bars represent SEM values (Standard Error of Mean = STD/√n)

5.3.3. Milk yield and milk composition evolution

5.3.3.1. Milk yield changes (MY)

Mean initial milk yields (kg.goat^{-1}.day^{-1}) were close among the groups whatever their initial body condition: L-LP: 2.65 ± 0.22, L-HP: 2.63 ± 0.27, F-LP: 2.36 ± 0.26 and F-HP: 2.39 ± 0.16 ($p > 0.05$). During the first part of lactation (d_{61} until d_{105}), mean MY decreased regularly for all groups ($p > 0.05$) from 2.51 ± 0.11 to 1.90 ± 0.07 kg.goat^{-1}.day^{-1} (Figure 42). When goats were separated, an important increase of mean MY was observed for goats fed on HP (+ 0.68 kg.goat^{-1}.day^{-1} i.e. +36%), starting at d_{105} of lactation and ending at d_{150} of lactation. On the contrary, LP goats showed a steady decrease of their mean MY during the same period (-0.63 kg.goat^{-1}.day^{-1} i.e. -33%). This difference between groups is due to dietary treatments ($p = 0.000$). Then, while mean MY of previously on HP goats started to decline during the last period (d_{150} until d_{200}) (-0.89 kg.goat^{-1}.day^{-1} i.e. -34%), mean MY of goats that were previously on LP increased (+0.46 kg.goat^{-1}.day^{-1} i.e. +36%), once again diet having a significant effect ($p = 0.000$). However, by the end of the experiment (d_{200} until d_{213}), all goats' MY dropped (HP: -0.37 kg.goat^{-1}.day^{-1} (i.e. -22%) and LP: -0.46 kg.goat^{-1}.day^{-1} (i.e. -26%)), whatever the previous regime ($p > 0.05$). No significant effect of initial fatness was detected in this latter evolution ($p > 0.05$). As a whole, for a period of 152 days, the respective groups had mean total MY per goat of: L-LP: 205 kg, F-LP: 212 kg, L-HP: 243 kg and F-HP: 229 kg. In parallel, all goats showed almost the same length ($p > 0.05$) of production duration (LP: 269 ± 2 days; HP: 270 ± 2 days).

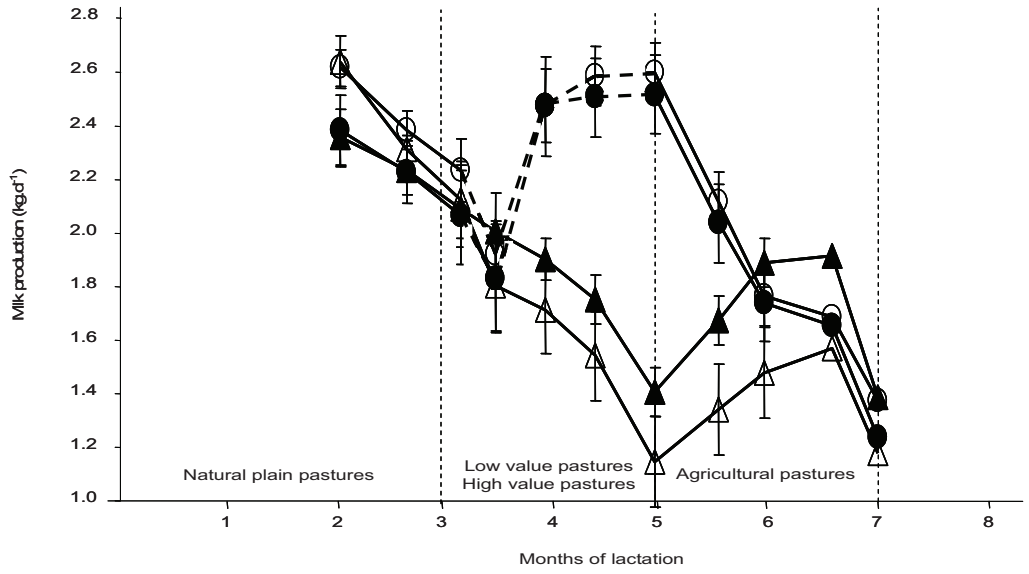


Figure 42. Evolution of mean milk production of Baladi goats fed successively on natural plain pastures, then either on crop residues with low nutritive value (____) or on forages with high nutritive value (--------) and then on mixed agricultural pastures. Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. Vertical bars represent SEM values (Standard Error of Mean = STD/√n)

5.3.3.2. Milk composition changes: milk fat (MF) and milk protein (MP) content

The MF content of all groups declined homogeneously ($p > 0.05$) from 4.1% ± 0.1 to 3.4% ± 0.0 during P1 (Figure 43). It stabilized during P2, but at different levels ($p = 0.000$) for LP (3.6% ± 0.0) and HP goats (3.1% ± 0.0), before following a rising pattern for all goats during P3. The final rise of MF (between d_{150} and d_{213} of lactation), was neither

affected by feeding regime nor by body condition ($p > 0.05$), although it was slower for goats previously on LP, reaching 4.1% ± 0.1 (+0.4 i.e. + 12%) than on HP, reaching 4.2% ± 0.1 (+0.9 i.e. + 27%).

During P1, MP content declined in a very similar manner in all groups passing from 2.9% ± 0.0 to 2.4% ± 0.0 at the end of P1 without any effect of body condition or regime ($p > 0.05$). The diet change occurring in P2 caused an important change of the MP content in HP groups rising it from 2.4% ± 0.0 at d_{105} to 3.3% ± 0.0 at d_{150} (+0.9 i.e. +37%), but not in LP groups where MP content rose only from 2.3% ± 0.0 at d_{105} to 2.6% ± 0.0 at d_{150} (+0.3 i.e. +13%), with a significant difference between the two regimes ($p = 0.042$). During P3 (between d_{150} and d_{213} of lactation), the previously underfed groups had higher ($p = 0.03$) final increase of MP content (from 2.6 %± 0.0 to 3.5% ± 0.1; + 0.8 i.e. + 32%) than well fed groups (from 3.3 %± 0.0 to 3.6% ± 0.0; + 0.3 i.e. + 11%).

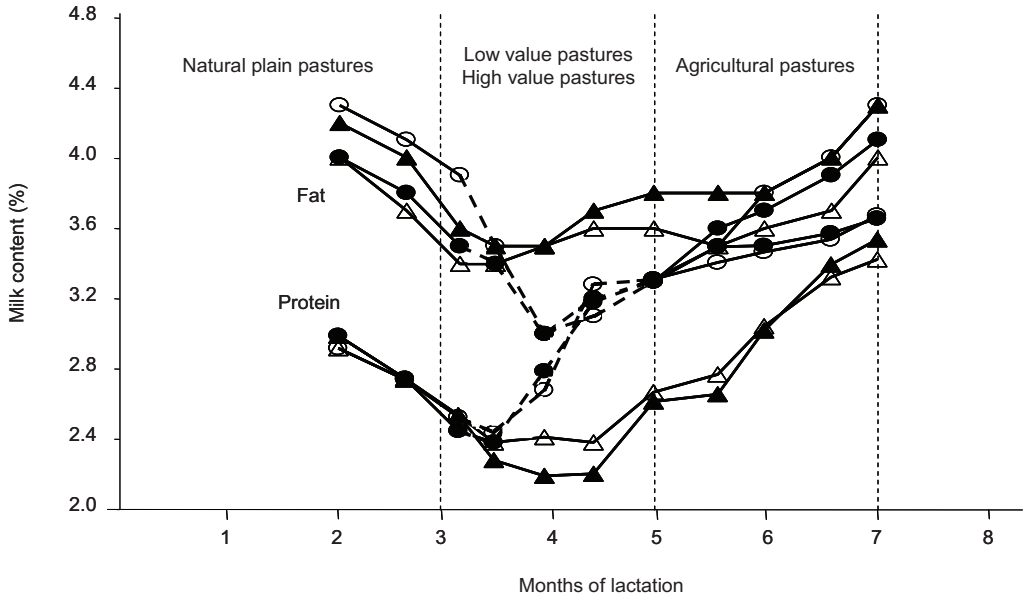


Figure 43. Evolution of mean milk content of Baladi goats fed successively on natural plain pastures, then either on crop residues with low nutritive value (____) or on forages with high nutritive value (--------) and then on mixed agricultural pastures. Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment

5.4. Discussion

During early lactation, a constant decrease of milk yield is observed, due to normal lactation curve persistency which was further reinforced by an insufficient energy supply that was accompanied by a simultaneous decrease of milk fat content and protein content (Eknaes et al., 2006). With low stocks of body reserves from the start of the experiment, lean goats maintained their BW and BCS at constant level through this period whilst fat goats lost both BW and BCS, thus drawing on their body reserves. We quantified this phenomenon that exists between initial BCS (BCSi) and its variation: $dBCS = -0.35 \times BCSi + 0.57$ ($R^2 = 0.63$; $n = 48$). In fact, it is classically reported that females in good body condition mobilize their reserves to fulfil part of their energy requirements (Purroy et al., 1991; Chesworth, 1996; Atti et al., 2004; Caldeira et al., 2007). This mechanism reflects the females' capacity to adapt to underfeeding during this period (Goetsch et al., 2001; Blanc et al., 2006) to maintain milk production. Even if we have shown that lean goats increased their energy intake in order to maintain their milk yield at a comparable level of the fat goats as reported by Chilliard et al. in 1999 and ARC in 2002, this can also be explained by their lower maintenance requirements (Chilliard et al., 1999[8]; Caldeira et al., 2007).

[8] the reference Chilliard et al, 1999 is in fact Chilliard et al, 2000, *(Chilliard Y., Ferlay A., Faulconnier Y., Bonnet M., Rouel J., Bocquier F., 2000. Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. Proceedings of the Nutrition Society, 59, 127-134)*

After being moved, at mid lactation, to agricultural crop residues with a low nutritive value, goats were submitted to a clear underfeeding situation, creating a negative energy balance in animals as observed by Landau et al. (2006) on wheat stubbles. On the opposite, better fodder values on the forage pastures brought them close to intensive systems as reported by Morand-Fehr et al. (2007) and Lefrileux et al. (2008). This favourable nutritional situation explains the rebound of milk production that is observed during the 4th and 5th month of lactation. In fact, it has been shown that re-feeding can partially restore milk production in dairy cows (Berry et al., 2006), ewes (Bocquier et al., 2002) or goats (Pailan and Kaur, 1996; Morand-Fehr et al., 2000; Morales et al., 2000), but in Baladi goats the response is very ample. It is worth noticing that in Baladi goats, this important rebound of milk yield during mid lactation occurred whatever the body condition of the goats. In parallel, milk protein content tended to increase in forage crops pastures as it has been shown to positively respond to energy balance (in goat: Morand-Fehr et al., 2007 and in ewe: Bocquier and Caja, 2001; Bocquier et al., 2002) as milk fat content decreased since it has been reported to depend on milk yield increase (in goat: Morand-Fehr and Sauvant, 1980; Morand-Fehr et al., 2007) or on a positive energy balance (in ewe: Bocquier and Caja, 2001 and in goat: Morand-Fehr et al., 2007). The improved energy status of these goats also generated a BCS increase. Several authors (Atti et al., 2004; Blanc et al., 2006; Berry et al., 2006; Eknaes et al., 2006) reported that adaptive compensatory responses are observed in poor animals' body condition when the food restriction is followed by re-feeding. In contrary, goats driven on crop residues showed a continuously falling milk yield and a different BCS evolution profile, according to initial body condition. While fat goats continued to mobilize body fat, lean goats tended to maintain BW and BCS. This response under feed limitation is explained by an adaptive behaviour: when feed is scarce, goats tend to increase their daily intake as shown by Meuret (1997) and Nahon (2006), because feeding behaviour is increased by a lower plasma leptin (Chilliard et al., 1999[7]), lean ones increasing their intake in comparison to fat ones, as they are unable of using their body reserves in order to fulfil their energetic requirements. This effect of fatness on voluntary intake has been previously reported in literature for different types of ruminants (Blanc et al., 2006; Caldeira et al., 2007). Thus, our experiment revealed that the Baladi goats did not fully express their milk potential at early stages of lactation as it was limited by energy intake, as shown by Berry et al. (2006) with dairy cows under a grazed grass based system and by Morand-Fehr et al. (2007) and Lefrileux et al., (2008) with dairy goats that can be improved when supplemented with concentrates on poor rangelands. It also illustrates the capacity of these goats to recover from periods of under nourishment, by simultaneous increment of both milk yield and body reserves, which cannot be considered as common to all dairy breeds or species, because usually after an underfeeding period, the extra energy received from the re-feeding is preferably oriented toward body fat replenishment (Landau et al., 2000; Bocquier et al., 2002).

By the end of the experiment, the rebound observed for goats previously fed on LP, however of less amplitude and duration than the earlier one, confirms the capacity of this goat to still positively respond to a feeding improvement even at a late lactation stage. This point is in agreement with the significantly higher body reserves recovery observed both in lean and fat goats previously fed on LP. However, at the second period of re-feeding, milk yield dropped equally for all goats. This response may be explained by an increased priority for reserves recovery for the next reproductive cycle, a response shared by many dual-purpose Mediterranean goat breeds (Landau et al., 2000) or ewes (Bocquier et al., 2002). This response may differ with high-yielding dairy cows (ARC, 2002; Berry et al., 2006) or goats that are capable of depleting their body reserves at risk for their reproductive performances (Landau et al., 2000). This confirms our previous results (Kharrat and Bocquier, 2010a) on the capacity of Baladi goats to survive in a harsh environment with a high priority to body reserve recovery in late lactation.

Overall, the Baladi goat is to be considered as a potentially interesting dairy breed. First of all, milk level tends to increase on successive cycles as feeding conditions are improved: milk yield observed at the start of this second year (2.51 ± 0.11 kg.goat^{-1}.day^{-1}) was in fact improved when compared to the previous lactation (1.36 ± 0.05 kg.goat^{-1}.day^{-1}) although a year effect cannot be excluded. Secondly, the double rebounds observed i) on forage crops during mid lactation and then ii) on mixed agricultural pastures during late lactation showed that these goats may exhibit large milk response and that feeding management can still be a key element in the expression of their dairy production.

5.5. Conclusion

This second experiment confirmed that the Baladi goat, which is representative of the dairy goat farming system in Lebanon, shows a high responsiveness to favourable feeding conditions and a good resilience to adverse feeding conditions. Whatever the feeding conditions during mid or late lactation, at the end of the production cycle, energy intake is highly prioritized toward body reserves. This shows a high capacity of adaptation to ensure the perennity of the species in these harsh environments. In this prospect feeding strategies that supply good quality feeds by the end of lactation is a guarantee for the success of reproduction (Kharrat and Bocquier 2010a).

In addition, it shows in this Baladi goat that milk yields can still be increased by supplying good quality feeds during mid and late lactation, without affecting the tendency of body reserves recovery at the reproduction phase. It remains that the biological significance of the positive response of milk yield (rebounds) at mid-lactation to improvements of feeding status is questionable. One can consider that as Baladi goats are dual purpose goats, and that kid suckling may last for several months, it could be useful for the survival of the kids that milk yield can increase with transient improved feeding conditions. Inversely, this possibility seems to no longer exist in highly selected dairy breeds or species.

Hence this breed exhibits basic mechanisms of adaptation that were repeated along lactation. First goats are able to adjust their feeding behaviour according to available biomass. This behavioural ability is reinforced in lean goats. Second, there is a fine tuning of the partition of dietary energy between milk production and level of body reserves along the lactation according to teleophoretic regulations (Chilliard et al., 1999). At early stages of lactation, when food supply is increased, these goats show a clear tendency to divert the nutrient flow toward milk production by significant rebounds of milk yield, while progressively by the end of lactation the extra-food is preferably oriented toward body reserves. Hence, the present experiment gave supplementary information on early lactation responses and fully confirmed our previous conclusions for the end of lactation (Kharrat and Bocquier, 2010a).

CHAPITRE VI. DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSIONS

Cette thèse met en relief les capacités adaptatives de la chèvre Baladi considérée depuis longtemps comme une chèvre rustique de la région libanaise (Hamadeh et al., 1996 ; 2001). Ces capacités se reflètent dans les réponses engendrées chez les femelles face à différentes situations alimentaires au niveau de leur comportement sur parcours, de leur physiologie, de leur production et de leur reproduction.

1. Un comportement alimentaire qui évolue selon la disponibilité et la saison

Nous avons montré que les chèvres ont adapté leur comportement alimentaire en fonction de la disponibilité des aliments sur parcours. Avec l'avancement de la saison chaude et la raréfaction des ressources végétales en vert, les animaux ont manifesté divers types de comportements leur permettant de faire face à cette situation de forte amplitude.

D'abord, sur le plan du rythme de pâturage, les animaux se reposent en milieu de journée, lorsque la température est maximale (Reyneri et al., 1994 ; Perevolotsky et al., 1998 ; Sharma et al., 1998 ; [vaches laitières] Brosh et al., 2006) et reprennent la dynamique alimentaire en fin de journée (Morand-Fehr et Doreau, 2001 *in* Morand-Fehr, 2005), accordant ainsi progressivement plus de temps à l'activité alimentaire sur la journée de pâturage, mais aussi aux repos et aux déplacements. Le fait que le lieu de repos des chèvres coïncide avec le lieu d'abreuvement, auprès d'un petit lac de montagne, allonge d'autant plus le temps de repos en période de chaleur, l'eau n'étant disponible sur parcours naturel que sur ce seul site et l'alimentation devenant de plus en plus sèche. De plus, la mobilité des animaux dans l'espace et dans le temps est un élément essentiel de leur adaptation à un environnement hétérogène quant à la répartition des ressources alimentaires (Roguet et al., 1998 ; Lécrivain et al., 2004 ; Blanc et al., 2006).

Ensuite, sur le plan de la sélection spécifique des aliments, ils expriment un comportement sélectif opportuniste en substituant progressivement les buissons aux herbacés (Morand-Fehr, 2005 ; Hajj et al., 2007), passant d'un comportement « grazer » à un comportement « browser » (Meuret, 1997). Ceci tout en maintenant des choix alimentaires leur permettant d'améliorer la valeur alimentaire de l'ingéré par rapport au disponible global (Roguet et al., 1998 ; Baumont et al., 2000 ; Iason et Gordon, 2000), notamment lorsque ce dernier est pauvre en énergie et/ou en protéines (Jansen et al., 2007).

Enfin, les seuils de régulations de l'ingestion sont accrus chez les animaux les plus maigres comme observé à l'auge chez de nombreux ruminants (Chilliard et al., 2005 ; Blanc et al., 2006 ; Caldeira et al., 2007 ; Roche et al., 2009), et ceci même pendant la lactation.

Comme nous venons de le voir toutes ces adaptations comportementales ne sont pas spécifiques aux chèvres Baladi. Toutefois, nous montrons que pratiquement tous les registres comportementaux ont été mis en œuvre par ces chèvres alors que les résultats de la bibliographie

rapportent généralement des comportements qui ont été observés de façon isolée dans des situations expérimentales particulières.

2. Une courbe de production laitière très malléable

Nous avons montré qu'à chaque amélioration de l'offre alimentaire, les chèvres ont répondu par une augmentation de leur production laitière journalière qui s'est accompagnée par un accroissement du taux protéique du lait. Cette dernière réponse est fréquemment rapportée en situation de bilan énergétique positif (Quittet, 1977 ; Morand-Fehr et Sauvant, 1980 ; Morand-Fehr et al., 1991_a ; Morand-Fehr et al., 2007). Cet effet du niveau alimentaire s'est manifesté à deux échelles temporelles qui sont illustrées sur la figure 44 :

- Une réponse à long terme, entre les deux lactations successives, qui s'est traduite par l'augmentation du niveau de la production laitière en début lactation : démarrage de lactation à 1,4 kg de lait par jour en 2006 pour 2,5 kg de lait par jour en 2007. L'application du plan de pâturage en 2006 a donc eu un effet très favorable sur la lactation suivante. Nous ne connaissons pas l'histoire nutritionnelle antérieure à 2006 de ces chèvres qui ont été acquises pour réaliser ces expériences.

- Une réponse en cours de lactation, à court et moyen termes, quelque soit le niveau de la production laitière de départ et quelque soit le stade de lactation. Cette réponse se manifeste par des rebonds de la production de lait (type mini-lactations) greffés sur la trajectoire moyenne de la courbe de lactation du lot homologue qui est maintenu sur le même type d'offre alimentaire ou sur des apports alimentaires faibles. De plus, nous montrons que ces rebonds se produisent très rapidement et à chaque fois qu'une réalimentation suivait une restriction alimentaire (passage de PN à PA, passage de PN à PH, puis de PB à PA…etc.). Ceci est conforme aux résultats des études sur la prise de décision en systèmes d'élevage incluant la valorisation de parcours agricole comme système de conduite valorisant les surfaces fourragères et assurant la rentabilité de l'élevage (Morand-Fehr, 2005). En effet, ces études ont montré que la production laitière était supérieure sur parcours de plaine à celle sur parcours de montagne (Malau-Aduli et al., 2003 ; Morand-Fehr et al., 2007), notamment sur des parcours agricoles fourragers où la production laitière peut atteindre le même niveau qu'en système intensif (Lefrileux et al., 2008_a). Ces rebonds sont toutefois d'autant moins amples et de moindre durée que les chèvres sont à un stade de lactation avancé (Figure 44).

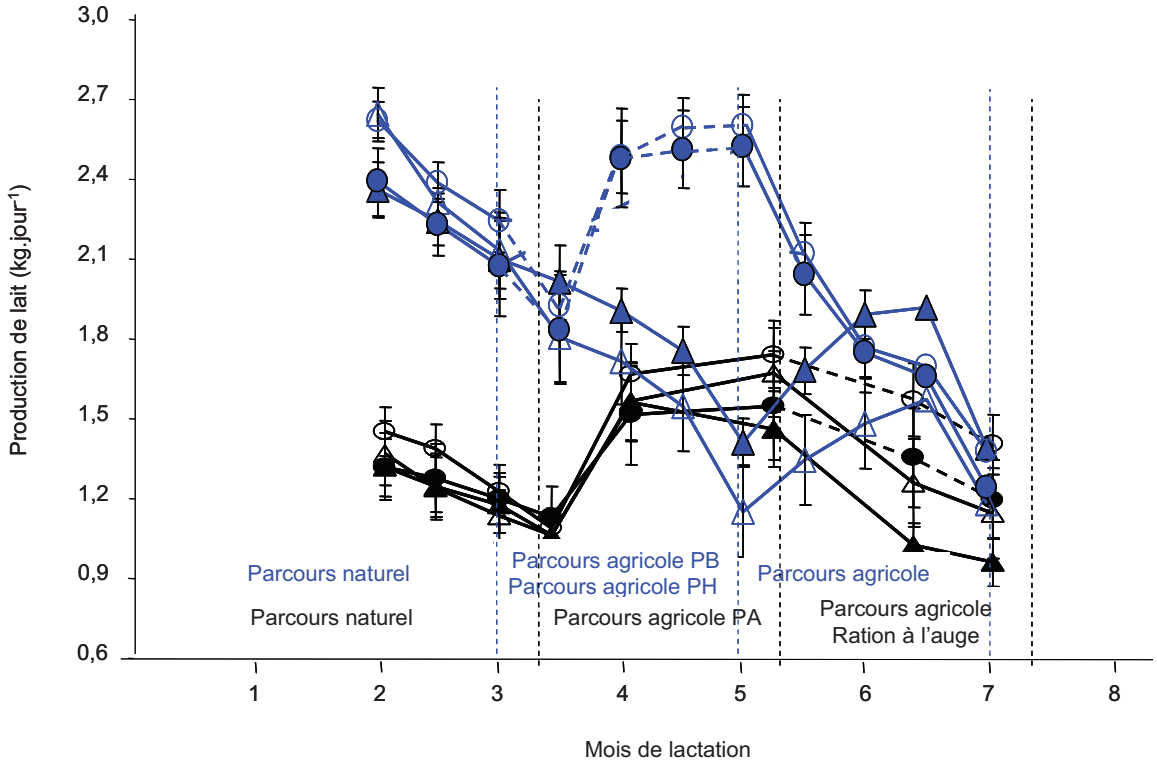


Figure 44. Evolution de la production laitière moyenne des chèvres « Baladi » en 2006 et 2007 sur parcours naturel, puis sur parcours agricole PA ou soit de basse valeur nutritionnel [PB (____)] soit de haute valeur nutritionnel [PH (------)] et enfin soit sur parcours agricole (____) soit à l'auge (------) ou sur parcours agricole mixte. Les chèvres ont été identifiées comme Grasses (● , ▲) ou Maigres (○ , △) au début de l'expérimentation. Les barres verticales représentent les erreurs-types autour des moyennes

De telles réponses sur la plasticité de la courbe de lactation ont été rapportées chez la chèvre il y a de nombreuses années (Linzell, 1963). Actuellement de tels phénomènes ne se produisent plus chez des chèvres hautement sélectionnées et pour lesquels l'alimentation est sécurisée à un haut niveau d'apports et n'est plus apte à engendrer des augmentations significatives de la production de lait. D'après Hadjipanayiotou et Morand-Fehr (1991), il est très difficile d'augmenter la production de lait en fin de lactation, même si le niveau énergétique de l'ingéré augmente. En revanche de tels phénomènes de mini-lactations transitoires ont été rapportés chez la vache laitière (Kann, 1991 ; Badinand et Lahlou-Kassi, 1996 ; Chilliard et al., 1998) ou la chèvre laitière (Disenhaus et al., 1995) après des injections d'hormone de croissance. Dans ces situations l'hormone de croissance qui oriente préférentiellement les nutriments vers la glande mammaire (Kann, 1991 ; Chilliard et al., 1998) entraîne d'abord une mobilisation des réserves corporelles (accroissement des AGNE) (Disenhaus et al., 1995 ; Chilliard et al., 1998 ; Roche et al., 2009), avec ou sans accroissement de l'ingestion alimentaire comme conséquence de l'accroissement des besoins. Dans le cas présent, avec les chèvres Baladi, c'est l'accroissement d'ingestion qui est à l'origine de l'augmentation de production laitière et ceci n'est pas incompatible avec une reconstitution des réserves corporelles, comme il est discuté dans le point suivant.

3. Une reconstitution opportuniste des réserves corporelles au cours de la lactation

Comme tous les ruminants laitiers, la chèvre Baladi fait preuve d'une capacité à faire face aux périodes de pénurie alimentaire, classique sur parcours méditerranéen, à travers la mobilisation de ses réserves corporelles et de leur reconstitution en période plus favorable (Chilliard et al., 1999 ; Chilliard et Bocquier, 2000 ; Morand-Fehr, 2005) et/ou lorsque les besoins de lactation sont fortement diminués (Chilliard et al., 1999 ; 2000). Cette balance sur le long terme permet aux femelles d'aborder un nouveau cycle de production dans de bonnes conditions (Blanc et al., 2004 ; 2006). Toutefois, le mécanisme d'adaptation remarquable observé chez la chèvre Baladi est que cette reconstitution se produit à tous les stades de la lactation. En effet, à chaque période favorable sur le plan nutritionnel, on assiste non seulement à un accroissement de la production laitière mais également à une reconstitution des réserves adipeuses (Figure 45).

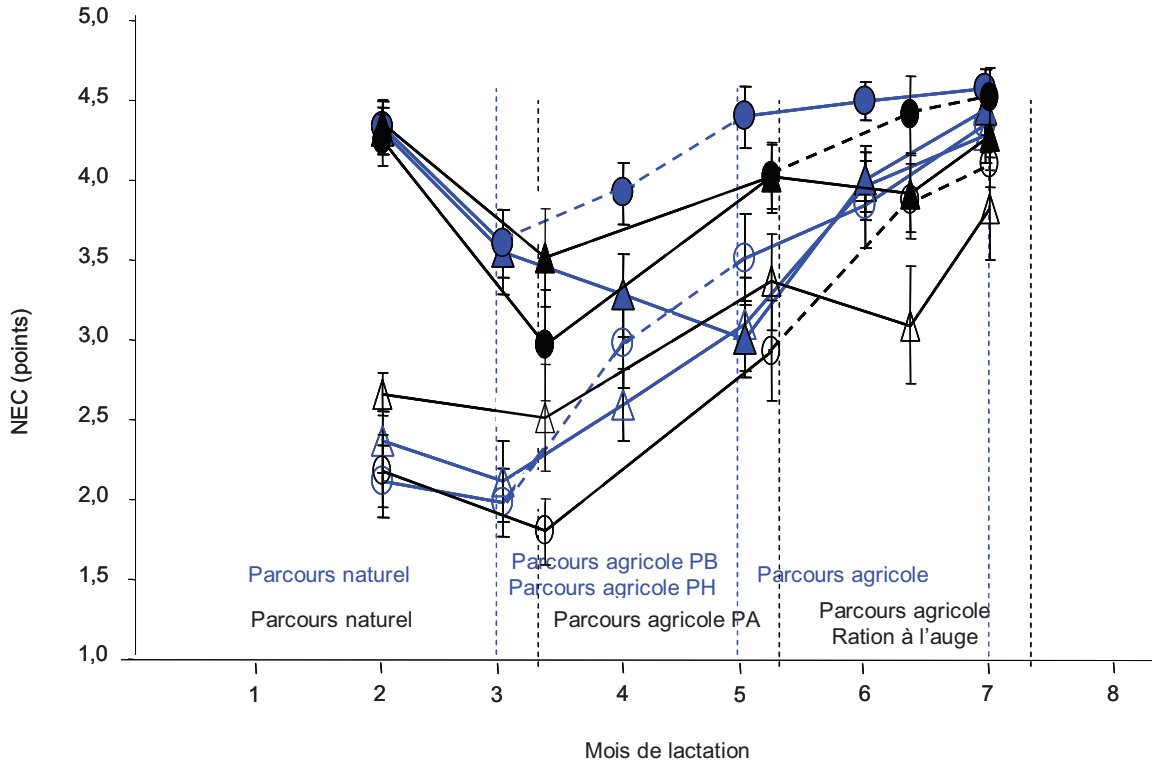


Figure 45. Evolution de NEC moyenne des chèvres « Baladi » en 2006 et 2007 sur parcours naturel, puis sur parcours agricole PA ou soit PB (____) soit PH (------) et enfin soit sur parcours agricole (____) soit à l'auge (------) ou sur parcours agricole mixte. Les chèvres ont été identifiées comme Grasses (●, ▲) ou Maigres (○, △) au début de l'expérimentation. Les barres verticales représentent les erreurs-types autour des moyennes

Plus particulièrement, alors que le rebond de production laitière est pratiquement équivalent entre les chèvres maigres et les chèvres grasses, l'accroissement d'ingestion que nous avons observé chez les chèvres les plus maigres permet d'expliquer la plus précoce et plus forte reconstitution des réserves chez celles-ci (Figure 45), alors que les chèvres grasses restent capables de mobiliser davantage et pendant plus longtemps (paliers de reconstitution des réserves). En effet,

il a été montré chez la chèvre et chez la brebis une hypoleptinémie pendant la lactation (Ehrhardt et al., 2001 ; Ingvartsen et Boisclair, 2001 ; Bonnet et al, 2005 ; 2009) qui pourrait stimuler l'ingestion et diminuer la dépense énergétique, ces deux phénomènes pouvant favoriser à la fois la production laitière et le dépôt des lipides corporels (Chilliard et al, 2005).

Un autre phénomène, qui s'est reproduit dans les deux essais, est la chute de la production laitière des chèvres en toute fin de lactation (à partir du 200ème jour de lactation) quelle que soit l'alimentation fournie. Celle-ci s'est accompagnée d'une forte reconstitution des réserves corporelles. Un tel phénomène n'est pas rapporté chez des ruminants laitiers hautement sélectionnés et correctement alimentés : la baisse régulière de production laitière et le maintien de l'ingestion à un niveau relativement élevé explique l'orientation régulière des nutriments vers les réserves adipeuses. Ceci s'observe également plus précocement en lactation lorsque des espèces laitières sélectionnées sont suralimentées : la réponse est marginale sur la production laitière alors que le supplément d'énergie ingéré est stocké sous forme de réserves adipeuses (Landau et al., 2000; Bocquier et al., 2002).

Il est incontestable que les animaux laitiers hautement sélectionnés sont capables de fortement mobiliser leur réserves adipeuses pour permettre l'expression de leur potentiel génétique au risque de déséquilibres physiologiques (Roche et al., 2009 ; Friggens et al., 2010) : on considère alors que la fonction de lactation est hautement prioritaire, notamment au début de la lactation. Cependant, en fin de lactation, avec des niveaux alimentaires généralement très favorables de ces animaux laitiers il n'est pas aisé de définir le degré de priorité de la reconstitution des réserves adipeuses. Cette priorité pourrait résulter davantage d'un effet du maintien de l'ingestion que d'une véritable priorité de la reconstitution des réserves car elle n'est pas en compétition avec le maintien de la production laitière. Ainsi chez la chèvre Baladi nous confirmons qu'avec l'avancement de la lactation, priorité est donnée à la reconstitution des réserves corporelles aux dépens de la lactation. Toutefois ce modèle animal illustre de façon originale que cette priorité n'est pas absolue et qu'un équilibre s'établit entre la fonction de lactation et de reconstitution en début et au milieu de la lactation selon l'état des réserves adipeuses. En toute fin de lactation, avec des états corporels pourtant satisfaisants, nous montrons clairement que la reconstitution est hautement prioritaire..

4. Une croissance modifiée par le niveau alimentaire des reproductrices

La modification des performances et la manifestation des mécanismes de régulation ne se limitent pas à la physiologie et aux performances productives de l'animal mais s'étendent aussi à ses performances reproductives. En 1978, Shelton avait indiqué que toute amélioration alimentaire au moment de la reproduction des chèvres entraîne une augmentation linéaire de la production de chevreaux. En effet, une augmentation de la croissance de la portée au cours des deux mois qui

suivent la mise bas (GMQ moyen des chevreaux > 170 g.jour^{-1}, chiffre supérieur à ceux obtenus par d'autres auteurs (148 g.jour^{-1} chez Abi Saab, 2005) qui ont travaillé sur des chevreaux allaités par des chèvres élevées sur parcours naturels) est observée suite à la mise à l'auge des reproductrices aux alentours de la période de saillie, donc liée à l'état corporel des mères au moment de la reproduction (Havrevoll et al., 1995; Abi Saab, 2005).

Conclusions et perspectives

Pour comprendre quelle est l'originalité de ces chèvres, nous proposons de nous appuyer sur les concepts d'homéostasie et de téléophorèse (Chilliard, 1986, Chilliard et al., 1987) aussi dénommée homéorhèse (Bauman et Currie, 1980). L'homéostasie est l'ensemble de régulations qui interviennent pour soutenir la constance du milieu intérieur de l'organisme dans des tolérances qui peuvent être assez étroites (Chilliard et Bocquier, 2000) (glycémie par exemple). Ces régulations interviennent de façon régulière en phase post-prandiale pour redistribuer les nutriments aux différents organes. Le concept de téléophorèse s'adresse à des régulations particulières qui assurent le bon fonctionnement d'une fonction physiologique essentielle pour la survie de l'espèce (croissance, gestation, lactation, reproduction) (Chilliard et Bocquier, 2000 ; Roche et al., 2009). Ainsi, le contrôle des flux de nutriments pour soutenir la lactation, par exemple, correspond à un changement des points de consignes homéostatiques pour orienter préférentiellement les flux de nutriments vers la mamelle (Bauman et Currie, 1980 ; Chilliard et al., 1987 ; Chilliard et Bocquier, 2000). Pour ces deux concepts, les échelles temporelles et la signification biologique diffèrent : l'homéostasie agit à court terme alors que la téléophorèse concerne le moyen ou long terme (Chilliard et al., 2000). Ces concepts qui ont été utilisés d'abord pour interpréter la mobilisation intense des réserves adipeuses en début de lactation (Bauman et Curie 1980 ; Goetsch et al., 2001 ; Chilliard et al., 2000) ont ensuite été étendus à la vision globale des capacités adaptatives de l'animal dans son milieu d'élevage (Blanc et al., 2006). Ils ont également été utilisés pour tenter d'expliquer l'origine des troubles de la reproduction rencontrés chez les vaches laitières très hautes productrices (Friggens et al., 2010).

La régulation de l'ingestion qui permet l'accroissement des afflux de nutriment chez les chèvres les plus maigres fait partie de la coordination téléophorétique. Dans le cas de ces chèvres, elle passe essentiellement par un renforcement du comportement de tri alimentaire (Agreil et Meuret, 2004). Ce phénomène qui a été montré chez les animaux à l'entretien recevant des régimes homogènes (Tolkamp et al., 2006 ; 2007) est, dans le cas de la chèvre Baladi, remarquablement mis en évidence puisque les animaux maigres et gras sont placés sur les mêmes couverts végétaux très hétérogènes par nature (parcours).

Concernant la reconstitution des réserves adipeuses, qui est essentielle dans ces milieux, les capacités adaptatives de cet animal sont remarquables. Dès le début et le milieu de lactation la chèvre Baladi émaciée montre une réelle aptitude à reconstituer ses réserves corporelles. En effet, la coordination à l'échelle de la lactation permet une succession de phases de reconstitution opportunistes mais clairement orientée vers une note d'état corporelle cible qui est généralement atteinte quels que soient les niveaux alimentaires successifs. La priorité de reconstitution des réserves adipeuses est essentiellement dépendante de l'état de ces réserves, même en début de lactation. Les chèvres initialement les plus maigres ont un profil de reconstitution qui est très peu élastique. En revanche, des chèvres en bon état corporel supportent une première phase de mobilisation, au moins jusqu'en milieu de lactation, à condition de ne pas descendre au-dessous d'une note de 3,0 points. Entre le milieu et la fin de la lactation, les profils de reconstitution sont réguliers chez les animaux correctement alimentés : les évolutions marginales sont d'autant plus faibles que l'animal est proche de sa note cible. En revanche, pour les chèvres placées en sous-alimentation temporaire, il y a une compétition entre la fonction de lactation et la fonction de reconstitution des réserves adipeuses : la fonction de reconstitution devient alors de haute priorité.

La notion de note d'état corporel cible, à atteindre, correspond à une réalité chez les petits ruminants chez lesquels la fonction de reproduction n'entre pas directement en compétition avec la lactation (gestation et lactation sont disjointes). Elle est très bien illustrée, en milieu méditerranéen, par les courbes de fertilité de brebis Barbarine (Atti et al, 2004). Ces brebis sont fertiles uniquement lorsqu'elles ont atteint un état corporel suffisant qui constitue la note cible à atteindre pour le succès de la survie de l'espèce. Cette notion de cible sur l'état des réserves se retrouve également chez les bovins N'Dama élevés en zone soudano-sahélienne (Ezanno et al, 2003). Toutefois chez ces bovins, compte tenu de la durée de gestation et des faibles ressources alimentaires, ces notes cibles ne sont atteintes qu'à l'échelle de deux années, d'où un rythme de reproduction plus lâche qu'en zone tempérées (Blanc et al., 2004). Ainsi chez la chèvre Baladi, il apparaît que la reconstitution des réserves adipeuses, qui semble impérative en fin de lactation permet d'assurer le succès de la reproduction. Chez les espèces à reproduction saisonnée des zones septentrionales, il a été envisagé (Chilliard et Bocquier, 2000) qu'un des effets de la photopériode sur le taux de leptine constituait un signal anticipateur de nécessité de reconstituer des réserves qui permettait de synchroniser état corporel et processus de reproduction. Dans le cas de la chèvre Baladi, vu la faiblesse du signal photopériodique (compte tenu de la latitude du Liban), nous envisageons que la reconstitution opportuniste des réserves constitue un mécanisme efficace d'anticipation des risques encourus par les besoins de gestation et de lactation qui sinon pourraient compromettre la survie de la femelle et celle de sa descendance.

Ainsi, la chèvre Baladi montre qu'en matière d'adaptations aux fluctuations des apports alimentaires, elle se différencie des lois de réponses observées chez les animaux hautement sélectionnés 1) par une capacité à accroître sa production laitière et 2) par des paliers de reconstitution des réserves opportunistes au début et en milieu de lactation puis par une très haute priorité de reconstitution en fin de lactation probablement en relation avec le projet reproductif qui correspond à la survie de l'espèce dans ces milieux difficiles (Figure 46). Ceci la place parmi les races « élastiques », capables de survivre aux perturbations pouvant survenir au niveau de l'élevage, notamment au niveau des pratiques alimentaires, comme suggéré dans le modèle de Puillet et al. (2008) et, contrairement aux races plus sélectionnées, de faire face aux saisonnalités (Chilliard et Bocquier, 2000) et aux aléas naturels d'un milieu de plus en plus contraignant (changement climatique, sécheresse...).

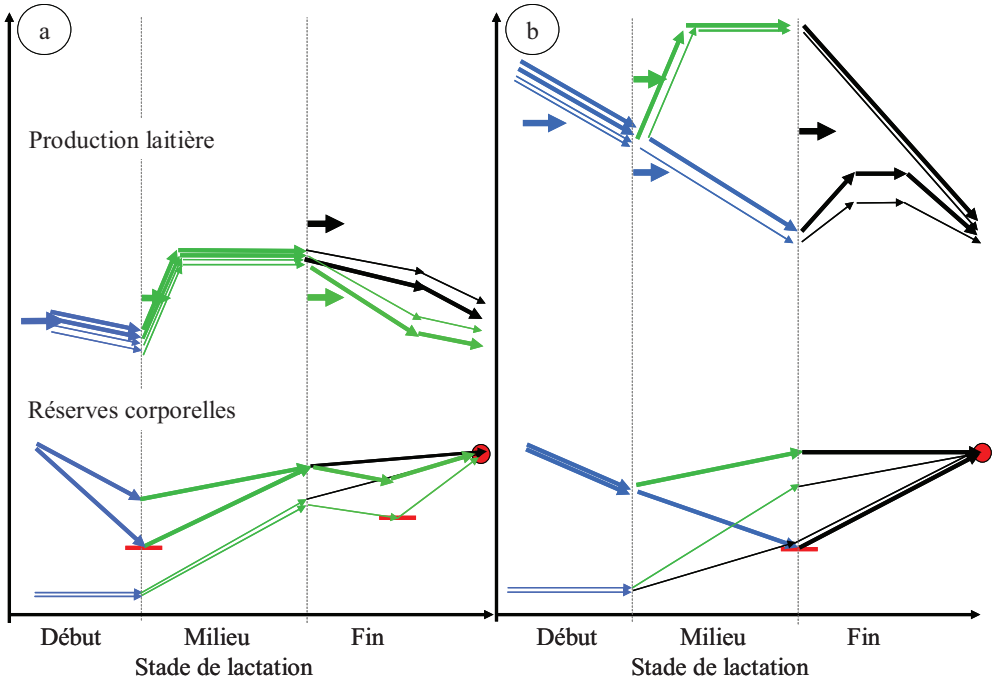


Figure 46. Les capacités adaptatives des chèvres Baladi : représentation schématique des évolutions respectives de la production laitière (en haut) et des réserves adipeuse (en bas), lors des deux expériences successives (a) et (b). Les chèvres maigres sont représentées par les traits fins, les grasses par les traits épais. Les flèches horizontales correspondent au niveau alimentaire, dont les variations sont traduites par les différences de couleurs.

En termes de perspectives de recherche, ce modèle animal original mériterait d'être étudié dans des conditions alimentaires mieux contrôlées. En effet, grâce au traitement factoriel nous avons limité les biais liés à l'énergie nécessaire aux déplacements, mais cette dépense devrait être prise en considération (ou supprimée par la mise en case) pour évaluer l'efficacité alimentaire de ces animaux. Il serait alors intéressant d'étudier la relation entre variations de l'état corporel et variations de l'énergie ingérée pendant la lactation. Cette étude, réalisée en cases individuelles,

permettrait de faire la part entre le comportement de tri et un éventuel changement de capacité digestive. Enfin, si les contrôles laitiers (et l'énergie exportée par le lait) ne posent pas de problèmes particuliers, la notation de l'état corporel pourrait être complétée par des estimations *in vivo* de composition corporelle plus précises. Il serait tout aussi intéressant d'établir des profils métaboliques et hormonaux chez la chèvre Baladi (la régulation de la leptine…). Avec ces méthodologies, les capacités adaptatives particulières de ces chèvres, que nous avons mises en évidence, pourraient être mieux argumentées. Enfin, se pose la question du potentiel laitier de ces animaux, outre le fait qu'il s'agit d'une population plus qu'une race aux caractéristiques fixées, il n'est pas aisé à estimer car, comme nous l'avons observé, les courbes de lactation sont très dépendantes des conditions d'élevage qui varient au cours de la lactation et ne peuvent se résumer à un effet aléatoire. En tous cas, comme nous sommes parvenus dans certains cas à accroître la production de lait de ces chèvres, nous pouvons considérer que ce potentiel n'a pas été atteint. Pour finir, une comparaison directe avec des chèvres hautement sélectionnées sur la production laitière serait nécessaire pour établir les capacités adaptatives respectives des différents génotypes en milieux difficiles et extensifs. Ceci est un enjeu de développement fort car la tentation des éleveurs du Liban est grande pour importer ces génotypes améliorés dont on sait qu'ils présentent généralement des difficultés d'élevage considérables.

Au plan technique, nos travaux démontrent que les éleveurs caprins du Liban disposent d'une marge de progrès importante. Au niveau de la capacité de trier les aliments cet animal peut être conduit sur différents types de parcours (naturels, résidus agricoles) tout le long de la lactation et même se prêter à des phases d'élevage avec des aliments de haute valeur nutritive en chèvrerie en fin de lactation ce qui se justifie car c'est une façon de limiter les coûts des déplacements. La plasticité de cet animal permet même, en milieu de lactation, de valoriser les résidus agricoles de légumineuses ou de crucifères ou même les parcours fourragers intercalés dans les cultures de rente. Cet animal étant également utilisé pour produire des chevreaux consommés pour la viande, il est essentiel de définir des stratégies d'alimentation qui permettent une réussite de la fertilité en fin de lactation.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abi Saab S., Sleiman F.T., Nassar K.H., Chemaly I., El-Skaff R., 1997. Implication of high and low protein level on puberty and sexual maturity of growing male goat kids. Small Ruminant Research, 25, 17-22.

Abi Saab S., Sleiman F., Rahme E., 1998. Nutritional value and grazing management of Lebanese rangelands at different altitudes. CEDLUSEK, Annales de Recherche Scientifique, 1, 57-62.

Abi Saab S., 2005. Amélioration des performances productives et reproductives des petits ruminants au Liban. Thèse HDR, Institut National Polytechnique de Lorraine, 50 pp.

Agreil C., Meuret M., 2004. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. Small Ruminant Research, 54, 99-113.

Aharon H., Henkin Z., Ungar E.D., Kababya D., Baram H., Perevolotsky A., 2007. Foraging behaviour of the newly introduced Boer goat breed in a Mediterranean woodland: A research observation. Small Ruminant Research, 69, 144-153.

Alexandre G., Aumont G., Mainaud J.C., Fleury J., Naves M., 1999. Productive performances of Guadeloupean Creole goats during the suckling period. Small Ruminant Research, 34, 155-160.

Ammar H, Ranilla M.J., Tejido M., Ovejero F.J, Gonzalez J.S., Lopez S., 2004. Effect of inoculum source (sheep or goat rumen fluid) on in-vitro digestibility and gas production kinetics of the foliage of some Spanish browse plants. Options Méditerranéennes : Série A, 59, 121-126.

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16ème Edition.

ARC, 2002. Nutritional standards for dairy cattle. Report of the British Society of Animal Science – Nutritional Standards Working Group: Dairy Cows, 42 pp.

Aregheore E.M., Ali I., Ofori K., Rere T., 2006. Studies on Grazing Behavior of Goats in the Cook Islands: The Animal-Plant Complex in Forage Preference/Palatability Phenomena. International Journal of Agriculture and Biology, 8 (2), 147-153.

Arja R., Haddad E., Mouawad H., Serhan H., 2001. La filière lait au Liban. Options Méditerranéennes : Série B, 32, 147-158.

Atlas Agricole du Liban, 2004. Atlas Agricole du Liban. Beyrouth : Ministère Libanais de l'Agriculture / FAO, Projet assistance au recensement agricole, 112 pp.

Atlas Climatique du Liban, 1994. Tome I (Pluie, Température, Pression). Beyrouth : Service Météorologique du Liban, 45 pp.

Atti N., 1992. Relations entre l'état corporel et les dépôts adipeux chez la brebis Barbarine. Options Méditerranéennes : Série A, 13, 31-34.

Atti N., Nefzaoui A., Bocquier F., 1995. Effet de l'état corporel à la mise bas sur les performances, le bilan énergétique et l'évolution des métabolites sanguins de la brebis Barbarine. Options Méditerranéennes : Série A, 27, 25-33.

Atti N., Bocquier F., Khaldi G., 2004. Performance of the fat-tailed Barbarine sheep in its environment: adaptive capacity to alternation of underfeeding and re-feeding periods. A review. Animal Research, 53, 165-176.

Badinand F., Lahlou-Kassi A., 1996. L'hormone de croissance (G.H.) ou somatotropine bovine (BST) et son utilisation en élevage bovin laitier. Reproduction et Production laitière, 235-247 *in* Actes des troisièmes journées scientifiques du Réseau « Biotechnologies animales » de l'AUF, Rabat (Maroc), 1995.

Balent G., Gibon A., 1987. Définition et représentation des systèmes pastoraux. Niveaux d'organisation des pratiques de pâturage. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement ,11, 65-78.

Barbano D.M., Lynch J.M., Fleming J.R., 1991. Direct and indirect determination of true protein content of milk by Kjeldahl analysis. Collaborative study. Journal of Association of Official Analytical Chemists, 74, 281-288.

Bauman D.E., Currie W.B., 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. Journal of Dairy Sciences, 63, 1514-1529.

Baumont R., 1996. Palatabilité et comportement alimentaire chez les ruminants. INRA Productions Animales, 9(5), 349-358.

Baumont R., Prache S., Meuret M., Morand-Fehr P.,2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. Livestock Production Science, 64, 15-28.

Ben Salem H., Makkar H.P.S., Nefzaoui A., 2004. Towards better utilisation of nonconventional feed sources by sheep and goats in some African and Asian countries. Options Méditerranéennes : Série A, 59, 177-187.

Berry D.P., Veerkamp R.F., Dillon P., 2006. Phenotypic profiles for body weight, body condition score, energy intake, and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. Livestock Science, 104, 1-12.

Blanc F., Bocquier F., Debus N., Agabriel J., D'hour P., Chilliard Y., 2004. La pérennité et la durabilité des élevages de ruminants dépendent des capacités adaptatives des femelles. INRA Productions Animales, 17(4), 287-302.

Blanc F., Bocquier F., Agabriel J., D'hour P., Chilliard Y., 2006. Adaptive abilities of the females and sustainability of ruminant livestock systems. A review. Animal Research, 55, 489-510.

Blaxter K.L., 1967. The Energy Metabolism of Ruminants. Hutchinson, London, 110-112.

Bocquier F., Lebœuf B., Rouel J., Chilliard Y., 1998. Effet de l'alimentation et des facteurs d'élevage sur les performances de reproduction de chevrettes Alpines. INRA Productions Animales, 11(4), 311-320.

Bocquier F., Rouel J., Domalain A., Chilliard Y., 2000. Effect of concentrate/dehydrated alfalfa ratio on milk yield and composition in Alpine dairy goats fed hay based diets. Cahiers Options Méditerranéennes, Vol. 52, 99-101.

Bocquier F., Caja G., 2001. Production et composition du lait de brebis : effets de l'alimentation. INRA Productions Animales, 14(2), 129-140.

Bocquier F., Caja G., Oregui L.M., Ferret A., Molina E., Barillet F., 2002. Nutrition et alimentation des brebis laitières. Options Méditerranéennes : Série B, 42, 37-55.

Bonnet M., Delavaud C., Rouel J., Chilliard Y., 2005. Pregnancy increases plasma leptin in nulliparous but not primiparous goats while lactation depresses it. Domestic animal endocrinology, 28, 216-223.

Bonnet M., Gourdou I., Leroux C., Chilliard Y., Djiane J., 2009. Leptin expression in the ovine mammary gland: Putative sequential involvement of adipose, epithelial, and myoepithelial cells during pregnancy and lactation. Journal of Animal Science, 80, 723-728.

Booth J.M., 1996**.** Mastitis control. International Dairy Federation, 29-51.

Boubaker A., Kayouli C., Boukary A., Buldgen A., 2004. Chemical and biological characterisation of some woody species browsed by goats in the North-West of Tunisia. Options Méditerranéennes : Série A, 59, 147-151.

Branca A., Casu S., 1989. Body condition score annual evolution and its relationship with body reserves in Sarda goat. In : Flamant J.C., Morand-Fehr P., 1989. L'évaluation des ovins et des caprins méditerranéens, Symposium "Philoetios", Fonte Boa (Portugal), 23-25 Septembre 1987. Rapport EUR 11893, Luxembourg : OPOCE, 221-236.

Brosh A., Henkin Z., Orlov A., Aharoni Y., 2006. Diet composition and energy balance of cows grazing on Mediterranean woodland. Livestock Science, 102, 11-22.

Brun-Bellut J., Lindberg J.E., Hadjipanayiotou M., 1991. Protein Nutrition and requirements of adult dairy goats. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 82-93.

Cabiddu A., Branca A., Decandia M., Pes A., Santucci P.M., Masoero F., Calamari L., 1999. Relationship between body condition score, metabolic profile, milk yield and milk composition in goats browsing a Mediterranean shrubland. Livestock Production Science, 61, 267-273.

Caja G., Bocquier F., 2000. Effect of nutrition on the composition of sheep's milk. Cahiers Options Méditerranéennes, Vol. 52, 59-74.

Caldeira R.M., Belo A.T., Santos C.C., Vazques M.I., Portugal A.V., 2007. The effect of body condition score on blood metabolites and hormonal profiles in ewes. Small Ruminant Research, 68, 233-241.

Cañas R.C., Quiroz R.A., León-Velarde C., Posadas A., Osorio J., 2003. Quantifying energy dissipation by grazing animals in harsh environments. Journal of Theoretical Biology, 225, 351-359.

Carte du Liban, 1963. Beyrouth : Ministère de la Défense Nationale, État major de l'armée, Direction des affaires géographiques.

Carte topographique du Liban, 1963. Beyrouth : Ministère de la Défense Nationale, État major de l'armée, Direction des affaires géographiques.

Chabert J.P., Lécrivain E., Meuret M., 1998. Eleveurs et chercheurs face aux broussailles. Le Courrier de l'Environnement INRA, 35, 5-12.

Charron G., 1986. Les productions laitières. Tome 1 : Les bases de la production. Paris : Techniques et Documentation (Lavoisier), 289 pp.

Chesworth J., 1996. L'alimentation des ruminants. Paris : Maisonneuve & Larose, 263 pp.

Chilliard Y., 1986. Revue bibliographique : Variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation. 1ère partie : chez la ratte. Reproduction, Nutrition, Développement, 26(5A), 1057-1103.

Chilliard Y., Sauvant D., Morand-Fehr P., Delouis C., 1987. Relations entre le bilan énergétique et l'activité métabolique du tissu adipeux de la chèvre au cours de la première moitié de la lactation. Reproduction, Nutrition, Développement, 27(1B), 307-308.

Chilliard Y., Colleau J.J., Disenhaus C., Lerondelle C., Mouchet C., Paris A., 1998. L'hormone de croissance recombinante : intérêt et risques potentiels de son utilisation pour la production laitière bovine. INRA Productions Animales, 11, 15-32.

Chilliard Y., Bocquier F., Delavaud C., Faulconnier Y., Bonnet M., Guerre-Millo M., Martin P., Ferlay A., 1999. La leptine chez le ruminant. Facteurs de variation physiologiques et nutritionnels. INRA Productions Animales, 12, 225-237.

Chilliard Y., Bocquier F., 2000. Direct effects of photoperiod on lipid metabolism, leptin synthesis and milk secretion in adult sheep. CAB International, Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction, Section 12, 205-223.

Chilliard Y., Ferlay A., Faulconnier Y., Bonnet M., Rouel J., Bocquier F., 2000. Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminant. Proceedings of the Nutrition Society, 59, 127-134.

Chilliard Y., Ferlay A., Rouel J., Lamberet G., 2003. A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. Journal of Dairy Science, 86, 1751-1770.

Chilliard Y., Delavaud C., Bonnet M., 2005. Leptin expression in ruminants: Nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. Domestic animal endocrinology, 29, 3-22.

Chilliard Y., Glasser F., Enjalbert F., Ferlay A., Bocquier F., Schmidely P., 2007. Données récentes sur les effets de l'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache, de chèvre et de brebis. Rencontres Recherche Ruminants, 14, 321-328.

Chunleau Y., 1994. Manuel pratique d'élevage caprin pour la rive Sud de la Méditerranée. Paris: UCARDEC, 23 pp.

Cissé M.I., 1985. Contribution des peuplements ligneux a l'alimentation des petits ruminants en zone semi-aride du Mali central. In : Proceedings of Small ruminants in African agriculture, ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, Octobre 1985.

Cooper P.J.M., Bailey E., 1990. Livestock in Mediterranean farming systems, a traditional buffer against uncertainity; now a threat to the agricultural resource base. In : Proceedings of the 24th meeting of the Board of Trustees. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Aleppo, 1990, 92-136.

Corcy J.C., 1991. La chèvre. Paris: La Maison Rustique, 256 pp.

Daget P., Poissonet J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. Fourrages, 46, 31-39.

Decandia M., Molle G., Sitzia M., Cabiddu A., Pampiro F., Ruiu P.A., 2004. Effect of polyethylene glycol on feeding behaviour of dairy goats browsing on bushland with different herbage cover. Options Méditerranéennes : Série A, 59, 29-33.

Delfa R., González C., Teixeira A., Gozalvez L.F., Tor M., 1995. Relationships between body fat depots, carcass composition, live weight and body condition scores in Blanca Celtibérica goats. Options Méditerranéennes : Série A, 27, 109-119.

Demarquilly C., Andrieu J., 1988. Les fourrages. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 315-335.

Disenhaus C. Jammes H., Hervieu J., Ternois F., Sauvant D., 1995. Effects of recombinant bovine somatotropin on goat milk yield, composition and plasma metabolites. Small Ruminant Research, 15, 139-148.

Dole V.P., 1956. A relation between non-esterified fatty acids in plasma and the metabolism of glucose. Journal of Clinical Investigation, 35, 150-154.

Domalain A., 1999. Impact des pratiques alimentaires de fin de gestation sur la lactation. L'égide N°15, 1999.

Dubertret L., 1953. Carte géologique des sols du Liban. Beyrouth : Ministère de l'Agriculture Libanaise, Direction de l'Enseignement et de la Vulgarisation.

Dumont B., Meuret M., Prud'hon M., 1995. Direct observation of biting for studying grazing behavior of goats and llamas on garrigue rangelands. Small Ruminant Research, 16, 27-35.

Dumont B. ,1996. Préférences et sélection alimentaire au pâturage. INRA Productions Animales, 9(5), 359-366.

Dziba L.E., Scogings P.F., Gordon I.J., Raats J.G., 2003. Effects of season and breed on browse species intake rates and diet selection by goats in the False Thornveld of the Eastern Cape, South Africa. Small Ruminant Research, 47, 17-30.

Economides S., Georghiades E., Koumas A., Hadjipanayotou M., 1989. The effect of cereal processing on the lactating performance of Chios sheep and Damascus goats and the pre-weaning growth of their offspring. Animal Feed Science and Technology, 26, 93-104.

Ehrhardt R.A., Slepetis R.M., Bell A.W., Boisclair Y.R., 2001. Maternal leptin is elevated during pregnancy in sheep. Domestic animal endocrinology, 21, 85-96.

Eknæs M., Kolstad K., Volden H., Hove K., 2006. Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. Small Ruminant Research, 63, 1-11.

Etienne M., Derzko M. et Rigolot E., 1995. Impact du pâturage sur les arbustes dans des aménagements sylvopastoraux à objectif de prévention des incendies. Cahiers Options Méditerranéennes, Vol. 12, 217-220.

Ezanno P., Ickowicz A., Bocquier F., 2003. Factors affecting the body condition score of N'Dama cows under extensive range management in Southern Senegal. Animal Research, 52, 37-48.

FAO, 1980. Study of reconstruction and development of agriculture in Lebanon. Current status and potential for development of livestock industry. Technical Annex 12, UN, FAO, Beirut.

FAO, 2006. FAO Yearbook 2005-2006. FAO, 366 pp.

FAOSTAT, en ligne. Disponible sur : http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.

Fedele V., Claps S., Rubino R., Calandrelli M., Pilla A.M., 2002. Effect of free-choice and traditional feeding systems on goat feeding behaviour and intake. Livestock Production Science, 74, 19-31.

Feinberg M., Favier J.C., Ireland-Ripert J., 1987. Le concept REGAL : une banque de données sur les aliments, pour quoi faire ? Science des Aliments, 7, 355-360.

Fernández C., Rubert-Alemán J., Sánchez-Séiquer P., 2005. Modelling the voluntary dry matter intake in Murciano-Granadino dairy goats. Options Méditerranéennes : Série A, 67, 395-399.

Focant M., Gallouin F., 1980. Déterminisme du comportement alimentaire des ruminants. Publication du Laboratoire de Biochimie de la Nutrition, Faculté des Sciences Agronomiques, UCL, 29, 80 pp.

Friggens N.C., Disenhaus C., Petit H.V., 2010. Nutritional sub-fertility in the dairy cow: towards improved reproductive management through a better biological understanding. Animal, 2010, 1-17.

Gallouin F., Focant M., 1980. Bases physiologiques du comportement alimentaire chez les ruminants. Reproduction, Nutrition, Développement, 20, 1563-1614.

Goby J.P., Rochon J.J., Schmid J., 1994. Etude du pâturage de caprins en sous-bois de chênes-liège dans les Pyrénées Orientales (France). Analyse du comportement alimentaire des chèvres et impact sur la végétation. Cahiers Options Méditerranéennes, Vol. 5, 69-82.

Goetsch A.L., Detweiler G., Sahlu T., Puchala R. Dawson L.J., 2001. Dairy goat performance with different dietary concentrate levels in late lactation. Small Ruminant Research, 41, 117-125.

Grenet E., 1997. Aspects microscopiques de la dégradation microbienne des tissus végétaux dans le rumen. INRA Productions Animales, 10, 241-249.

Gueguen L., Lamand M., Meschy F., 1988. Nutrition minérale. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 95-111.

Hadjipanayiotou M., Georgiades E., 1985. Digestibility of triticale and barley grains given to sheep whole, ground or treated with urea. Nicosie, Chypre : Technical Bulletin 74, Agricultural Research Institute,5 pp.

Hadjipanayiotou M., Morand-Fehr P., 1991. Intensive feeding of dairy goats. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 197-208.

Hadjipanayiotou M., 1995. Effect of feeding heat treated soybean meal on the performance of lactating Damascus goats. Small Ruminant Research, 18, 105-111.

Hajj E., 1999. Enquête sur l'élevage caprin au Liban. La Chèvre, 230, 37-40.

Hajj E., Hilan C., Hanna S., Abi Saab S., 2007. Végétation consommée par les chevreaux sur parcours au Mont Liban. Rencontres Recherche Ruminants, 14, 190.

Hamadeh S.K., Shomo F., Nordblom T., Goodchild A., Gintzburger G., 1996. Small ruminant production in Lebanon's Beka'a Valley. Small Ruminant Research, 21, 173-180.

Hamadeh S.K., Bistanji G.N., Darwish M.R., Abi Said M., Abi Ghanem D., 2001. Economic sustainability of small ruminants production in semi-arid areas of Lebanon. Small Ruminant Research, 40, 41-49.

Hary I., Schwartz H.J., 2002. Effects of seasonal breeding on productive performance of pastoral goat herds in northern Kenya: a longitudinal analysis of growth in kids and body weight development of does. Journal of Arid Environments, 50, 641-664.

Havrevoll O., Rajbhandari S.P., Eik L.O., Nedkvitne J.J., 1995. Effects of different energy levels during indoor rearing on performance of Norwegian dairy goats. Small Ruminant Research, 15, 231-237.

Henley S.R., Smith D.G., Raats J.G., 2001. Evaluation of 3 techniques for determining diet composition. Journal of Range Management, 54, 582-588.

Hervieu J., Morand-Fehr P., Delfa R., 1995. Mise en place d'une échelle de notes caudales pour estimer I'état corporel des chèvres. Options Méditerranéennes : Série A, 27, 133-140.

Hoseito.com, en ligne. Plantas silvestres de España, Listado des generos / Genera , en ligne. Disponible sur : http://www.hoseito.com/FLORES%20SILVESTRES/agenero%20sin.htm

Iason G., Gordon I., 2000. How and why do animal make foraging choices. Macaulay Land Use Research Institute Annual Report, 1999, 40-43.

Ingvartsen K.L., Boisclair Y.R., 2001. Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis and immunity with special focus on periparturient ruminants. Domestic Animal Endocrinology, 21, 215-250.

INRA de Dijon, en ligne. HYPPA – Hypermedia pour la protection des plantes – adventices – de l'INRA, en ligne. Disponible sur : http://www2.dijon.inra.fr/hyppa/hyppa-f/hyppa_f.htm.

Institut de l'Elevage, 1998. Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière. 2e édition. Paris: Institut de l'Elevage, 231 pp.

Institut de l'Elevage, 2009. Chiffres clés 2009, productions caprines lait et viande, Geb, 10 pp.

Jansen D.A., van Langevelde F, de Boer W.F., Kirkman K.P., 2007. Optimisation or satiation, testing diet selection rules in goats. Small Ruminant Research, 73, 160-168.

Jarrige R., 1988_a. Dépenses, besoins et capacité d'ingestion. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 17-28.

Jarrige R., 1988_b. Ingestion et digestion des aliments. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 29-56.

Journet M., 1988. Optimisation des rations. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 121-133.

Kann G., 1991. BST recombinante et lactation. Options Méditerranéennes : Série A, 14, 51-58.

Kessler J., 1991. Mineral nutrition of goats. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 104-119.

Kharrat M., 2004. Effet de différentes ressources alimentaires sur les performances laitières des chèvres (*Capra hircus*) de race Baladi en élevage extensif à Ammik. Mémoire de fin d'étude, ESIAM, Université Saint Joseph, 99 pp.

Kharrat M., 2005. Étude de l'effet des facteurs structurels et des éléments de conduite de l'exploitation sur la variation de l'incidence des mammites dans quelques élevages caprins de la Békaa centrale. Mémoire de DEA, AUF, Université Libanaise, Université Saint Joseph, Université saint-esprit de kaslik, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 51 pp.

Kharrat M., Hassoun P., Bocquier F. 2008. Comportement et adaptations alimentaires des chèvres Baladi sur différents parcours de la Békaa. Rencontres Recherche Ruminants 15, 344.

Khatib A., 1999. Rôle des espèces ligneuses dans les systèmes Agroforestiers (saf) du nord de la syrie (classification-caractéristiques-production). Mémoire de DEA, AUPELF, Université Libanaise, Université Saint Joseph, Université saint-esprit de kaslik, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 65 pp.

Kyriazopoulos A.P., Sklavou P., Nastis A.S., Papanastasis V.P., 2009. Interactions between grazing behaviour and plant community structure in shrubland and their consequences on desertification. Options Méditerranéennes : Série A, 85, 91-97.

Lachica M., Aguilera J.F., 2003. Estimation of energy needs in the free-ranging goat with particular reference to the assessment of its energy expenditure by the 13C-bicarbonate method. Small Ruminant Research, 49, 303-318.

Lachica M., Aguilera J.F., 2005. Energy needs of the free ranging-goat. Small Ruminant Research, 60, 111-125.

Landau S., Molle G., 1999. Nutrition effects on fertility in small ruminants with an emphasis on Mediterranean sheep breeding systems. Options Méditerranéennes : Série A, 34, 203-216.

Landau S., Perevolotsky A., Bonfil D., Barkai D., Silanikove N., 2000. Utilization of low quality resources by small ruminants in Mediterranean agro-pastoral systems: the case of browse and aftermath cereal stubble. Livestock Production Science, 64, 39-49.

Landau S., Barkai D., Dvash L., Brosh A. 2006. Energy expenditure in Awassi sheep grazing wheat stubble in the northern Negev Desert of Israel. Livestock Science, 105, 265-271.

Lécrivain E., Lasseur J., Armand D., 2004. Diversité des systèmes d'élevage ovin et diversité de comportements des troupeaux sur parcours : Un atout pour la gestion des milieux hétérogènes. Options Méditerranénnes : Série A, 61, 161-169.

Lefrileux Y., Pommaret A., Hervieu J., Morand-Fehr P., Brousseau J.Y., Coutineau H., Dunord M., Dupont J.P., Grimault Y., Broqua B., Vanquackebeke E., 1995. Analyse de profils de l'état corporel des chèvres conduites dans différents systèmes d'alimentation. Options Méditerranéennes: Série A, 27, 151-160.

Lefrileux Y., Morand-Fehr P., Pommaret A., 2008_a. Capacity of high milk yielding goats for utilizing cultivated pasture. Small Ruminant Research, 77(2), 113-126.

Lefrileux Y., Le Scouarnec J., Pommaret A., Guyonvarch A., 2008_b. Effet du niveau de concentré sur les performances de chèvres laitières traites une fois par jour et conduites au pâturage. Rencontres Recherche Ruminants, 15, 304.

Lindahl I.L., 1956. Goat feeding investigation. Washington DC: Annual Report of the Animal and Poultry Husbandry. Research Branch, Agricultural Research Services, US Department of Agriculture.

Linzell J.L. 1963. Some effects of denervating and transplanting mammary glands. Experimental Physiology, 48(1), 34-60.

Livestock Technical International Cooperation (LTIC), Institut de l'Élevage – Confédération Nationale de l'Élevage, 2003. Les filières lait et viande de ruminants au Liban. Compte-rendu d'étude, 98 pp.

Lopez-Trujillo R., Garcia-Elizondo R., 1995. Botanical composition and diet quality of goats grazing natural and grass reseeded shrublands. Small Ruminant Research, 16, 37-47.

Mabjeesh S.J., Gal-Gerber O., Shamay A. 2007. Effect of photoperiod in the third trimester of gestation on milk production and circulating hormones in dairy goats. Journal of Dairy Science, 90, 699-755.

Mahaut M., Jeantet R., Brulé G., 2000. Initiation à la technologie fromagère. Paris : Ed. Lavoisier (Tec & Doc), 194 pp.

Malau-Aduli B.S., Eduvie L.O., Lakpini C.A.M., Malau-Aduli A.E.O., 2003. Variations in liveweight gains, milk yield and composition of Red Sokoto goats fed crop-residue-based supplements in the subhumid zone of Nigeria. Livestock Production Science, 83, 63-71.

Mandaluniz N., Oregui L.M., 2004. Diet quality of sheep and goats grazing in the Gorbeia Natural Park (Basque Country). Options Méditerranéennes : Série A, 61, 179-184.

Masson C., Rubino R., Fedele V., 1991. Forage utilization in goats. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 145-159.

Mathieu J. 1998. Initiation à la physicochimie du lait. Paris : Ed. Lavoisier (Tec & Doc), 220 pp.

Meschy F., 2002. Eléments minéraux majeurs : données chez les caprins. INRA Productions Animales, 15, 267-271.

Meuret M., Boza J., Narjisse H., Nastis A., 1991. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 160-171.

Meuret M., Bruchou C., 1994. Modélisation de l'ingestion selon la diversité des choix alimentaires réalisés par la chèvre au pâturage sur parcours. Rencontres Recherche Ruminants, 1, 225-228.

Meuret M., 1997. Préhensibilité des aliments chez les petits ruminants sur parcours en landes et sous-bois. INRA Productions Animales, 10, 391-401.

Meuret M., 2003. Le point de vue de la chèvre sur le pâturage. La Chèvre, 258, 16-19.

Meuret M., Agreil C., 2007. Des broussailles au Menu. Plaquette information technique INRA, 1-4.

Meuret M., 2010. Des troupeaux dans la broussaille : un comportement inattendu qui incite à changer de paradigme scientifique. In : Burgat F.Ed., Penser le comportement animal. Paris : Maison des Sciences de l'homme – Quae, 414 pp.

Min B.R., Hart S.P., Sahlu T., Satter L.D., 2005. The Effect of Diets on Milk Production and Composition, and on Lactation Curves in Pastured Dairy Goats. Journal of Dairy Science, 88, 2604-2615.

Ministère Libanais de l'Agriculture, 1996. Etude de la diversité biologique du Liban. Volume 1 : Liste des Espèces. Ministère de l'Agriculture – Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 323 pp.

Ministère Libanais de l'Agriculture, 1999. Recencement général de l'agriculture de 1999. Projet de recensement agricole général [en ligne]. Disponible sur : http://www.agriculture.gov.lb/rga/default.htm.

Ministère Libanais de l'Agriculture, 2004. L'Agriculture au Liban en 2003. Projet de recensement agricole général. Ministère de l'Agriculture, Directorat des Recherches et de la Coordination / FAO, 129 pp.

Ministère Libanais de l'Agriculture, en ligne. L'effectif du cheptel local en 2004 [en ligne]. Disponible sur : http://www.agriculture.gov.lb/production99/anani04.htm.

Miranda-de la Lama G.C., Mattiello S., 2010. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. Small Ruminant Research, 90, 1-10.

Morales A.R., Galina M.A., Jimenez S., Haenlein G.F.W., 2000. Improvement of biosustainability of a goat feeding system with key supplementation. Small Ruminant Research, 35, 97-105.

Morand-Fehr P., Sauvant D., 1980. Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. Journal of Dairy Science, 63(10), 1671-1680.

Morand-Fehr P., Sauvant D., 1988. Alimentation des caprins. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 281-304.

Morand-Fehr P., Bas P., Blanchart G., Daccord R., Giger-Reverdin S., Gihad E.A., Hadjipanayiotou M., Mowlem A., Remeuf F., Sauvant D., 1991_a. Influence of feeding on goat milk composition and technological characteristics. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 209-224.

Morand-Fehr P., Owen E., Giger-Reverdin S. 1991_b. Feeding behaviour of goats at the trough. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 3-12.

Morand-Fehr P., Tessier J., Meshy F., Sauvant D., 1998. Effect of roughage level and source in diets on the risk of reversing fat and protein percentages in goat milk. Nutrition of sheep and goats, Cooperative FAO-CIHEAM Network on sheep and goats, Subnetwork Nutrition, 8th Meeting, INAPG Grignon (France), 3-5 Septembre 1998, INAPG / INRA, Abstracts, 74 pp.

Morand-Fehr P., Sanz Sampelayo M.R., Fedele Y.V., Lefrileux Y., Eknaes M., Schmidely P., Giger Reverdin S., Bas P., Rubino R., Havrevoll O., Sauvant D., 2000. Effects of feeding on the quality of goat milk and cheeses. In : 7th International Conference on Goats, France, 15-21 Mai 2000, 53-57.

Morand-Fehr P., 2005. Recent developments in goat nutrition and application: a review. Small Ruminant Research, 60, 25-43.

Morand-Fehr P., Fedele V., Decandia M., Lefrileux Y., 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. Small Ruminant Research, 68, 20-34.

Mouterde P., 1966. Nouvelle flore du Liban et de la Syrie. Tome 1 (Texte et Atlas). Beyrouth : L'Imprimerie Catholique, 563 pp.

Mouterde P., 1970. Nouvelle flore du Liban et de la Syrie. Tome 2 (Texte et Atlas). Beyrouth : Dar El-Machreq Éditeurs, 727 pp.

Mouterde P., 1983. Nouvelle flore du Liban et de la Syrie. Tome 3 (Texte et Atlas). Beyrouth : Dar El-Machreq SARL, 578 pp.

Nahon J.L., 2006. The melanocortins and melanin-concentrating hormone in the central regulation of feeding behavior and energy homeostasis. C. R. Biologies, 329, 623-638.

Narjisse H., 1991. Feeding behaviour of goats on rangelands. In: Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 13-24

Narjisse H., Napoleone M., Hubert B., Santucci P.M., 1991. Goat breeding and feeding systems in mediterranean sylvo-pastoral areas. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 225-239.

Nehme M., 1980. Fleurs sauvages du Liban. Beyrouth : Ed. Conseil National de la Recherche Scientifique, 240 pp.

Nehme M., Abi Saab S., 2003. Effet des enveloppes de sésame et des brisures de lentille sur la production laitière des chèvres Baladi et Chami. CEDLUSEK, Annales de Recherche Scientifique, 4, 233- 247.

Osman A.E., Cocks P.S., 1992. Prospects for improving Mediterranean grasslands in Lebanon through seeding, fertilization and protection from grazing. Experimental Agriculture, 28(4), 461-471.

Pailan G.H., Kaur H., 1996. Influence of dietary protein content and digestibility on milk yield and blood constituents in lactating goats. Small Ruminant Research, 20, 47-51.

Pelliza A., Willems P., Manacorda M., 2001. Dietary structural types of polygastric herbivores at different environments and seasons. Journal of Range Management, 54, 330-337.

Pensuet P., Toussaint G., 1995. La chèvre. In : L'élevage des chèvres et des moutons. Paris : De Vecchi S.A., 274 pp.

Perevolotsky A., Landau S., Kababia D., Ungar E.D., 1998. Diet selection in dairy goats grazing woody Mediterranean rangeland. Applied Animal Behaviour Science, 57, 117-131.

Plantes sauvages.com., en ligne. A la découverte des plantes, rechercher une plante. Disponible sur : http://plantes.sauvages.free.fr/user/tx_especes/index_moteur.html.

Preston T.R., 1995. Tropical animal feeding – A manual for research workers. Rome : FAO Animal Production and Health, Paper 126, 305 pp.

Provenza F.D., Papachristou T.G., 2009. Behavior-based management of ecosystems. Options Méditerranéennes: Série A, 85, 13-28.

Puillet L., Martin O., Sauvant D., Tichit M., 2008. Diversité des carrières des chèvres laitières et pratiques d'alimentation et de reproduction : approche par modélisation. Rencontres Recherche Ruminants, 15, 171-174.

Puillet L., 2010. Modélisation du système biotechnique en élevage caprin laitier. Thèse de Doctorat, AgroParistech.

Purroy A., Jaime C., Sebastian I., 1991. Relation entre différents paramètres estimateurs de l'état corporel chez la brebis en lactation et après sevrage. Options Méditerranéennes : Série A, 13, 63-68.

Quittet E., 1977. La chèvre – Guide de l'éleveur. Paris : La Maison Rustique, 288 pp.

Reyneri A., Pascal G., Battaglini L.M., 1994. Comparison between sheep and cattle grazing behaviour in native low-mountains pasture. Cahiers Options Méditerranéennes, Vol. 5, p.107-121

Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fisher M.W., Stafford K.J., Berry D.P., 2009. Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. Journal of Dairy Science, 92, 5769-5801.

Rogosic J., Estell R.E., Ivankovic S., Kezic J., Razov J., 2008. Potential mechanisms to increase shrub intake and performance of small ruminants in mediterranean shrubby ecosystems. Small Ruminant Research, 74, 1-15.

Roguet C., Dumont B., Prache S., 1998. Sélection et utilisation des ressources fourragères par les herbivores : théories et expérimentations à l'échelle du site et de la station alimentaires. INRA Productions Animales, 11(4), 273-284.

Roux M., Fiorelli J.L., Teissier J.H., 1987. Systèmes d'élevage et utilisation des friches dans la montagne vosgienne. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, 11, 89-99.

Rubino R., Pizzillo M. Fedele V., 1991. Estimation de l'état corporel des chèvres élevées en système de type extensif. Options Méditerranéennes : Série A, 13, 113-116.

Rubino R., Moioli B., Fedele V., Pizzillo M., Morand-Fehr P., 1995. Milk production of goats grazing native pasture under different supplementation regimes in southern Italy. Small Ruminant Research, 17 , 213-221.

Rushforth K., 2003. Arbres de nos forêts. Paris : Octopus/Hachette, 192 pp.

Ruvuna F., Kogi J.K., Taylor J.F., Mkuu S.M., 1995. Lactation curves among crosses of Galla and East African with Toggenburg and Anglo Nubian goats. Small Ruminant Research, 16, 1-6.

Saether N.H., Sickel H., Norderhaug A., Sickel M., Vangen O., 2006. Plant and vegetation preferences for a high and a moderate yielding Norwegian dairy cattle breed grazing semi-natural mountain pastures. Animal Research, 55, 367-387.

Santini F.J., Lu C.D., Potchoiba M.J., Fernandez J.M., Coleman S.W., 1992. Dietary fiber and milk yield, mastication, digestion, and rate of passage in goats fed alfalfa hay. Journal of Dairy Science, 81, 492-498.

Santucci P.M., Branca A., Napoleone M., Bouche R., Aumont G., Poisot F., Alexandre G., 1991. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 240-255.

Sauvant D., Michalet-Doreau B., 1988. Les aliments concentrés. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 337-349.

Sauvant D., Morand-Fehr P., 1991. Energy requirements and allowances of adult goats. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 61-72.

Sauvant D., Chilliard Y., Morand-Fehr P., 1991_a. Etiological aspects of nutritional and metabolic disorders of goats. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 124-143.

Sauvant D., Morand-Fehr P., Giger-Reverdin S., 1991_b. Dry matter intake of adult goats. In : Morand-Fehr P. Ed., Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, 25-36.

Sauvant D., Morand-Fehr P., 2000. Quantitative analysis of dairy goat response to concentrate supply. In : 7th International Conference on Goats, France, 15-21 Mai 2000, 80-81.

Sauvant D., Giger-Reverdin S., Schmidely P., 2005. Alimentation énergétique, azotée, ingestion chez la chèvre laitière. Journées AFTAA-AFZ, Paris, 18 octobre 2005.

Schmidely P., Bas P., Morand-Fehr P., Hervieu J., Rouzeau A., 1995. Comparaison de 3 méthodes d'estimation de la composition corporelle des chèvres laitières sèches ou en lactation. Options Méditerranéennes : Série A, 27, 141-150.

Schmidely P., Sauvant D., 2001. Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants : effets de l'apport de matières grasses ou d'aliment concentré. INRA Productions Animales, 14(5), 337-354.

Schmidely P., Morand-Fehr P., Tessier J., Rouzeau A., 2004. Effect of extruded soya seed on reversion of fat and protein percentage and fatty acid composition of goat milk. Options Méditerranéennes : Série A, 59, 91-93.

Sharma K., Saini A.L., Singh N., Ogra J.L., 1998. Seasonal variations in grazing behaviour and forage nutrient utilization by goats on a semi-arid reconstituted silivipasture. Small Ruminant Research, 27, 47-54.

Silanikove N., 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Production Science, 67, 1-18.

Sim A.W., De Vries J. W., Vincent J. E., 1964. Concentrations of Glycerol and Non-Esterified Fatty Acids in Plasma during Fat Mobilization. Biochemistry Journal, 92, 590-593.

Shelton M., 1978. Reproduction and breeding of goats. Journal of Dairy Science, 61, 994-1010.

Sleiman F.T., Daghir N.J., Saoud N., 1984. Encyclopedia of Animal Productions in Lebanon. Arab Center for Studies in Arid and Drylands, Arab Organization for Agriculture Department, 156 pp.

Smith A., 1987. Grazing management for food production. Technical manual, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, 96 pp.

Srour G., 2006. Amélioration durable de l'élevage des petits ruminants au Liban. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, 157 pp.

St-Gelais D., Baba Ali O., Turcot S., 2000. Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation, [en ligne]. Site du ministère de l'agriculture et agroalimentaire du Canada. Disponible sur : http://res2.agr.gc.ca/crda/pubs/chevre200-goat2000_f.htm.

Teixeira A., Delfa R., González C., Gosalvez L.F., Tor M., 1995. Use of three joints as predictors of carcass and body fat depots in Blanca Celtibérica goats. Options Méditerranéennes : Série A, 27, 121-131.

Tolkamp B.J., Emmans G.C., Kyriazakis I., 2006. Body fatness affects feed intake of sheep at a given body weight. Journal of Animal Science, 84, 1778-1789.

Tolkamp B.J., Yearsley J.M., Gordon I., Andrew W.I., Speakman J.R., Kyriazakis I., 2007. Predicting the effects of body fatness on food intake and performance of sheep. British Journal of Nutrition, 97, 1206-1215.

Trout D.L., Estes E.H., Friedberg S.J., 1960. Titration of free fatty acids of plasma: a study of current methods and a new modification. Journal of Lipid Research, 1, 199-202.

Vérité R., Peyraud J.L., 1988. Nutrition azotée. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 75-93.

Vermorel M., 1988. Nutrition énergétique. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 57-74.

Wadum M.C.T., Villadsen J.K., Feddersen S., Møller R.S., Neergaard T.B.F., Kragelund B.B., Højrup P., Færgeman N.J., Knudsen J., 2002. Fluorescently labelled bovine acyl-CoA-binding protein acting as an acyl-CoA sensor : interaction with CoA and acyl-CoA esters and its use in measuring free acyl-CoA esters and non-esterified fatty acids. Biochemical Journal, 365, 165-172.

Wolter R., 1988. Alimentation vitaminique. In : Jarrige R. Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 113-120.

Yiakoulaki M.D., Zarovali M.P., Papanastasis V.P., 2009. Foraging behaviour of sheep and goats grazing on sylvopastoral systems in Northern Greece, Options Méditerranéennes : Série A, 85, 79-84.

Annexes

ANNEXE 1. METHODES D'ANALYSES DES ALIMENTS

1. Teneur en MS (Chesworth, 1996)

La procédure est la suivante :

- Peser l'échantillon à l'état frais (PF) ;
- Dessécher les plantes au four à une température de 105°C pendant une durée de 48 à 72 heures, jusqu'à stabilisation du poids ;
- Repeser l'échantillon, à l'état sec (PS) ;

La teneur en matière sèche est alors calculée en divisant le poids sec par le poids frais : $MS(\%) = \frac{PS}{PF} \times 100$.

2. Teneur en PB (Barbano et al., 1991 ; AOAC, 1995)

La méthode adoptée est la méthode KJELDAHL de digestion/distillation par vaporisation pour l'obtention de l'azote total à partir duquel on peut déduire par calcul le taux de MAT.

Le substrat organique est digéré dans l'acide sulfurique H_2SO_4 en utilisant le $CuSO_4.5H_2O$ comme catalyseur, avec le K_2SO_4 comme agent d'élévation du point d'ébullition, pour séparer l'azote des composantes du substrat et le retenir sous forme de sel d'ammonium. Du NaOH concentré est ensuite ajouté afin de libérer le NH_3 qui est distillé, collecté dans une solution d'acide borique H_3BO_3, et titré.

Matériel

- Tubes de digestion KJELDAHL, de forme classique mais de capacité 250 ml, en verre pyrex résistant aux hautes températures, avec le support correspondant ;
- Bloc de digestion KJELDAHL en Aluminium muni de huit places correspondant aux huit tubes de la série à analyser, avec aspirateur relié aux flacons exutoires de la vapeur d'acide sulfurique et appareil de réglage de la température ;
- Unité de distillation adaptée à la distillation par vaporisation et à la fixation du tube de 250 ml et de l'Erlenmayer de 500 ml ;
- Burette de titrage de 50 ou 25 ml, classe A ou équivalente.

Produits

- Solution d'acide sulfurique H_2SO_4 / acide salicylique à 2,5% acide salicylique obtenue en dissolvant parfaitement 2,5 g d'acide salicylique en poudre dans 100 ml d'acide sulfurique de concentration 95 – 98%, dépourvu d'azote ;
- Mélange de Selenium Se / Sulfate de sodium Na_2SO_4, obtenu en mélangeant 1 g de Se avec 10 g de Na_2SO_4 ;
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 40%, dépourvue de nitrates ;
- Indicateur coloré : rouge de méthyle/vert de bromocrésol, solution préparée en mélangeant 1 partie de solution de rouge de méthyle (0,2 g de rouge de méthyle dans 100 ml éthanol à 95%) et 5 parties de solution de vert de bromocrésol (1 g de vert de bromocrésol dans 500 ml éthanol à 95%).
- Solution d'acide borique H_3BO_3 à 4% ;
- Solution standard d'acide chlorhydrique HCl 0,1000N ;
- Lysine standard en granulés.

Préparation de l'échantillon

Mélanger dans un tube de digestion 0,5 g de l'échantillon sec (desséché à 65ºC pour ne pas dégrader les protéines dans la plante) réduit en poudre avec un pinceau du mélange Se / Na_2SO_4 ;

Ajouter 20 ml de la solution d'acide sulfurique / acide salicylique ;

A ce stade, les tubes peuvent être recouverts avec un film plastique et maintenus pour être mis en digestion ultérieurement.

Une solution témoin est aussi préparée de la même façon (un témoin par série), mais sans addition de poudre végétale, afin de pouvoir détecter la présence éventuelle d'azote dans les produits utilisés et la prendre en considération dans les calculs.
En outre, il est recommandé de passer dans la série un tube de contenu standard, pour mesurer le taux de perte de l'azote durant l'opération ; ce taux ne doit pas dépasser les 5%. Ce tube contient les mêmes produits que les autres, mais la poudre d'aliment est remplacée par de la glycine standard en poudre. Quelque soit la masse de glycine ajoutée, le taux d'azote total de la solution doit être de 18,66%.

Digestion

Régler la température du bloc de digestion à 400°C ;
Placer les tubes dans le bloc et activer l'aspirateur pour évacuer les fumées ;
Laisser digérer jusqu'à l'obtention d'une solution claire et limpide au fond des tubes. Après, laisser bouillir pendant au moins une heure, pour une digestion optimale ;
A la fin de la digestion, le digestat doit être absolument clair et dépourvu de substrats non digérés.
Laisser refroidir, puis ajouter à chaque tube 85 ml d'eau distillée ;
Agiter le tube pour dissoudre les cristaux formés, puis laisser refroidir de nouveau ;
A ce stade, les tubes peuvent être recouverts avec un film plastique et maintenus pour être mis en distillation ultérieurement.

Distillation

Après avoir mélangé 10 ml de la solution de H_3BO_3 à quelques gouttes (7 à 8) de l'indicateur coloré dans un Erlenmeyer de capacité 250 ml (solution de couleur rouge), placer ce dernier dans l'appareil de distillation sur la plateforme qui lui est consacrée, avec le bout du tube du condenseur immergé dans le mélange de l'Erlenmeyer ;
Fixer le tube de digestion dans l'appareil après lui avoir ajouté 75 ml de la solution de NaOH ;
Laisser distiller pendant 300 secondes jusqu'à l'obtention d'au moins 100 ml de distillat dans l'Erlenmeyer.

Titrage

La couleur du distillat à ce stade est verte (signe de présence d'azote). Pour mieux visualiser le virage de couleur lors de la titration, il est nécessaire de placer l'Erlenmeyer sur une plaque d'agitation munie d'un système d'éclairage. Cette plaque est placée au-dessous de la burette de titrage ;
Titrer avec la solution de HCl 0,1000N jusqu'à la première trace stable de coloration rouge.
Relever la quantité en ml de HCl utilisé pour le titrage en la lisant directement sur la burette de titrage graduée.
Le calcul du taux d'azote total se fait par la formule suivante :

$$\frac{1{,}4007 \times (\text{ml HCl échantillon} - \text{ml HCl témoin}) \times 0{,}1 \text{ (normalité HCl)}}{\text{Masse de l'échantillon (g)}}$$

Le taux MAT dans les aliments est calculé en multipliant le taux azoté obtenu par le facteur 6,25 (Sauvant, 1988 *in* INRA, 1988 ; Chesworth, 1996).

3. Teneur en NDF et ADF

Cette mesure s'est faite par une méthode de référence validée suivie d'un alignement des valeurs par la méthode NIRS aux laboratoires de l'UR 18 du CIRAD de Montpellier

ANNEXE 2. CLASSIFICATION DES PLANTES RENCONTREES SUR PARCOURS NATURELS

Catégorie	Nom local*	Nom français	Nom scientifique	Famille
Arbres	Laouz barré	Amandier sauvage	*Prunus amygdalus* (L.) Stokes	Rosacées
	Khaoukh el debb	Prunier de l'ours	*Prunus ursina* Kotschy	Rosacées
	Njass barré	Poirier sauvage	*Pyrus syriaca* Boiss.	Rosacées
	Lebné	Aliboufier du Liban	*Styrax officinalis* L.	Styracacées
Buissons	Zaarour	Aubépine de Méditerranée ou Azerolier	*Crataegus azarolus* L.	Rosacées
	Ballane	Pimprenelle épineuse	*Poterium spinosum* L.	Rosacées
	Bambriss	Epine-vinette du Liban	*Berberis libanotica* Ehrenb.	Berbéridacées
	Wazzal	Genêt d'Espagne	*Spartium junceum* L.	Fabacées
	Endaoul	Calicotome velu	*Calycotome villosa* Vahl (Link)	Fabacées
Couvert herbacé *Graminées*	Choufene	Avoine stérile	*Avena sterilis* L.	Graminées
	Danab el Mohr	Orge bulbeuse	*Hordeum bulbosum* L.	Graminées
Couvert herbacé *Légumineuses*	Fossa	Luzerne cultivée	*Medicago sativa* L.	Fabacées
	Eddeyssé	Vesce à épis	*Vicia cracca* L.	Fabacées
	Naflé	Trèfle des prés	*Trifolium pratense* L.	Fabacées
	Att	Luzerne orbiculaire	*Medicago orbicularis* All.	Fabacées
Couvert herbacé *Astéracées*		Porcelle glabre	*Hypochoeris glabra* L.	Astéracées
	Kentarioun	Centaurée scabieuse	*Centaurea scabiosa* L.	Astéracées
	Chok el massih	Chardon lancéolé	*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.	Astéracées
	Katrab	Lampourde épineuse	*Xanthium spinosum* L.	Astéracées
	Raas el chok	Onopordon de Crimée	*Onopordum tauricum* Willd.	Astéracées
	Chawkit el wardiyye	Centaurée chausse-trappe	*Centaurea calcitrapa* L.	Astéracées
	Babounej	Anthémis	*Anthemis rascheyana* Boiss.	Astéracées
Couvert herbacé *Autres*	Jarjir	Roquette à feuilles ténues	*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.	Crucifères
	Narjess	Narcisse tardif	*Narcissus serotinus* L.	Amaryllidacées
	Karfess barré	Ache faux cresson	*Apium nodiflorum* (L.) Reichb.	Apiacées
	Maasous	Sauge de Jérusalem	*Phlomis brachyodon* (Boiss.) Zoh.	Lamiacées
	Iklil el jabal	Romarin	*Rosmarinus officinalis* L.	Lamiacées
	Zanbak barré	Tulipe œil de soleil	*Tulipa agenensis* DC.	Liliacées
	Haouzane	Renoncule des champs	*Ranunculus arvensis* L.	Renonculacées

*Les noms locaux des plantes ne sont pas de source sûre vu que les bases de données dans ce domaine sont très peu nombreuses.

ANNEXE 3. CLASSIFICATION DES PLANTES RENCONTREES SUR PARCOURS AGRICOLES

Catégorie	Nom local*	Nom français	Nom scientifique	Famille
Arbres	Tiyyel	Tilleul argenté	*Tilia argentea* Desf.	Malvacées[9] Tiliacées[10]
	Kaikab	Erable de Syrie	*Acer syriacum* Boiss. et Gaill.	Acéracées
	Haour	Peuplier noir	*Populus nigra* L.	Salicacées
	Derdar	Frêne à fleurs	*Fraxinus ornus* L.	Oléacées
	Kharnoub	Caroubier	*Ceratonia siliqua* L.	Fabacées
	Aariché	Vigne	*Vitis vinifera* L.	Vitacées
Buissons	Eelleyk	Ronce Ou Mûrier sauvage	*Rubus fruticosus* L.	Rosacées
Couvert herbacé *Graminées*	Choufene	Folle avoine	*Avena fatua* L.	Graminées
	Fetouk	Fétuque élevée	*Festuca arundinacea* Schreb.	Graminées
	Chiir	Orge commune	*Hordeum vulgare* L.	Graminées
	Injil	Chiendent pied-de-poule	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	Graminées
	Razzine	Sorgho d'Alep	*Sorghum halepense* (L.) Pers.	Graminées
	Amh	Blé dur	*Triticum durum* Desf.	Graminées
	Meknis	Sorgho commun	*Sorghum bicolor* (L.) Moench	Graminées
Couvert herbacé *Légumineuses*	Fossa	Luzerne cultivée	*Medicago sativa* L.	Fabacées
	Naflé	Trèfle des prés	*Trifolium pratense* L.	Fabacées
	Att	Luzerne orbiculaire	*Medicago orbicularis* All.	Fabacées
	Hommos	Pois chiche	*Cicer arietinum* L.	Fabacées
	Beeyé	Vesce cultivée	*Vicia sativa* L.	Fabacées
Couvert herbacé *Astéracées*	Khass	Laitue	*Lactuca sativa* L.	Astéracées
	Khass barré	Laitue scariole	*Lactuca scariola* L.	Astéracées
	Chawkit el sahel	Chardon des champs	*Cirsium arvense* (L.) Scopoli	Astéracées
Couvert herbacé *Autres*	Sabah el kheir	Souchet rond	*Cyperus rotundus* L.	Cypéracées
	Kerwaiss	Grande ortie	*Urtica dioica* L.	Urticacées
	Khessaysé	Petite centaurée	*Centaurium erythraea* Rafn.	Gentianacées
	Meddaydé	Liseron des champs	*Convolvulus arvensis* L.	Convolvulacées
	Atee wassel	Prêle élevée	*Equisetum maximum* Lam.	Equisétacées
	Choukrane	Grande ciguë	*Conium maculatum* L.	Apiacées
	Chawkit el chaitan	Ammi élevé	*Ammi majus* L.	Apiacées
	Assab	Jonc épars	*Juncus effusus* L.	Juncacées
	Batata	Pomme de terre	*Solanum tuberosum* L.	Solanacées
	Boujway	Datura stramoine	*Datura stramonium* L.	Solanacées
	Kiss el raii	Bourse à pasteur	*Capsella bursa pastoris* L.	Crucifères
	Baalé	Pourpier maraîcher	*Portulaca oleracea* L.	Portulacacées
	Fejjeylé	Ravenelle	*Raphanus raphanistrum* L.	Crucifères
		Renoncule des champs	*Ranunculus arvensis* L.	Renonculacées

*Les noms locaux des plantes ne sont pas de source sûre vu que les bases de données dans ce domaine sont très peu nombreuses.

[9] Classification phylogénétique
[10] Classification classique

ANNEXE 4. METHODES D'ANALYSES DES COMPOSANTES DU LAIT

1. Mesure du taux butyreux du lait (TB)

Le taux butyreux du lait a été mesuré par la méthode GERBER (Mathieu, 1998). Le principe de cette méthode consiste à séparer les matières grasses des autres constituants du lait par centrifugation, et à relever le taux butyreux par lecture directe sur le tube GERBER.

Matériel

- Tubes GERBER spéciaux, de capacité 25 ml, gradués en %, avec le support et les bouchons correspondants ;
- Centrifugeuse à capacité de 32 tubes et à puissance de rotation fixe de1200 tours/minute

Produits

- Acide sulfurique H_2SO_4 de concentration 90 – 91 % et de densité 1,815 à 1,825 ;
- Alcool amylique GERBER

Méthodologie

Verser dans chaque tube GERBER 10 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 ;
Prélever avec la pipette spécifique 10,75 ml de lait de chaque échantillon ;
Les mélanger lentement avec les 10 ml d'acide sulfurique dans les tubes GERBER ;
Ajouter à chaque mélange 1 ml d'alcool amylique ;
Fermer hermétiquement les tubes avec les bouchons correspondants, préalablement poudrés avec de la poudre blanche, chimiquement neutre, pour éviter les glissements au contact de l'acide, et agiter fortement jusqu'à obtention d'une couleur brun foncé parfaitement homogène et d'une chaleur intense provenant du mélange ;
Aligner d'une façon équilibrée (le même nombre de tubes face à face) dans la centrifugeuse ;
Laisser centrifuger 5 minutes à la vitesse de rotation de 1200 tours/minute.
La matière grasse, de densité inférieure au mélange acide/alcool, flotte au bout effilé gradué du tube. Ce bout a la forme typique d'un thermomètre à mercure.
Le TB est directement relevé par lecture directe de la graduation, en tenant le tube dans la bonne position, c'est à dire le bouchon en bas et le bout effilé vers le haut. La valeur relevée indique directement le taux butyreux du lait en %.

2. Mesure du taux protéique du lait (TP)

La méthode adoptée pour la mesure de la teneur en azote total dans le lait est la même que celle utilisée pour les aliments, citée précédemment ; c'est la méthode de KJELDAHL de digestion/distillation par vaporisation pour l'obtention de l'azote total où l'aliment est remplacé par le lait.

Produits

- Acide sulfurique H_2SO_4 de concentration 95 – 98 %, dépourvu d'azote ;
- Solution de sulfate de cuivre $CuSO_4.5H_2O$ à 5 %, dépourvue d'azote ;
- Sulfate de potassium K_2SO_4 en poudre, dépourvu d'azote ;
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 40 %, dépourvue de nitrates ;
- Indicateur coloré : la solution de rouge de méthyle/vert de bromocrésol ;
- Solution d'acide borique H_3BO_3 à 4 % ;
- Solution standard d'acide chlorhydrique HCl 0,1000N ;
- Lysine standard en granulés.

Préparation de l'échantillon

Mélanger dans un tube de digestion 12 g de K_2SO_4 et 1 ml de la solution de catalyseur $CuSO_4.5H_2O$;
Chauffer les échantillons de lait sur une plaque chauffante à 65 °C, jusqu'à ce que la température du lait atteigne 38±1 °C ;
Prélever 5 ml de chaque échantillon après avoir vigoureusement agité le liquide, et les peser avec précision à 0,0001 g près ;

Ajouter immédiatement les 5 ml de lait au mélange dans le tube de digestion ;
Ajouter 20 ml d'acide sulfurique ;
A ce stade, les tubes peuvent être recouverts avec un film plastique et maintenus pour être mis en digestion ultérieurement.
De même, une solution témoin est aussi préparée (un témoin par série) ainsi qu'un tube de contenu standard. Comme pour l'analyse des aliments, quelque soit la masse de glycine ajouté, le taux d'azote total de la solution doit être de 18,66 %.

Digestion

C'est la même procédure que celle de la digestion des aliments, sauf que la température du bloc de digestion doit être initialement réglée à 200°C pour contrôler l'éruption du lait au moment de l'ébullition. Ensuite, il faudra laisser digérer pendant 30 minutes jusqu'au développement de fumées blanches avant d'augmenter la température jusqu'à 400°C. Le reste du processus se déroule ensuite de la même façon.

Distillation

Après avoir mélangé 50 ml de la solution de H_3BO_3 à 3 ml de l'indicateur coloré dans un Erlenmeyer de capacité 500 ml (solution de couleur rouge), placer ce dernier dans l'appareil de distillation sur la plateforme qui lui est consacrée, avec le bout du tube du condenseur immergé dans le mélange de l'Erlenmeyer ;
Fixer le tube de digestion dans l'appareil après lui avoir ajouté 75 ml de la solution de NaOH ;
Laisser distiller pendant 300 secondes, jusqu'à l'obtention d'au moins 200 ml de distillat dans l'Erlenmeyer.

Titrage

C'est la même procédure que celle du titrage du distillat des aliments.
Relever la quantité en ml de HCl utilisé pour le titrage en la lisant directement sur la burette de titrage graduée.
Le calcul du taux d'azote total se fait par la formule suivante :

$$\frac{1{,}4007 \times (\text{ml HCl échantillon} - \text{ml HCl témoin}) \times 0{,}1\ (\text{normalité HCl})}{\text{Masse de l'échantillon (g)}}$$

Le taux de protéines brutes (PB) dans le lait est calculé en multipliant le taux azoté obtenu par le facteur 6,38 (Jarrige, 1988_b ; Mathieu, 1998).

ANNEXE 5. EVOLUTION DES COMPOSANTES DU LAIT DANS LA PREMIERE EXPERIMENTATION

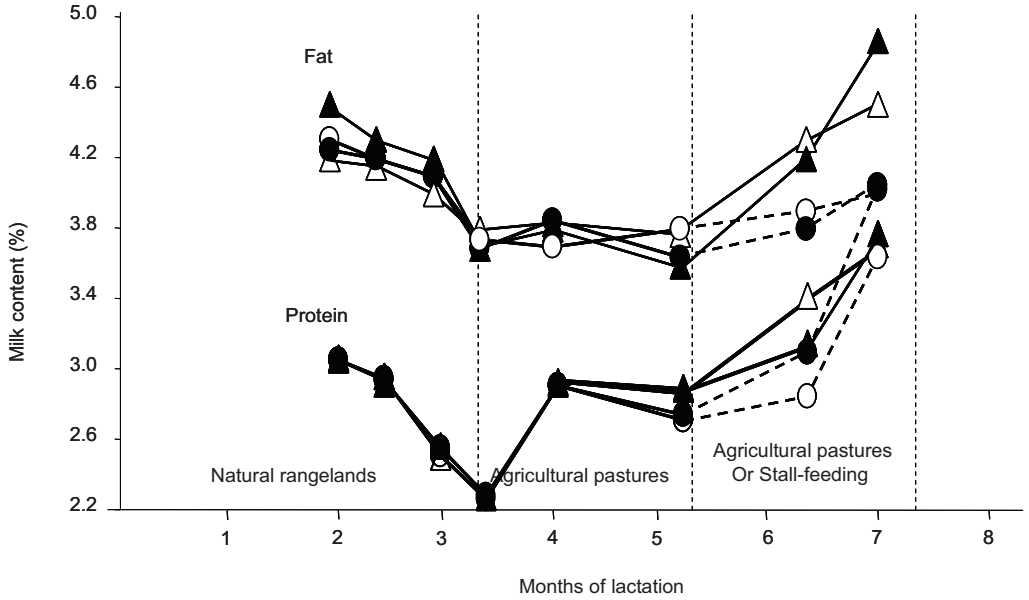


Figure A1. Evolution of mean milk content of Baladi goats fed successively on mountainous natural rangelands, agricultural pastures and either kept on agricultural pastures (____) or stall-fed (--------). Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment

ANNEXE 6. EVOLUTION DU PV DES CHEVRES DANS LA DEUXIEME EXPERIMENTATION

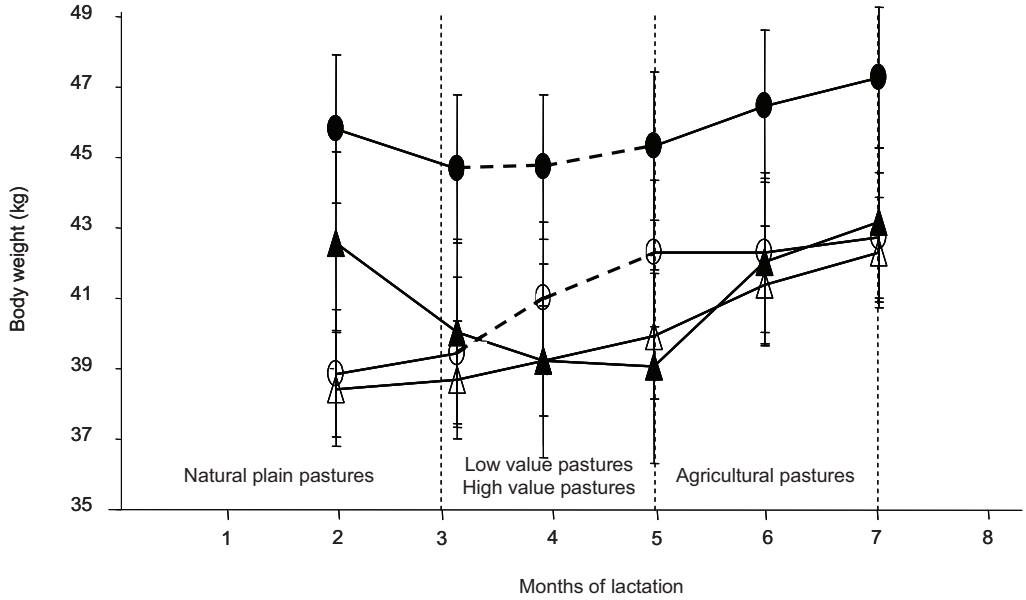


Figure A2. Evolution of mean BW of Baladi goats fed successively on natural plain pastures, then either on crop residues with low nutritive value (____) or on forages with high nutritive value (--------) and then on mixed agricultural pastures. Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment.Vertical bars represent SEM values (Standard Error of Mean = STD/√n)

ANNEXE 7. EVOLUTION DU TAUX D'AGNE DANS LE PLASMA SANGUIN DES CHEVRES DANS LES DEUX EXPERIMENTATIONS

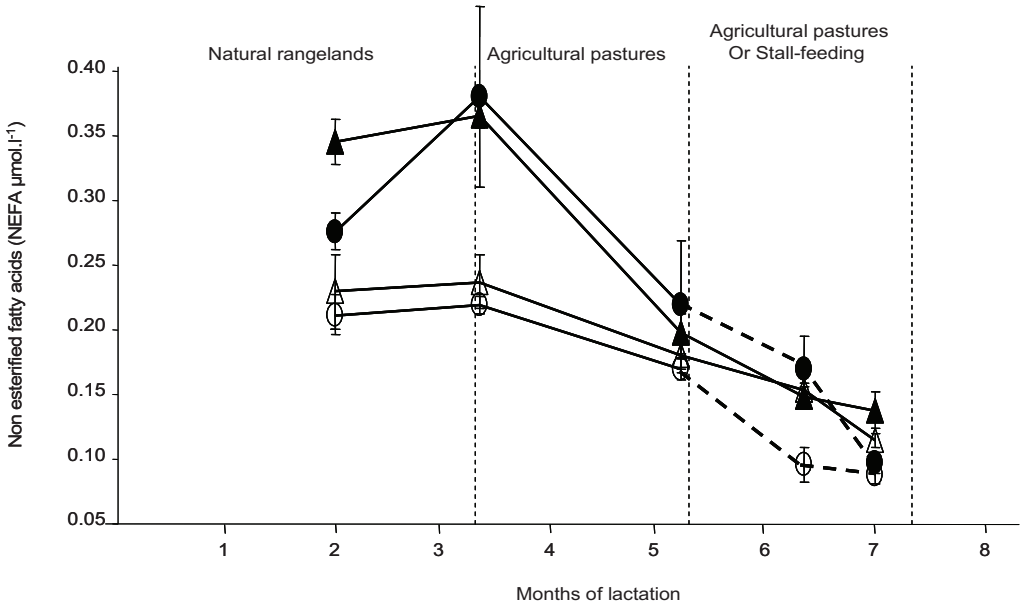


Figure A3. Evolution of mean plasma NEFA of Baladi goats fed successively on mountainous natural rangelands, agricultural pastures and either kept on agricultural pastures (____) or stall-fed (--------). Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. Vertical bars represent SEM values (Standard Error of Mean = STD/√n)

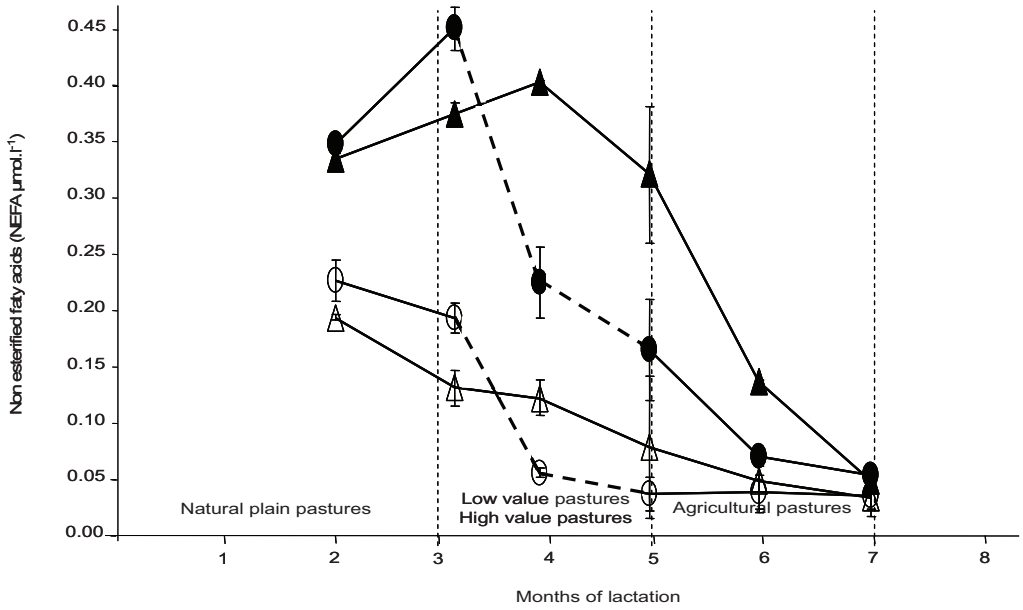


Figure A4. Evolution of mean plasma NEFA of Baladi goats fed successively on natural plain pastures, then either on crop residues with low nutritive value (____) or on forages with high nutritive value (--------) and then on mixed agricultural pastures. Even if goats were fed together they were identified as being Fat (●, ▲) or Lean (○, △) at the start of experiment. Vertical bars represent SEM values (Standard Error of Mean = STD/√n)

Capacités adaptatives de la chèvre Baladi alimentée sur parcours en conditions semi-arides de la Békaa (Liban)

Maya KHARRAT

RESUME

L'élevage de la chèvre « Baladi » au Liban souffre d'un problème de disponibilité alimentaire responsable des faibles performances établies de la race, du fait de sa dépendance majoritaire des zones de pâturage naturel et de la rareté des terrains fourragers ou de l'adoption du système intensif.

Dans ce contexte agroclimatique particulier, cette étude se propose d'identifier la conduite optimale, à mi-chemin entre système extensif compromettant la production et la durabilité de l'élevage et système hors-sol qui ne saurait valoriser les aptitudes de la race et les parcours de la région. En effet, les conditions climatiques difficiles impliquent l'insertion d'une dimension temporelle dans la conceptualisation de la conduite optimale, prenant en considération les fluctuations saisonnières importantes des ressources alimentaires naturelles. Comparée à la conduite extensive traditionnelle et à la complémentation largement moins adoptée, une conduite où les chèvres laitières seraient mises au pâturage durant le printemps caractérisé par la prolifération des espèces végétales en vert et enfermées durant la sécheresse estivale paraît a priori adaptée aux conditions du milieu et aux objectifs zootechniques et socio-économiques. Toutefois, le système intensif étant rarement prisé par les éleveurs de la région, l'efficacité des parcours à résidus agricoles ou fourragers sera également évaluée afin de trouver un optimum zootechnique et économique.

Par la suite, il a fallu mettre en place un outil d'évaluation des caractéristiques nutritives des parcours de la région d'étude, des quantités ingérées par les animaux lors du pâturage ou à l'auge et finalement de leur conséquence directe sur la satisfaction des besoins et la production laitière. L'évaluation des différentes conduites se reflétant dans nombre de paramètres, un suivi d'analyse continu a été instauré permettant d'apprécier l'état corporel des animaux (poids, note d'état corporel, métabolites énergétiques), la production laitière (rendement, durée de lactation et composition du lait) et les performances reproductives (prolificité et croissance des chevreaux). Les capacités d'adaptation de ces animaux aux restrictions alimentaires dans les différentes conduites ont ainsi été testées.

Ces expérimentations réalisées sur deux ans de suite ont montré que ces chèvres manifestent de réelles capacités adaptatives aux changements alimentaires. En particulier, à chaque fois que l'alimentation le permet, l'énergie disponible est orientée préférentiellement vers la production laitière avec des rebonds relativement importants. Ces rebonds se produisent quel que soit le niveau de production laitière et pendant pratiquement toute la lactation. Parallèlement, on observe une reconstitution lente et régulière des réserves adipeuses qui s'accélère en fin de lactation à un moment où les femelles sont généralement mises à la reproduction, alors que les productions laitières baissent inexorablement. Cette thèse a donc abouti à l'acquisition de connaissances originales sur un modèle animal peu étudié caractérisé par des capacités adaptatives remarquables qui ne se manifestent pas de façon aussi marquée chez les chèvres sélectionnées des zones tempérées.

Mots clefs : chèvre Baladi, conduite alimentaire, parcours, auge, capacités adaptatives, comportement alimentaire, réserves corporelles, production laitière, performances reproductives