

# Étude comparative de la composition chimique du lait de chèvre de la race *locale* Marocaine et la race *alpine* et évaluation de leur aptitude fromagère

A. KOUNIBA<sup>1\*</sup>, M. BERRADA<sup>2</sup> et A. EI MARAKCHI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Département de Génie des Procédés et de Technologie Alimentaire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202 - Instituts, 10 101 Rabat, MAROC.

<sup>2</sup> Direction de l'Enseignement, de la Recherche et du Développement, Avenue Mohamed Belarbi Alaoui, B.P. 6598, Rabat - Instituts (Maroc).

<sup>3</sup> Département d'Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202 - Instituts, 10 101 Rabat (Maroc).

\* Auteur assurant la correspondance : Tél : +212 37 77 17 59, Fax : +212 37 77 58/38, Email : a.kouimba@iav.ac.ma

## RÉSUMÉ

Cette étude avait pour objectifs de déterminer les caractéristiques chimiques des laits de races locale et alpine au Nord du Maroc, de caractériser leur aptitude à la transformation en fromage frais (*jben*), et d'établir la composition chimique de ce fromage. 7 prélèvements ont été effectués pour chaque race dont chacun correspond à 3 échantillons (lait, et *jben* et lactosérum correspondants).

Le lait de la race locale était significativement plus riche en EST, MG et en MAT que celui de la race alpine. Le rapport ANP/MAT était plus élevé pour la race alpine.

Les rendements fromagers frais, ajusté et sec, étaient plus élevés pour la race locale par rapport à la race alpine. Les différences moyennes atteignaient respectivement +6,5%, +3,6% et +2,7% en liaison avec des coefficients de récupération en EST, MG et en MAT plus élevés pour la race locale. Le *jben* fait à base de lait de la race locale et alpine présente une humidité moyenne respective de 65 et 67% et un rapport G/S d'environ 53% ce qui permet son classement parmi les fromages frais moulés gras. L'HFD est respectivement de 80 et 81% ce qui témoigne d'une conduite similaire de l'égouttage. Le rapport Gras/Protéines est de 1,12 dans les deux cas ce qui explique la similarité des HFD et témoigne d'une bonne reproductibilité des conditions de fabrication industrielle du fromage.

**Mots-clés :** Lait de chèvre, *jben*, composition chimique.

## SUMMARY

**Comparative study of chemical composition of goat's milk of local and alpine breeds and their cheesemaking properties**

The present work aimed to study the physico-chemical characteristics of goat's milk of local and alpine breeds localized in the north of Morocco, their cheesemaking properties into local fresh cheese (*jben*) and the chemical composition of *jben*. For each breed, 7 samples of the milk, *jben* and the corresponding whey were analysed.

The goat milk of local breed contained significantly more total dry matter, fat and total nitrogen matter than alpine breed. The ratio non protein nitrogen/ total nitrogen matter were higher for alpine breed.

Transformation of goat's milk into cheese is characterized by the fresh, adjusted and dry yields which were higher for local breed. The average differences were +6,5%, +3,6% and +2,7% as regards the dry matter, fat and total nitrogen matter recovery coefficients for local breed, respectively. The average humidity contents of *jben* were 65 and 67% for local and alpine breeds, respectively and the ratio fat/dry matter was of about 53% in both cases allowing to classify *Jben* in the category of "moulded fat goat cheeses". Humidity of defatted cheeses was 80 and 81%, respectively, suggesting that the draining step was conducted in a similar way for both milks. The fat/protein ratio was 1.12 in both cases which explains the similarity between the moisture in non-fat cheese and indicates the good reproducibility of industrial cheese making conditions.

**Keywords :** Goat's milk, *Jben*, chemical composition

## Introduction

Le cheptel caprin occupe la 2<sup>e</sup> place dans l'élevage au Maroc après celui des ovins. Son effectif est estimé à 5,3 millions de têtes, et est constitué à plus de 80% de chèvres locales rustiques [10]. La destinée majeure de sa production laitière qui ne représente que 34,67 mille tonnes annuellement [4] est l'autoconsommation et la transformation par la fabrication des fromages frais traditionnels (*jben*). Depuis plusieurs décennies, afin d'augmenter la production laitière caprine, l'état a encouragé, d'une part l'importation de bétail amélioré (race *alpine*), et d'autre part le groupement des éleveurs caprins en coopératives fromagères de façon à promouvoir la fabrication des fromages, en particulier le *jben*, à l'échelle semi-industrielle. Un tel objectif ne peut être

atteint sans connaissance de la composition du lait des races locales et importées. C'est dans ce sens que la présente étude se propose de caractériser et comparer sur le plan physico-chimique les laits de la race locale de la région de Chefchaouen au Nord du Maroc et de la race alpine, et d'évaluer leurs aptitudes fromagères.

## Materiel et methodes

Le lait de la race locale provient des élevages extensifs éparpillés autour de la fromagerie (un rayon moyen de 50 km) dont la taille moyenne est de l'ordre de 5 têtes par exploitation. Ces élevages sont caractérisés par l'absence de tout

contrôle de reproduction et par une alimentation basée sur la forêt et les parcours.

Le lait de la race alpine provient exclusivement d'une station d'élevage caprin se trouvant à 50 km de la fromagerie. Cette station est dotée d'une superficie agricole utile de 15,5 ha réservée à des cultures fourragères (orge, petit pois, avoine, bersim et luzerne).

Une seule traite est effectuée le matin. Une camionnette fait la collecte à partir du 5h00 du matin et arrive à la fromagerie à 9h00. Le lait est transporté dans des bidons en plastique ou des fûts métalliques sans réfrigération.

**ECHANTILLONNAGE**

Sept prélèvements de laits de mélange de chacune des races locale et alpine sont effectués à l'entrée de la fromagerie

d'*Ajbane Chefchaouen* durant une période de 3 mois et demi (de mi-avril 2002 à mi-juin 2002 à raison d'un prélèvement par semaine). Le lieu de prélèvement correspond à une cuve réfrigérée de 1000 l. Chaque prélèvement correspond à 2 échantillons (500 ml de lait de race locale et 500 ml de race alpine). Les caractéristiques des troupeaux sont présentées au tableau I.

Des fabrications du *jben* sont réalisées au niveau de la fromagerie suscitée de la même manière et sans standardisation de la matière première. Sept fabrications successives pour chaque type de lait sont réalisées à une semaine d'intervalle. Pour chaque fabrication, un prélèvement constitué de 3 échantillons (1 de lait, 1 de fromage et 1 de lactosérum correspondant) est effectué.

Toutes les analyses chimiques sont réalisées en double sur chaque échantillon.

Désignations	Races	
	Locale	Alpine
- Effectif par troupeau	30*	119
- Alimentation	Parcours +/- complément	Pâturage + complément contrôlé
- Mode de conduite	Extensif	Stabulation libre
- Mode de traite	Manuel	Manuel
- Date de mise bas	Etalée sur toute l'année	Fin mai
- Niveau de production laitière	Environ 2/j	Environ 4/j

\* 30 chèvres au minimum pour les adhérents, quelques animaux pour les non adhérents

TABLEAU 1 : Principales caractéristiques zootechniques des élevages caprins laitiers

**MÉTHODOLOGIE DE FABRICATION FROMAGÈRE (TABLEAU II)**

Le lait collecté est filtré par passage à travers une écumoire couverte d'un tissu en nylon pour éliminer les particules étrangères présentes (paille, mouche, poils etc.). Il est ensuite chauffé dans un bac de capacité de 100 litres à l'aide d'un four à gaz. Le chauffage est accompagné d'une agitation jusqu'à l'obtention d'une température de 65°C. La montée en température dure de 30 à 45 minutes, puis le lait est refroidi dans un bain d'eau froide circulante jusqu'à une température de 20 à 25°C. Il subit ensuite, une maturation à température ambiante (18 à 22°C) en présence de levains lactiques concentrés lyophilisés "MA 100" (EZAL, Lacto-Labo, France). Le taux d'ensemencement utilisé est de 1 à 1,5%. Les levains sont préalablement remis en culture à une concentration de 2 g/l dans du lait UHT à 27-33°C pendant 15 à 18 heures. Après une durée de maturation de 2 à 3 heures, correspondant à une baisse de pH du lait de 0,25 à 0,30 unité, l'emprésurage est effectué, à la même température et à pH 6,30 - 6,35 à raison de 0,3 ml/kg de lait d'extrait de présure Granday (GRANDAY-ROGER, Sanofi, France) à 520 mg de chymosine par litre d'extrait. 17 à 25 heures après l'ajout de la présure, le caillé est découpé en petits cubes et brassé. La mise en moules a lieu 30 minutes après découpage. Lors de l'égouttage, après chaque retournement (2 au total), un salage à sec de la face supérieure à raison environ de 0,5 g/face/portion de fromage (230 à 250 g) est réalisé. Le

démoulage a lieu après 32 heures d'égouttage, et il est immédiatement suivi de la pesée des produits (caillé et lactosérum). Les pièces du *jben* sont conservées dans une chambre froide (+4°C) en vue de leur commercialisation. Le délai d'entreposage dans la chambre froide est au maximum d'une semaine.

**ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES**

Ces analyses portent sur les échantillons des laits, du *jben* et du lactosérum correspondant en fin d'égouttage. Elles comprennent la détermination du pH, l'acidité titrable, la densité, les teneurs en extrait sec total (EST), matière grasse (MG), cendres, différentes fractions azotées, lactose, chlorures, et la teneur en calcium. Les analyses sont réalisées en double sur chaque échantillon.

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre TACUSSEL type PHN 130T à électrodes combinées (MICRELEC, Coulommiers, France). L'acidité titrable, l'EST, la MG et les cendres sont déterminés selon le protocole de l'AOAC [5]. La teneur en chlorures est déterminée par la méthode de Charpentier - Vohlard *in* [40]. Le calcium est déterminé par absorption atomique (type HITACHI Z6 100) après la mise en solution des cendres obtenues après incinération à 550°C des échantillons [5]. Le dosage de l'azote est effectué par la méthode standard de Kjeldahl *in* [5]. L'azote total (NT) est dosé directement sur le lait, l'azote non protéique (NNP) sur le filtrat

ETAPES	DUREE
Coagulation :	J <sub>0</sub> , H <sub>0</sub>
à 18 - 22°C	J <sub>0</sub> , H <sub>0</sub> + 2 à 3
+ Levain lactique mixte mésophile (1 à 1,5%)	J <sub>0</sub> + 1, H <sub>0</sub> + 20 à 27
+ Présure à 70 mg de chymosine/l (3%)	J <sub>0</sub> + 1, H <sub>0</sub> + 26 à 33
Moulage - égouttage (acidité ~ 55°D; 18 à 22°C)	
Retournement, salage 1 <sup>ère</sup> face (90 à 95% de lactosérum écoulé*)	J <sub>0</sub> + 1, H <sub>0</sub> + 32 à 39
Retournement, salage 2 <sup>ème</sup> face	J <sub>0</sub> + 2, H <sub>0</sub> + 52 à 59
Démoulage + dépôt sur grilles → fromage frais	J <sub>0</sub> + 2, H <sub>0</sub> + 64 à 71
Stockage à froid (4°C)	J <sub>0</sub> + 10, H <sub>0</sub> + 256 à 263
Emballage et commercialisation	

J : Jour

H : Heure

\* Par rapport au poids total du lactosérum écoulé jusqu'au stockage à froid.

TABLEAU 2 : Procédé de fabrication du *jben*

après action du TCA à 12% [15] et l'azote non caséinique (NNC) après acidification à pH à 4,6 [49]. Les fractions azotées suivantes sont calculées comme suit : azote protéique (NP) = NT - NNP, azote caséinique (NC) = NT - NNC et azote des protéines solubles NPS = NNC - NNP. Les différentes teneurs d'azote sont converties en matières azotées équivalentes moyennant un facteur de conversion de 6,38 [6].

Le dosage du lactose est réalisé par la méthode de Bertrand *in* [1].

Dans le cas du *jben*, la détermination du pH, de l'acidité, du lactose et des chlorures est effectuée après dilution de 10 g d'échantillon dans 50 ml d'eau distillée [50].

## EXPLOITATION DES DONNÉES ANALYTIQUES

Les résultats concernant les critères de composition physico-chimique des laits, caillés (*jben*) et lactosérums et leur pesée constituent des variables brutes. Pour évaluer la fabrication fromagère et pour comparer entre des productions à partir de lait de races différentes (locale et alpine), d'autres variables, calculées, ont été prises en compte. Il s'agit de :

– l'extrait sec dégraissé (ESD) du lait, du lactosérum et du *jben*;

– le rapport gras sur sec (G/S) du *jben* (en %);

– l'humidité du fromage dégraissé (HFD), qui permet d'apprécier l'aptitude à l'égouttage du gel [37] :

$$\text{HFD} = \frac{\text{humidité du fromage}}{\text{Poids du fromage} - \text{MG}} \times 100$$

– les bilans "entrées - sorties" qui permettent d'évaluer les pertes au cours du processus de fabrication, soit par évaporation soit sous forme de fines particules du caillé sur les grilles d'égouttage (avec pertes de constituants) :

Matière brute (%) = Entrée (poids<sub>L</sub>) - Sorties (poids<sub>C</sub> + poids<sub>S</sub>)

Avec : poids<sub>L</sub> (%) : poids du lait

poids<sub>C</sub> (%) : poids du caillé

poids<sub>S</sub> (%) : poids du lactosérum

Les valeurs exploitées sont rapportées au poids initial du lait.

Pour la détermination des constituants du lait (NT, MG, EST et ESD), les formules suivantes sont utilisées [38] :

Exemple :

(NT) (%) :  $100 - [(NT_C/NT_L)(\text{Poids}_C \text{ par } 1\text{kg}_L) \times 100 + (NT_S/NT_L)(\text{Poids}_S \text{ par } 1\text{kg}_L) \times 100]$

(Les teneurs en azote total sont exprimées en g par kg de produit).

– Les pourcentages de récupération des constituants du lait dans le caillé, pour évaluer les différences de composition des produits et les pertes notamment par la détermination de la matière brute (MB), c'est à dire le rendement fromager frais (R<sub>f</sub>), NT, MG, EST et ESD.

Avec :

$$\text{MB} = (\text{poids}_C / \text{poids}_L) \times 100$$

Pour les autres constituants telle que la MG, le calcul se fait comme suit :

% récupération de MG dans le caillé =  $[(MG_C / MG_L)(\text{Poids}_C \text{ par } 1\text{kg}_L)] \times 100$

– Le rendement fromager frais ou brut (R<sub>f</sub> en kg%kg de lait), qui correspond au poids du fromage obtenu au démoulage pour 100 kg de lait mise en œuvre;

– Le rendement ajusté (R<sub>a</sub>) à partir de la connaissance analytique de la teneur en extrait sec du lait, du fromage et du sérum [52] :

$$R_a = 100 \times (MS_1 - MS_s) / (MS_c - MS_s)$$

Avec : MS<sub>1</sub>, MS<sub>s</sub> et MS<sub>c</sub> : matières sèches respectives du lait, du lactosérum et du caillé de fin d'égouttage.

– Le rendement fromager sec (R<sub>s</sub>) qui est défini comme suit :

$$R_s = [MS_c(\%) \times R_f] \times 100$$

## ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

La comparaison entre les 2 races pour les différents paramètres est effectuée par un test t de Student avec échantillons indépendants [17]. Le logiciel SPSS [51] (SPSS, 2001) est utilisé pour ce test ainsi que pour l'établissement de régressions simples et multiples en vue d'étudier l'interaction entre la matière première et les caractéristiques de la fabrication fromagère.

## Résultats et discussion

### CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU LAIT DE CHÈVRE

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons des laits sont donnés au tableau III. Ces résultats montrent que le lait de la race locale est significativement plus riche en EST (+ 21,4 g/kg soit +14,1%) en MG (+ 11,2 g/kg soit +23,3%) et en matière azotée totale (MAT) (+ 7,3 g/kg soit +15,9%) que le lait de la race alpine. Ces différences de composition observées entre les deux races peuvent être liées à plusieurs facteurs de variations tels que le mode de conduite et l'alimentation. La production laitière moyenne pour la race locale et alpine des élevages utilisés dans cette étude est respectivement de 2 et 4 l/j (Tableau I). Il est communément admis que le lait des races à faible potentiel laitier des zones méditerranéennes et tropicales sont généralement plus concentrés en MG, en EST et en protéines [30, 54] que celui des races fortement productrices des régions tempérées [11]. Ainsi, selon VOUTSINAS *et al.* [53], le lait de races caprines indigènes présente une teneur en MG élevée. Cette teneur est de 5,32 à 7,78% pour des chèvres indigènes africaines et de 4,74 à 7,93% pour des races indiennes [2]. Selon RABASCO *et al.* [43], cette différence est attribuée à la corrélation génétique négative entre le niveau de production du lait et les teneurs en MG et en MAT. Selon MANN [33], le lait de chèvre en Grèce présente des teneurs en matière grasse et en protéines élevées (4,5% et 3,5 à 4,0% respectivement) mais avec un niveau de production laitière faible : 150 à 200 kg/chèvre pour une durée de lactation de 6 mois. Les teneurs enregistrées en EST, MG et en MAT du lait de la race *alpine* s'insèrent dans les gammes rapportées par MORAND-FEHR *et al.* [39] sur le lait de races européennes (alpine et saanen) sauf pour la MAT qui est légèrement plus élevée. Le mode de conduite du troupeau qui est différent entre les deux races constitue probablement un autre facteur de variation. Selon BOCQUIER et CAJA [13], le niveau d'alimentation correspond au principal facteur agissant sur la production et la composition du lait des ruminants. L'origine géographique et les conditions environnementales peuvent également influencer la composition du lait de chèvre. On en cite la saison, le photopériodisme et la température. La production du lait de chèvre est souvent saisonnière (de janvier à juillet). Selon BRENDEHAUG et ABRAHAMSEN [14] et KALANTZOPOULOS [31], les

teneurs les plus faibles en matière grasse apparaissent à la fin de la période chaude (juin/juillet).

L'analyse de la fraction azotée du lait de chaque race étudiée révèle qu'à l'exception de l'ANP, tous les autres composants sont présents à des teneurs supérieures chez la race locale. Les différences sont de +10,0 g/kg (+23,3%), +5,6 g/kg (+15,7%) et +4,4 g/kg (+60,2%) respectivement pour les protéines totales, les caséines et les protéines solubles (Tableau III).

L'ANP représente 6,3% de la MAT du lait de la race locale contre 14,5% chez la race alpine. Ce dernier taux est nettement plus élevé que celui rapporté dans la littérature qui est de 8,7% [47] à 9% [45]. Le taux de l'ANP chez la race locale est proche de celui du lait de chèvre des races locales en Arabie Saoudite : 7,8% [36]. Les différences observées entre les laits des deux races étudiées sont attribuées aux systèmes d'élevage différents : extensif pour la race locale et intensif pour la race alpine avec probablement incorporation de l'urée dans la ration alimentaire, ce que nous n'avons pas pu vérifier. Selon GRAPPIN [24], l'urée est le constituant dominant de l'ANP et sa teneur varie considérablement en fonction principalement de l'apport alimentaire. Cette situation a amené l'auteur à proposer la détermination du taux protéique vrai à la place du taux de MAT dans le cadre du paiement du lait selon sa qualité. Enfin, selon GRAPPIN [23], les laits à teneur élevée en protéines présentent une teneur faible en azote non protéique.

L'indice de caséine (caséine%MAT) qui est un facteur de référence analytique particulièrement représentatif de la valeur fromagère du lait de chèvre est similaire pour les 2 races (environ 78%) sans oublier que la teneur en caséines est plus élevée chez la race locale. Il est plus élevé que ceux rapportés par PARKASH et JENNESS [41] : 70 à 74%, GUO *et al.* [27] : 73 à 76% et GRAPPIN *et al.* [25] : 75,6%. ANIFANTAKIS et KANDARAKIS [3] ont obtenu en Grèce des valeurs de 76,7% pour la race saanen et 80,9% pour la race indigène.

Les teneurs en lactose, cendres, chlorures et calcium sont similaires dans le lait des 2 races ( $p > 0,05$ ). Les teneurs en lactose sont supérieures à celles rapportées par MEHAIA et AL-KANHAL [35] (41 g/l) et par JENNESS [30] (44 g/l) mais similaires à celle rapportée par BAYOUMI [8] (52,5 g/l). Les teneurs en cendres sont légèrement inférieures à la gamme rapportée par JENNESS [30] (0,78 à 0,83 g/100 g de lait) mais similaires à la limite inférieure rapportée par AGNIHOTRI et PRASAD [2] (0,70 à 0,89 g/100 g). Celles en chlorures sont plus faibles que celles rapportées par JENNESS [30] (160 à 178 mg/100 g). Les teneurs en calcium (1,15 à 1,28) s'insèrent dans la gamme des données rapportées par la bibliographie : 1,15 g/l [18], 1,30 g/l [8].

Les données relatives à l'étude de la composition de la fraction azotée, notamment la faible teneur en ANP et la forte teneur en caséines, suggèrent que le lait de la race locale aurait, à priori, une meilleure aptitude fromagère par rapport au lait de la race alpine. C'est ce que nous tenterons de vérifier dans la deuxième partie.



Paramètres chimiques	Race alpine	Race locale
Matière grasse (***)	36,9 ± 0,7	48,1 ± 1,0
Lactose (%) (NS)	47,1 ± 1,3	50,3 ± 0,4
Matière azotée totale (**)	38,5 ± 3,7	45,8 ± 4,3
Matière azotée non protéique (*)	5,6 ± 1,6	2,9 ± 0,7
Protéines totales (g/kg) (*)	32,9 ± 2,5	42,9 ± 3,8
Caséines (g/kg) (*)	30,0 ± 2,2	35,6 ± 3,2
Protéines solubles (*)	2,9 ± 1,1	7,3 ± 1,2
Azote non protéique/Matière azotée totale (%) (*)	14,5 ± 1,5	6,3 ± 1,2
Caséines/ Matière azotée totale (%)	77,9 ± 2,1	77,7 ± 2,0
Cendres (NS)	7,4 ± 0,1	7,1 ± 0,1
Chlorures (NS)	1,25 ± 0,20	1,35 ± 0,16
Calcium (NS)	1,15 ± 0,01	1,28 ± 0,01
Extrait sec total (***)	129,6 ± 3,9	151,0 ± 2,7

NS : Non significatif à un seuil de 5%

\* : Significatif (p<0,05)

\*\* : Hautement significatif (p<0,01)

\*\*\* : Très hautement significatif (p<0,001).

ET : Ecart type de la variable.

TABLEAU 3 : Caractérisation chimique des laits étudiés  
(Valeur moyenne ± ET) (en g/kg)

## CARACTÉRISATION DES TRANSFORMATIONS FROMAGÈRES

Le tableau IV relate les données sur les caractéristiques des fabrications fromagères. Le poids moyen des caillés rapporté à 1 kg du lait des deux races pris séparément présente une différence très hautement significative (p<0,001) en faveur de la race locale (+65,4 soit +27,5%). Ce résultat se répercute en sens inverse sur les poids des lactosérums émanant des laits des deux races. Ce poids rapporté à 1 kg de lait est plus élevé pour la race alpine (+51,4 g/kg soit +8,3%).

L'indice de caséines qui est légèrement plus élevé dans le lait de la race alpine (77,9 contre 77,7%) se répercute par des teneurs en MAT et en MAS légèrement plus faibles dans le lactosérum de la race alpine (-1,5 g/kg de lait soit -20% pour la MAT et -1,9 g/kg de lait soit -45,2% pour la MAS).

La teneur en MG du lait plus faible pour la race alpine (p<0,001) (-11,2 g/kg soit -30,3%) se répercute sur les teneurs en MG et en EST des caillés qui sont plus élevées pour la race locale (+14,8 g/kg de lait soit +33,2% pour la matière grasse et +27,9 g/kg de lait soit + 33,2% pour l'extrait sec total). Cette situation est compatible avec la teneur en extrait sec dégraissé (ESD) du caillé qui est également plus élevée pour la race locale (+13,1 g/kg de lait soit 33,1%). En effet, la composition du caillé et du lactosérum est directement influencée par celle du lait [44]. Selon FOX [20], la composition chimique du lait, plus particulièrement les concentrations en caséines, MG, calcium et pH ont une influence majeure sur plusieurs aspects de la production fromagère, spécialement l'aptitude à la coagulation par la présure, la fermeté du gel, l'aptitude à la synérèse

et, par-là, la composition du fromage et le rendement fromager. La teneur en ESD du caillé ne présente pas de différence significative entre les deux races. Ceci confirme l'effet de la MG sur l'EST du caillé. Malgré ces différences, le rapport Gras/Sec (G/S) des caillés ne présente pas de différence significative entre les deux races.

L'aptitude à l'égouttage des caillés (HFD équivalents) et la capacité de rétention de la MG dans le caillé ne présentent pas de différences significatives. Dans la pratique, le rapport MG/Protéines du lait est un paramètre clé qui nécessite un contrôle systématique pour une standardisation éventuelle. En effet, une forte teneur en matière grasse affecte négativement le déroulement de l'égouttage : un rapport MG/protéines>1,40 se répercute par des difficultés lors de l'égouttage et influence négativement la texture du caillé et par-là le déroulement de l'affinage dans le cas de fromage affiné [22]. Dans notre cas, ce rapport est de 1,12 pour les deux types de lait. Ceci témoigne d'une bonne reproductibilité au niveau des conditions de fabrication. Il en résulte des HFD similaires pour les deux types de caillé (79,6% pour la race locale contre 81,0% pour la race alpine).

Les bilans "Entrée - Sortie" des principaux constituants ne sont pas influencés par la race. L'évaporation et les pertes du caillé sur les grilles d'égouttage justifient les bilans négatifs. La rétention de l'azote, de la MG et de l'ESD dans le caillé est plus élevée pour la race locale ce qui concorde avec les résultats précédents.

La teneur en caséines est de 35,6 ± 3,2 et 30,0 ± 2,2 g/kg respectivement pour la race locale et alpine. A ces valeurs correspondent des rendements fromagers en frais qui sont très

	Race locale	Race alpine	Statistique
<b>Composition du caillé</b>			
Poids	238,0 ± 13,3	172,6 ± 12,6	(***)
MAT (g/kg)	34,3 ± 8,9	22,7 ± 4,9	NS
MAS (g/kg)	2,3 ± 0,6	1,4 ± 0,5	NS
MG (g/kg)	44,5 ± 2,3	29,7 ± 2,0	NS
MS (g/kg)	84,1 ± 1,7	56,2 ± 2,9	NS
ESD (g/kg)	39,6 ± 2,8	26,5 ± 3,8	NS
G/S (%)	52,9 ± 2,9	52,8 ± 4,8	NS
HFD (%)	79,6 ± 1,2	81,0 ± 2,6	NS
pH	4,08 ± 0,44	4,14 ± 0,33	NS
<b>Composition du lactosérum</b>			
Poids	568,8 ± 19,0	620,2 ± 10,4	NS
MAT	7,5 ± 2,8	6,0 ± 2,1	NS
MAS (g/kg)	6,1 ± 1,6	6,8 ± 0,6	NS
Cendres (g/kg)	3,4 ± 1,4	1,7 ± 0,9	NS
MG (g/kg)	1,9 ± 0,8	0,6 ± 0,3	NS
MS (g/kg)	36,4 ± 3,2	34,7 ± 3,7	NS
ESD (g/kg)	34,5 ± 3,1	34,1 ± 3,3	NS
Ca (g/kg)	0,84 ± 0,33	0,60 ± 0,32	NS
<b>Bilans : Entrées - Sorties (en %)</b>			
MB	- 19,3 ± 8,1	- 20,7 ± 7,3	NS
MAT	- 0,4 ± 0,1	- 1,0 ± 0,1	NS
MG	- 0,2 ± 0,1	- 0,7 ± 0,1	NS
MS	- 3,1 ± 1,0	- 3,9 ± 1,0	NS
ESD	- 3,0 ± 1,0	- 3,2 ± 1,0	NS
<b>% de récupération dans le caillé</b>			
R <sub>f</sub>	23,8 ± 0,1	17,3 ± 0,1	(***)
MAT	74,9 ± 6,5	58,9 ± 10,2	(**)
MG	92,5 ± 6,4	80,5 ± 5,7	(**)
MS	55,6 ± 5,3	43,3 ± 3,6	(**)
ESD	38,4 ± 5,3	28,5 ± 5,0	(**)

NS: Non significatif à un seuil de 5%. \* : Significatif (p<0,05). \*\* : Hautement significatif (p<0,01)

\*\*\* : Très hautement significatif (p<0,001). SE\* : Erreur standard de la moyenne

TABLEAU 4 : Influence de la race sur les fabrications fromagères  
(moyenne ± écart type en g/kg du lait)

significativement différents : 23,8 et 17,3%. Ces valeurs sont proches de celle rapportée par GUERZONI *et al.* [26] : 20,3% qui est enregistrée sur du lait de chèvre pasteurisé à 72°C/15 sec. Le rendement fromager plus faible pour la race alpine est lié à la composition de son lait. L'influence de la teneur en protéines du lait de chèvre sur le rendement fromager a été mise en évidence par PORTMAN *et al.* [42] et RICORDEAU et MOCQUOT [48] qui ont observé que la teneur en caséines qui dépend de la teneur en caséine  $\alpha_{S1}$  conditionne le rendement fromager. Selon MAUBOIS et MOCQUOT [34], ce rendement est conditionné à la fois par la teneur en protéines et en matière grasse, et ceci plus particulièrement pour les fromages frais. Selon GILLES et LAWRENCE [21], la concentration en caséines influence le rendement fromager. Pour une différence en teneur en caséines de +5,6 soit +15,7% en faveur de la race locale, une différence en rendement fromager frais de +6,5 g/kg soit +27,3% a été enregistrée en faveur de cette race. Pour 1 g de caséine supplémentaire dans le lait on obtient 1,16 g de *jben* de plus.

Les rendements fromagers ajustés et secs sont respectivement de 30,5 et 8,4% pour la race locale et 26,9 et 5,7% pour la race alpine. Selon COLIN *et al.* [16], ces rendements augmentent significativement avec l'augmentation du niveau de protéines dans le lait. Nos résultats confirment cette observation : les teneurs en protéines du lait ont été respectivement de 42,9 et 32,9 g/kg pour les races locale et alpine. D'après REMEUF *et al.* [46], le coefficient de récupération de la matière sèche semble plus particulièrement influencé par les paramètres qui conditionnent l'aptitude à la coagulation par la présure, à savoir la teneur en caséines, les proportions de caséines  $\alpha_S$ , le degré de minéralisation calcique des micelles et leur diamètre moyen.

L'estimation des variations des rendements fromagers à partir de celles des teneurs en protéines et en matière grasse est présentée dans le tableau V. La teneur en protéines explique 79 et 55% des variations du rendement fromager ajusté respectivement pour la race locale et alpine, alors que la teneur en caséines explique ces variations à hauteur de

80% et 61%. Selon RICORDEAU et MOCQUOT [48], le taux de protéines du lait permet d'expliquer jusqu'à 76% des variations du rendement fromager. Les niveaux de prédiction du rendement sec pour la race locale en se basant sur la teneur en protéines d'un côté et celle en caséines de l'autre sont respectivement de 82% et 88%. Pour la race alpine, ces valeurs sont respectivement de 70 et 71%. Les explications apportées par les protéines totales et les caséines deviennent de plus en plus importantes en passant du rendement frais au

rendement sec. Selon COLIN *et al.* [16], les teneurs en protéines et en matière grasse permettent d'expliquer 77% des variations du rendement fromager frais. Des résultats similaires ont été rapportés par PORTMANN *et al.* [42] et RICORDEAU et MOCQUOT [48]. Selon BARILLET *et al.* [7], le taux de matière sèche utile du lait, somme du taux butyreux et du taux protéique, ainsi que le rapport TB/TP, constituent des critères précis et pertinents de prédiction du rendement fromager et du gras sur sec du fromage affiné.

Variables expliquées	Variables explicatives (en g/l de lait)	Equations de régression	R <sup>2</sup> (en %)	Ecart type résiduel
Rdt frais (kg/100 kg de lait)	TP TB	$R_{fL} = 0,0015.TP - 0,028.TB + 25,64$	81,14	0,048
	TP	$R_{fL} = 0,0023.TP + 24,22$	66,36	0,095
	TC TB	$R_{fL} = 0,0002.TC - 0,028.TB$	58,42	0,051
	TP TB	$R_{fA} = - 0,0023.TP - 0,012.TB + 17,73$	60,09	0,078
	TP	$R_{fA} = - 0,0015.TP + 17,26$	42,35	0,074
Rdt ajusté en MS ((kg/100 kg de lait)	TC TB	$R_{fA} = - 0,0019.TC - 0,010.TB + 17,64$	49,81	0,079
	TP	$R_{AjL} = 0,0302.TP + 22,75$	78,83	0,693
	TC	$R_{AjL} = 0,0449.TC + 22,62$	80,06	0,656
Rdt sec (kg/100 kg de lait)	TP	$R_{AjA} = 0,1161.TP + 13,30$	55,67	0,770
	TC	$R_{AjA} = 0,1122.TC + 14,48$	60,71	0,900
	TP	$R_{SecL} = 0,0900.TP + 22,75$	82,20	0,16
	TC	$R_{SecL} = 0,0110.TC + 22,62$	88,11	0,16
	TP	$R_{SecA} = 0,1122.TP + 14,48$	69,70	0,90
	TC	$R_{SecA} = 0,0245.TC + 4,92$	71,18	0,34

Rdt : Rendement. TB : Teneur en matière grasse. TP : Teneur en protéines. TC : Teneur en caséines.  $R_{fL}$  : Rendement frais race locale.  $R_{fA}$  : Rendement frais race alpine.  $R_{AjL}$  : Rendement ajusté race locale.  $R_{AjA}$  : Rendement ajusté race alpine.  $R_{fSecL}$  : Rendement sec race locale.  $R_{fL}$  : Rendement sec race alpine.

TABLEAU 5 : Equations de régression du rendement fromager établies à partir de la composition chimique du lait et des caractéristiques de fabrications fromagères

## CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU JBEN (TABLEAU VI)

Le pH moyen du *jben* est similaire entre les fabrications avec le lait des races alpine ou locale (respectivement  $4,14 \pm 0,33$  et  $4,08 \pm 0,44$ ). Ces valeurs sont proches de celles rapportées par HAMAMA [28] ( $3,70$  à  $4,80$ ). Les pH bas enregistrés s'expliquent par le mode de coagulation qui est à prédominance lactique et par une prolongation de l'acidification lors de l'égouttage. Selon MAHAUT *et al.* [32], pour les fromages de chèvre à caractère lactique, l'égouttage s'accompagne d'une acidification jusqu'au pH 4,4 - 4,5.

L'acidité titrable moyenne est de  $1,24 \pm 0,15\%$  pour la race alpine et de  $1,36 \pm 0,20\%$  pour la race locale. Ces valeurs sont plus élevées que celle enregistrée par HAMAMA [29] ( $1,04\%$ ). Sur le plan comparatif, le pH et l'acidité ne présentent pas de différence significative.

La teneur moyenne du *jben* en EST est de  $330,7 \pm 16,9$  et  $350,4 \pm 6,9$  g/kg respectivement pour les races alpine et locale. Il en résulte une humidité moyenne du fromage qui est respectivement de 67 et 65%. Elle est plus élevée que celles rapportées par HAMAMA [29] concernant le *Jben* traditionnel ( $62,5\%$ ) et par BENKERROUM et TAMIME [9]

concernant le *jben* produit dans la zone nord ( $64,4\%$ ). En effet, la procédure traditionnelle met en jeu un égouttage très prolongé dépassant 3 jours [9]. Les valeurs relevées s'insèrent dans la gamme relative aux fromages frais moulés : 60 à 80% d'humidité [12] ce qui permet de classer le *jben* produit industriellement parmi ces fromages. La teneur moyenne en EST pour la race alpine est proche de celle avancée par EL MARRAKCHI et HAMAMA ( $335$  g/kg) [19], alors que celle de la race locale est plus élevée. La teneur moyenne en EST des fromages analysés a tendance à s'accroître avec la teneur en protéines du lait qui est de  $42,9$  et  $32,9$  g/kg respectivement pour les races locale et alpine. Ces valeurs concordent avec celles rapportées par COLIN *et al.* [16]. La teneur moyenne du *jben* en MG est respectivement de  $174,7 \pm 11,8$  et  $185,6 \pm 9,6$  g/kg pour les races alpine et locale. Elles sont proches de celles avancées par EL MARRAKCHI et HAMAMA ( $183$  g/kg) [19] et par BERTHIER ( $175$  g/kg) [12]. Le *jben* industriel présente pour les deux races un rapport gras/sec d'environ 53%. Ce taux est supérieur à 45% qui est la valeur minimale pour les fromages de chèvre [12]. Cette situation est liée à l'absence de standardisation de la teneur en MG du lait lors des essais de fabrication. La teneur moyenne en MAT est respectivement de  $133,8 \pm 29$  et  $143,0 \pm 37,1$  g/kg pour les

Paramètres chimiques	Race alpine	Race locale
pH (NS)	4,14 ± 0,33	4,08 ± 0,44
Acidité (NS)	1,36 ± 0,21	1,24 ± 0,15
EST (NS)	330,7 ± 16,9	350,4 ± 6,9
Cendres (NS)	6,7 ± 3,7	7,6 ± 1,7
MG (NS)	174,7 ± 11,8	185,6 ± 9,5
Lactose (NS)	23,3 ± 4,8	25,8 ± 5,4
Chlorures (g/kg) (NS)	0,25 ± 0,11	0,21 ± 0,13
MAT (g/kg) (NS)	133,8 ± 28,9	143,0 ± 37,1
NST (g/kg) (NS)	8,2 ± 3,2	9,5 ± 2,3
Calcium (g/kg) (*)	1,40 ± 0,47	1,01 ± 0,10
Magnésium (g/kg) (*)	0,56 ± 0,14	0,21 ± 0,06

NS : Non significatif à un seuil de 5%

\* : Significatif (p<0,05)

TABLEAU 6 : Paramètres caractéristiques de la composition chimique globale du fromage frais de chèvre (Jben) (en g/kg)

racés alpine et locale. Ces teneurs sont supérieures à celles observées par BERTHIER [12] (111 g/kg), mais plus faibles que celles trouvées par EL MARRAKCHI et HAMAMA [19] (164 g/kg). La teneur en MAT est plus élevée pour la race locale en liaison avec une différence de composition de la matière première; le lait de la race locale étant plus riche en protéines que le lait de la race alpine. Les teneurs moyennes en cendres sont respectivement de  $6,7 \pm 3,7$  et  $7,6 \pm 1,7$  g/kg pour les races alpine et locale. Les teneurs moyennes du *jben* en chlorures sont respectivement de  $0,25 \pm 0,11$  et  $0,21 \pm 0,13$  g/kg pour les races alpine et locale. Elles sont plus faibles que celle relevée par EL MARRAKCHI et HAMAMA [19] (0,33%). Cette différence peut être expliquée par la variation de la quantité de sel ajoutée lors du salage qui est réalisé manuellement. La comparaison entre les fromages des deux races n'a pas montré de différence significative. Les teneurs moyennes en calcium et en magnésium pour la race locale sont respectivement de  $1,01 \pm 0,10$  et  $0,21 \pm 0,06$  g/kg. Elles sont comparables à celles rapportées par BERTHIER [12] pour le fromage frais moulu de chèvre (1,02 et 0,198 g/kg). Les valeurs enregistrées pour la race alpine sont plus élevées ( $1,40 \pm 0,47$  et  $0,56 \pm 0,14$  g/kg). Statistiquement, le produit à partir du lait des 2 races présente une différence significative (p<0,05) pour le calcium et le magnésium.

## 4. Conclusion

Ce travail a permis de déterminer la composition chimique des laits de chèvre des races locale et alpine, d'évaluer leur transformation en *jben* et de caractériser ce fromage. Les données relatives à la composition chimique du lait révèle des teneurs en EST et en matière sèche utile plus élevée pour la race locale en liaison avec le mode de conduite et l'alimentation. Il en résulte des coefficients de récupération de la matière sèche, de la MG et de la MAT dans le caillé, et des rendements fromagers qui sont plus élevés pour les fabrications fromagères à partir du lait de la race locale.

Le *jben* industriel produit est caractérisé par des teneurs en EST et en MG plus élevées pour la race locale. En revanche, le rapport G/S du *jben* et l'HFD ne présentent pas de différence entre les deux races. Le rapport matière grasse/protéines est de 1,12 ce qui témoigne d'une bonne reproductibilité lors de la fabrication.

Ces résultats mettent en évidence l'intérêt que pourrait présenter une sélection des chèvres laitières en combinant la rusticité de la race locale et le niveau de production laitière de la race alpine. Il est donc nécessaire de trouver un équilibre pour augmenter la production du lait sans pénaliser sa composition chimique (discuter des avantages des 2 races en terme de conduite de l'élevage).

Bien qu'il existe des différences entre races à la fois dans la production, la composition du lait et l'aptitude à la transformation en fromage, les effets de la race sont souvent confondus avec ceux du système de production qui sont très variés.

Les données analytiques du *jben* industriel (pH, humidité et gras/sec) permettent de le classer dans la catégorie des *fromages frais moulés et gras* et initie le passage d'une appellation populaire à une appellation locale contrôlée.

Ce type de recherche est sensé sensibiliser les éleveurs vis-à-vis d'un investissement génétique à long terme et les transformateurs vis-à-vis de l'opportunité de valoriser le lait de chèvre notamment sous forme de fromage.

## Bibliographie

- 1.- AFNOR : Contrôle de la qualité des produits laitiers, ISTV, 3<sup>ème</sup> édition, Afnor, ISTV, 1986.
- 2.- AGNIHOTRI M.K., PRASAD V.S.S. : Biochemistry and processing of goat milk products. *Small Ruminant Res.*, 1993, **12**, 151-170.
- 3.- ANIFANTAKIS E.M., KANDARAKIS J.G. : Contribution of the study of the composition of goat's milk. *Milchwissenschaft*, 1980, **35**, 617-619.
- 4.- Anonyme : FAOSTAT, Online data base, 2000.



- 5.- AOAC : Official methods of analysis. 3<sup>rd</sup> ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, US, 1990.
- 6.- AOAC : Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> ed., 2<sup>nd</sup> Suppl. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, US, 1991.
- 7.- BARILLET F., ASTRUC J.M., BOCQUIER F., JACQUIN M., FRAYSSE G., LAGRIFOUL G., MARIE C., PELLEGRINI O., REMEUF F. : Influence des facteurs de production sur la composition chimique du lait valorisé en fromage : le cas du lait de brebis. *Symposium International EAAP - CIHEAM FAO*, "Les fondements de la qualité des produits typiques méditerranéens d'origine animale" Badajoz y Zafra, Espagne, 1996.
- 8.- BAYOUMI S. : Studies on composition and rennet coagulation of camel milk. *Kieler Milchw. Forsch.*, 1990, **42**, 3-8.
- 9.- BENKERROUM N., TAMIME A.Y. : Review : Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (*lben*, *jben* and *smen*) to small industrial scale. *Food Microbiol.*, 2004, **21**, 399-413.
- 10.- BENLEKHAL A. : Le secteur laitier : quelle mise à niveau ? *Eleavage Bovin*, Association National des Eleveurs des Bovins (ANEB), 2005, **5**, 1.
- 11.- BERINSTAIN-BAILLY C. : Les produits à base de lait de chèvre dans les pays en développement. *Capricorne*, 1992, **5**, 9-14.
- 12.- BERTHIER A.M. : La composition des fromages de chèvre. *Rev. Laitière Fr.*, 1992, **516**, 44-45.
- 13.- BOCQUIER F., CAJA G. : Production et composition du lait de brebis : effets de l'alimentation, *INRA Prod. Anim.*, 2001, **14**, 129-140.
- 14.- BRENDEHAUG J., ABRAHAMSEN R. : Chemical composition of milk from herd of Norwegian goats. *J. Dairy Res.*, 1986, **53**, 211-221.
- 15.- CERBULIS J., FARREL H.M. : Composition of milks of dairy cattle. I. Protein, lactose and fat contents and distribution of protein fraction. *J. Dairy Sci.*, 1975, **58**, 817-827.
- 16.- COLIN O., LAURENT F., VIGNON B. : Variations du rendement fromager en pâte molle. Relations avec la composition du lait et les paramètres de la coagulation. *Le lait*, 1992, **72**, 307-319.
- 17.- DAGNELIE P. : Principes d'expérimentation : planification des expériences et analyse de leurs résultats, 397p, Presses agronomiques, Gembloux, 2003.
- 18.- DESJEUX J.F. : Le lait de chèvre et santé : Valeur nutritionnelle du lait de chèvre. *Le lait*, 1993, **73**, 573-580.
- 19.- EL MARRAKCHI A., HAMAMA A. : Aspects hygiéniques du fromage frais de chèvre : Perspectives d'amélioration de la qualité. In : Journées sur "Perspectives de développement de la filière lait de chèvre dans le bassin méditerranéen", Etude FAO, Production et Santé Animale, Rome, 1995, **131**, 24-33.
- 20.- FOX P.F. : Factors that affect the quality of cheese. *Cheese Art*, Raguosa, 2002, 123-158.
- 21.- GILLES J., LAWRENCE R.C. : The yield of cheese. *New Zeal. J. Dairy Sci.*, 1985, **20**, 205.
- 22.- GOBIN F. : Les fromages de chèvre. *Cours International sur La production caprine*. IAM/CIHEAM, 2 - 3 Février 1998, Murcia, Espagne.
- 23.- GRAPPIN R. : Variation of the major nitrogen fractions of goat and ewe milk. *Bull. Féder. Int. Lait.*, 1986, **202**, 79-81.
- 24.- GRAPPIN R. : Bases and experiences of expressing the protein content of milk - France. *J. Dairy Sci.*, 1992, **75**, 3221-3227.
- 25.- GRAPPIN R., JEUNET R., PILLET R., TOQUIN A. : Etude des laits de chèvre : teneur du lait de chèvre en matière grasse, matière azotée et fractions azotées. *Le lait*, 1981, **61**, 117-133.
- 26.- GUERZONI M.E., VANNINI L., CHAVEZ-LOPEZ C., LANCIOTTI R., SUZZI G., GIANOTTI A. : Effect of high Pressure homogenization on microbial and chemico-physical characteristics of goat cheese. *J. Dairy Sci.*, 1999, **82**, 851-862.
- 27.- GUO M.R., DIXON P.H., PARK Y.W., GILMORE J.A., KINDST-EDT P.S. : Seasonal changes in the chemical composition of commingled goat milk. *J. Dairy Sci.*, 2001, **84** (E. Suppl.), E79-E83.
- 28.- HAMAMA A. : Qualité bactériologique des fromages frais marocains. *Options Méditerranéennes*, Série Séminaires, 1988, **6**, 223-227.
- 29.- HAMAMA A. : Improvements of the manufacture of traditional fermented products in Morocco : case of *jben* (Moroccan traditional fresh cheese). In : H.A. DIRAR (éd.) : *Emerging Technology Series - Food Processing Technologies for Africa*, UNIDO, Vienna, 1997, 85-102.
- 30.- JENNESS R.J. : Composition and characteristics of goat milk : a review. *J. Dairy Sci.*, 1980, **63**, 1605-1630.
- 31.- KALANTZOPOULOS G. : Etat de la recherche sur le lait de chèvre en Grèce. *Le lait*, 1993, **73**, 431-441.
- 32.- MAHAUT M., KOROLCZUK J., PANNETIER R., MAUBOIS J.L. : Eléments de fabrication de fromage de type pâte molle de lait de chèvre à caractère lactique par ultrafiltration de lait acidifié et coagulé. *Techn. Lait Market.*, 1986, **1011**, 24-28.
- 33.- MANN E.J. : Goat's milk : *Dairy Ind. Int.*, 1999, **4**, 11-12
- 34.- MAUBOIS J.L., MOCQUOT G. : L'appréciation des rendements en fromagerie. *Le lait*, 1971, **507**, 416-420.
- 35.- MEHAIA M.A., AL KANHAL M.A. : Studies on camel and goat milk proteins : nitrogen distribution and amino acid composition. *Nutr. Rep. Int.*, 1989, **39**, 351-357.
- 36.- MEHAIA M.A., AL KANHAL M.A. : Taurine and other free amino-acids in milk of camel, goat, cow and man. *Milchwissenschaft*, 1992, **47**, 351-353.
- 37.- MIETTON B. : La préparation des laits de fromagerie en technologie de pâtes molles. *Ind. Alim. Agric.*, 1986a, **103**, 951-963.
- 38.- MIETTON B. : Les rendements en fromagerie. Eléments de méthodologie pour une meilleure détermination et utilisation des données. *Rev. ENIL*, 1986b, **104**, 6-16.
- 39.- MORAND-FEHR P., BAS P., BLANCHART G., DACCORD R., GIGER-REVERDIN S., GIHAD E.A., HADJIPANAYIOTOU M., MOWLEM A., REMEUF F., SAUVANT D. : Influence of feeding on goat milk composition and technological characteristics. In : Proceedings of Fourth International Rangeland Congress, Montpellier, 1991, V 3, Chap 18, 209-222.
- 40.- OSBORNE D.R., VOOGT P. : The analysis of nutrients in foods, Academic Press Inc., London LTD, 1978.
- 41.- PARKASH S., JENNESS R. : The composition and characterisation of goat's milk : a review. *Dairy Sci. Abstract*, 1968, **30**, 67-87.
- 42.- PORTMANN A., PIERRE A., VEDRENNE P. : Relation entre teneurs en matière grasse et azotée du lait de chèvre et rendement en fromage. *Rev. Laitière Fr.*, 1968, **251**, 97-101.
- 43.- RABASCO A., SERRADILLA J.M., PADILLA J.A., SERRANO A. : Genetic and non-genetic sources of variation in yield and composition of milk in *Verata* goats. *Small Ruminant Res.*, 1993, **11**, 151-161.
- 44.- RAHALI V., MENARD J.L. : Influence des variants génétiques de la  $\beta$ -lactoglobuline et de la k-caséine sur la composition du lait et son aptitude fromagère. *Le lait*, 1991, **71**, 275-299.
- 45.- REMEUF F. : Relations entre caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. Spéciale qualité du lait. *Rec. Méd. Vét.*, Juin-Juillet 1994, 359-365.
- 46.- REMEUF F., COSSIN V., DERVIN C., LENOIR J., TOMASSONE R. : Relations entre les caractères physico-chimiques des laits et leur aptitude fromagère. *Le lait*, 1991, **71**, 397-421.
- 47.- RICORDEAU G. : Etat des recherches sur le lait de chèvre en France. *Le lait*, 1993, **73**, 443-453.
- 48.- RICORDEAU G., MOCQUOT G. : Influence des variations saisonnières de la composition du lait de chèvre sur le rendement en fromage. Conséquences pratiques pour la sélection. *Ann. Zootech.*, 1967, **16**, 165-181.
- 49.- ROWLAND S.J. : The determination of the nitrogen distribution in milk. *J. Dairy Res.*, 1938, **9**, 42-46.
- 50.- SERRES L., AMARIGIOS, PETRANSEXIEM : Analyses physiques et chimiques. In : Contrôle de la qualité des produits laitiers, Direction des services vétérinaires, Ministère de l'Agriculture, France, 1973.
- 51.- SPSS : SPSS for windows, Rel.11.01.2001, Chicago, SPSS Inc.
- 52.- VANDEWEGHE J. : Le rendement en fromage, prédétermination et mesure. In : A. ECK (éd.) : *Le fromage*, Technique & Documentation - Lavoisier, 2<sup>ème</sup> édition, Paris, 1987, 467-475.
- 53.- VOUTSINAS L.P., DELEGIANNIS C., KATSIARI M.C., PAPPAS C.P. : Chemical composition of Boutsico ewe milk during lactation. *Milchwissenschaft*, 1988, **73**, 766-771.
- 54.- VOUTSINAS L.P., PAPPAS C.P., KATSIARI M.C. : The composition of alpine goat's milk during lactation in Greece. *J. Dairy Res.*, 1990, **57**, 41-51.