

Année Universitaire : 2009-2010

Filière ingénieurs Industries Agricoles et Alimentaires



Rapport de stage de fin d'études

Etude des facteurs de variation de la qualité chimique du lait frais

Réalisé par l'élève-ingénieur:

ELMOUATASSIM Meriam

Encadré par:

- D^r. BERRADA. O : Nestlé El-Jadida
- P^r. TLEMCANI. R : FST de Fès

Présenté le 28 Juin 2010 devant le jury composé de:

- P^r. TELMCANI. R
- P^r. KANDRI R.
- P^r. KHALIL. F
- P^r. FIKRI BENBRAHIM. K
- P^r. MAAZOUZI. N

Stage effectué à : Nestlé El-Jadida



Filière Ingénieurs IAA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat

Nom et prénom: ELMOUATASSIM Meriam

Année Universitaire : 2009/2010

Titre: Etude des facteurs de variation de la qualité chimique du lait frais

Résumé

Au Maroc, la priorité a été attribuée à l'augmentation du volume de lait produit sans véritable considération pour l'amélioration de sa qualité.

La mise à niveau du secteur et sa compétitivité ont fait que la qualité du lait est devenue une priorité pour tous les acteurs de la filière (éleveurs, industriels et consommateurs)

L'objectif de ce travail est de contribuer à l'étude des facteurs de la variabilité de la qualité chimique du lait frais au niveau des exploitations.

Dans ce cadre, on a visité plusieurs exploitations au niveau du rayon laitier de l'unité industrielle « Nestlé El-jadida », dont l'objectif est de réaliser des enquêtes détaillées ainsi des analyses de la qualité chimique du lait.

Les échantillons de lait analysés au cours de cette étude révèlent une variation de la composition chimique concernant principalement le taux butyreux (teneur en matières grasses), le taux protéique et l'extrait sec total.

Cette étude a permis de définir 4 classes d'élevage sur la base de la qualité du lait. La faiblesse du taux butyreux est expliquée essentiellement par le taux élevé d'incorporation de concentrés, la race exploitée et l'impact de l'homme (la technicité...). L'évolution du taux butyreux et du taux protéique est expliquée par des effets cumulatifs des différents types d'aliments et du stade de lactation. La variation de l'extrait sec totale dépend de la variation du taux butyreux et du taux protéique.

Les résultats obtenus montrent que d'importants efforts sont encore nécessaires pour mettre à niveau les pratiques de gestion des exploitations bovines et la gestion des calendriers fourragers pour l'alimentation des troupeaux. Il convient de définir un système de paiement adapté à la réalité du milieu d'élevage pour chaque région.

Mots clés: variation de la qualité chimique du lait, taux butyreux, taux protéique, extrait sec total, pratiques d'élevage, Nestlé.

Liste des abréviations

ACP : Analyse en composantes principales.

CCL : Centre de Collecte du Lait.

CHA	: Classification hiérarchique ascendante.
CRI	: Centre Régional d'Investissement.
ESD	: Extrait Sec Dégraissé.
EST	: Extrait Sec Total.
FAO	: Food and Agriculture Organization
MADRPM	: Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes.
MG	: Matières Grasses.
MP	: Matières protéiques.
MS	: Matière sèche.
ORMAVD	: Office Régional de la Mise en Valeur Agricole de Doukkala.
SNIMA	: Le Service de Normalisation Industrielle Marocaine
TB	: Taux butyreux.
TP	: Taux protéique.

Liste des figures

Figure 1 : L'organigramme de Nestlé.....	4
Figure 2 : Evolution de la production laitière au Maroc entre 1980 et 2003	9
Figure 3 : La filière lait au Maroc.....	9
Figure 4 : Evolution du prix du lait à la production en haute et basse lactation et à la consommation (MADRPM, 1999).....	11
Figure 5 : Evolution de la consommation du lait au Maroc de 1980.....	12
Figure 6 : La composition chimique du lait.....	14
Figure 7 : Evolution de la production et de la composition chimique du lait au cours de la lactation	20
Figure 8 : Carte de la région des Doukkala avec l'emplacement des centres de collecte relevant de l'usine laitière	26

Figure 9 : La carte géographique de la région Chaouia	28
Figure 10 : photo de Milkoscan Minor.....	31
Figure 11 : Pourcentage des différentes races dans le cheptel enquêté.....	34
Figure 12 : Répartition des vaches selon le rang de lactation.....	35
Figure 13 : Répartition des vaches selon la production laitière journalière par vache.....	35
Figure 14 : Répartition des exploitations selon le rapport Fourrages/ Concentrés.....	36
Figure 15 : Répartition des laits collectés selon leur teneur en matière grasse (TB).....	36
Figure 16 : Répartition des laits selon leur taux protéique.....	37
Figure 17 : Répartition des laits selon la teneur en extrait sec total.....	37
Figure 18 : Le cercle de corrélation.....	39
Figure 19 : Dendrogrammes de la classification hiérarchique ascendante.....	41

Liste des tableaux

Tableau 1 : Systèmes prédominants de l'élevage bovin.....	8
Tableau 2 : Evolution de l'infrastructure industrielle de transformation entre 1983 et 1998.....	10
Tableau 3 : Evolution de la production et de la part usinée du lait.....	11
Tableau 4 : Les critères de qualité du lait.....	17
Tableau 5 : Les facteurs influençant la réponse du taux butyreux à l'ajout de lipides dans la Ration.....	22
Tableau 6 : Matrice de corrélation	39
Tableau 7 : Les modalités utilisées pour la classification.....	40

Table de matières

Liste des abréviations.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des tableaux.....	II

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Partie I : Présentation de Nestlé

I. Nestlé dans le monde	3
II. Nestlé au Maroc	3
II.1. Fiche signalétique de Nestlé Maroc	4
II.1. L'organigramme de la société	4
II.2. Service agricole	5

Partie II : Revue bibliographique

Chapitre 1 : La filière laitière au Maroc.....	7
I. Production laitière	7
I.1. Evolution des effectifs	7
I.2. Encadrement en matière de production	7
I.3. Systèmes de production	8

I.4. Evolution de la production	8
II. Collecte du lait	9
II.1. Circuit organisé	10
II.2. Circuit de colportage	10
II.3. Qualité hygiénique du lait collecté	10
III. Transformation du lait	10
IV. Prix	11
V. Consommation	11
VI. Voies de développement du secteur	12
VII. Ressources génétiques bovines.....	12
VII.1 Race locale : Performances de production laitière	12
VII.2. Race pure : Performances de production laitière	13
Chapitre 2 : Les propriétés du lait cru.....	14
I. Définition	14
II. Les caractéristiques physico-chimiques	15
II.1.Extrait sec total (EST).....	15
II.2. Extrait sec dégraissé (ESD).....	15
II.3. pH	15
II.4. Acidité titrable (Dornic).....	15
II.5. La densité	15
II.6. Les matières grasses	15
II.7. Les matières protéiques	16
III. La qualité du lait	16
III.1. Définition.....	16
III.2. Les critères de qualité du lait	16
III.3. Evaluation de la qualité du lait frais et détection des fraudes	17
Chapitre 3 : Facteurs de variation de la qualité chimique du lait cru.....	19
I. Facteurs de la variation de la teneur en matières grasses (TB).....	19
I.1. Effet de la race	19
I.2. Stade de lactation	19
I.3. Rang de lactation	20
I.4. Etat sanitaire	20
I.5. Effet du mode de stabulation	21
I.6. Effet de l'âge au premier vêlage.....	21
I.7. Effet de la saison.....	21
I.8. Effet de l'alimentation.....	21

Partie III : Matériels et méthodes

Chapitre 1 : Monographie des zones d'étude.....	26
I. La monographie de Doukkala-Abda.....	26
I.1. Situation géographique.....	26
I.2. Climat	26
I.3. Ressources hydriques.....	27
I.4. Activités agricoles.....	27
II. La monographie de la région Chaouia- Ouardigha.....	28
II.1. Situation géographique	28
II.2. Climat	28
II.3. Ressources Hydriques	29
II.4. Activités agricoles	29
Chapitre 2 : Méthodologie de travail	30
1. Choix des exploitations	30
2. Collecte des données	30
3. Echantillonnage.....	30
3.1 Matériel utilisé.....	30
3.2. Mode de prélèvement	30
3.3. Analyses des échantillons	31
4. Analyses des données chimiques.....	31

Partie IV Résultats et discussions

Chapitre1 : Résultats et discussions	34
I. Caractérisation du cheptel enquêté.....	34
I.1. Races exploitées.....	34
I.2. Rang de lactation.....	34
I.3. Production laitière.....	35
I.4. Alimentation du cheptel.....	35
II. Qualité du lait	36
II.1 Taux butyreux (TB).....	36
II.2 Taux protéique (TP)	36
II.3 Extrait sec total (EST)	37
III. Analyses statistiques multivariées	38
III.1. L'Analyse en Composantes Principales (ACP)	38
III.1.1. Définition.....	38
III.1.2. Principe.....	38
III.1.3. Résultats de l'ACP sur les critères de la qualité du lait	38
III.2. La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA).....	39
III.2.1. Définition.....	39
III.2.2. Principe	40
III.2.3. Résultats et discussion de la CHA	40
III.2.4. Caractéristiques des classes.....	41
Chapitre 2 : Conclusion et recommandations.....	44
Références bibliographiques.....	46
Annexes.....	49

Introduction générale

Le secteur laitier occupe une place importante dans les stratégies de développement agricole et dans l'économie nationale en général. Sa contribution au produit intérieur brut agricole est estimée selon les compagnes agricoles à 25% - 30 %. Cette activité est pratiquée par environ 20% de la population rurale et lui procure une importante source de revenu.

Plusieurs obstacles entravent le développement de ce secteur. Ainsi, les systèmes de production continuent à souffrir de la dominance des micro-exploitations, du niveau limité de technicité des éleveurs et de la dureté des aléas climatiques. Par ailleurs, la qualité du lait produit est très souvent moyenne voire mauvaise, chose qui se répercute sur sa composition, sa valeur nutritive et sa transformation par les unités industrielles.

L'industrie laitière exige plus que jamais une matière première de qualité qui permet d'assurer au consommateur une sécurité sanitaire irréprochable pour la production de produits laitiers finis de très bonne qualité. Un lait cru de bonne qualité nutritive et hygiénique est facilement transformé ce qui permet de minimiser le coût de fabrication et accroître la compétitivité de la filière.

La filière doit bénéficier des efforts de tous les intervenants et à tous les niveaux. Dans ce cadre s'inscrit la présente étude qui vise à mettre en relief les principaux facteurs de variation de la qualité des laits de mélange livrés à l'unité industrielle « Nestlé » qui est la principale unité qui produit du lait en poudre au Maroc.

Le présent travail s'intéresse à l'étude des composantes chimiques du lait, notamment, l'extrait sec total, sachant que cette composante influe considérablement sur les rentrés de Nestlé.

I. Nestlé dans le monde

Au milieu des années 1860, Henri Nestlé, pharmacien, développe un produit de substitution au lait maternel, espérant ainsi réduire le taux de mortalité des nourrissons qui ne peuvent être allaités. Convaincu de la qualité nutritive de son produit, Nestlé fonde à Vevey, quelques mois plus tard, sa société dénommée Farine Lacté Henri Nestlé, afin de produire et de commercialiser son mélange lacté sous le symbole du « Nid » (Nestlé signifie petit nid en allemand), symbole nourricier, qui est resté l'élément central de l'identité de l'entreprise.

En 1905, la société Farine Lactée Henri Nestlé fusionne avec Anglo-Swiss Condensed Milk, une société américaine concurrente, donnant ainsi naissance au groupe Nestlé and Anglo-Swiss Milk company. Cette dernière fusionne encore en 1947 avec Maggi puis en 1992 avec PERrier.

Le groupe Nestlé a séparé entre les activités industrielles, commerciales et recherche et développement.

II. Nestlé au Maroc

Nestlé est présente au Maroc depuis près d'un siècle. C'est en effet à la fin des années 20 que Nestlé a créé à Casablanca une société de distribution afin d'importer et de commercialiser les produits du groupe fabriqués en France, suisse et hollandaise en particulier.

Les différents services (logistique, ventes, marketing et administratif) sont basés à Casablanca et opérant pour permettre une bonne distribution des produits, aussi bien vers le marché local que vers d'autres marchés d'exploitation.

L'activité de production a démarré au site d'El Jadida en décembre 1992. Bâtie sur une superficie de 65500m², la fabrique d'El Jadida bénéficie des dernières innovations technologiques. Elle fait partie des usines les plus modernes et les plus performantes du groupe.

Les produits fabriqués à Nestlé El Jadida sont :

- Lait infantiles (diététique) : Nan 2, Nativia2, Guigoz2
- Lait : Nido 1+, Nido3+, Nido5+ miel et Nido 1+ nature
- Farine lactée : Cérélac
- Culinaire : soupes déshydratées Maggi et bouillons
- Café : Nescafé

II.1. Fiche signalétique de Nestlé Maroc

Date de lancement de projet	1991
Date d'entrée en activité	Décembre 1992
Etat juridique	Société Anonyme
Superficie	6,5 Ha
Investissement	500.000.000.00 Dh
Capital Social	156.933.000.00 Dh
Unité de production	4 zones (lait, céréales, café, culinaires)
Capacité de production annuelle	21.000.00 T
Lieu d'implantation	Zone industrielle d'El Jadida
Siège social	Casablanca Nearchore, sidi Maarouf, Casablanca
Téléphone	0523 37 98 00
Fax	0523 35 19 74

Tableau 1 : fiche signalétique de Nestlé

II.2. L'organigramme de la société

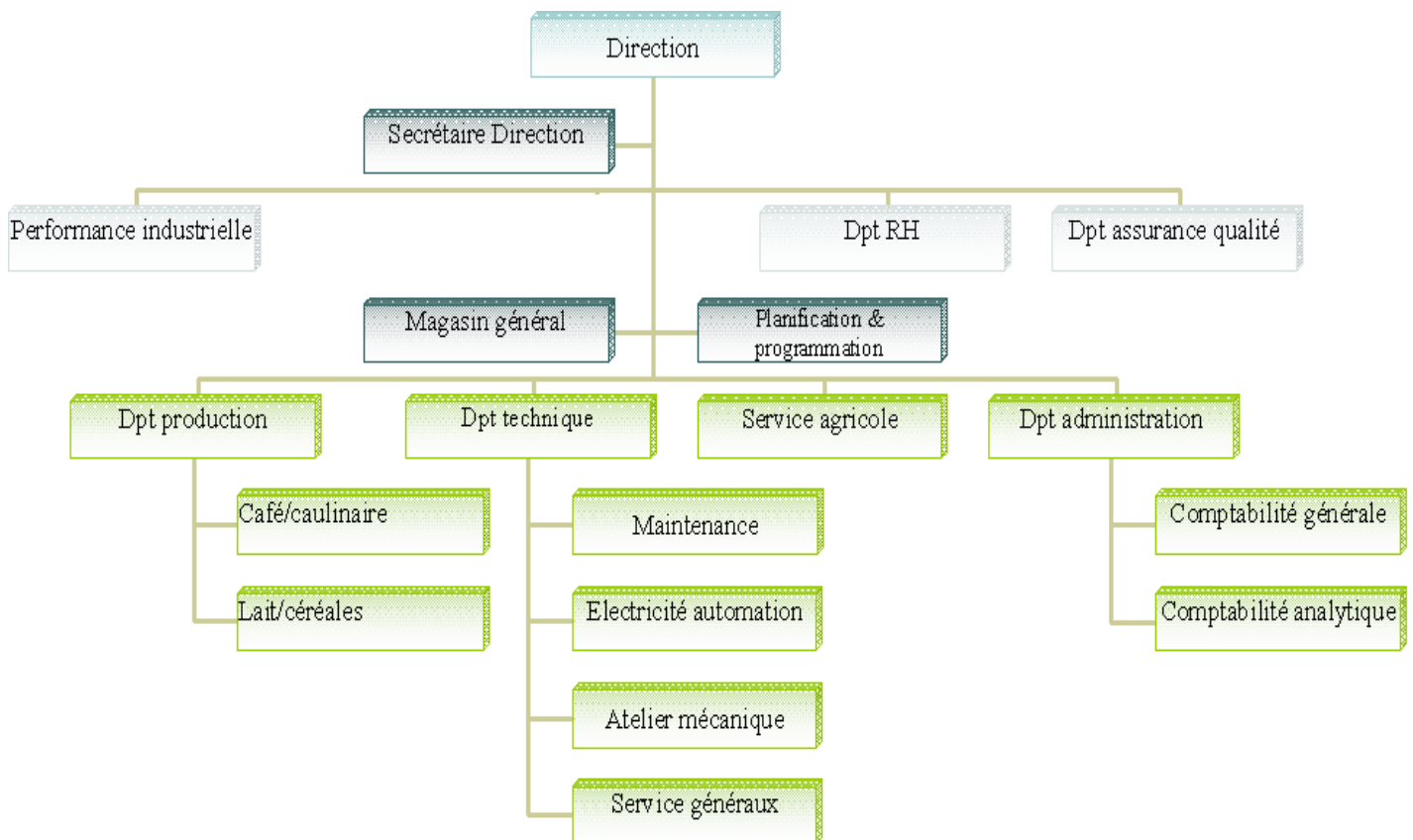


Figure 1 : L'organigramme de Nestlé

II.3. Service agricole

Le stage était effectué au service agricole qui s'occupe de garder le contact avec les coopératives qui revendent le lait et qui essaie de trouver un lait de qualité. Ce service entame les relations avec un grand nombre de coopératives et de fermes (166 coopératives et fermes, et a pour tâche d'être présent régulièrement sur le terrain. Dans cette optique, les superviseurs effectuent des visites quotidiennement dans les lieux de livraison : **les centres de collecte du lait (CCL)**, chacun dans sa région pour superviser de près la matière que l'on va recevoir à la fabrique.

Les superviseurs ont pour rôle d'encadrer les producteurs de lait et les coopératives laitières afin d'avoir un lait de bonne qualité physico-chimique et microbiologique. Ils se chargent également du suivi des dossiers de soutien et d'appui aux producteurs (achat de génisses, aliment pour bétail...)

Chapitre 1: La filière laitière au Maroc

La filière laitière au Maroc définie à travers ses quatre principaux maillons : la production, la collecte, la transformation- commercialisation et la consommation, a connu une dynamique manifeste durant les trois dernières décennies. Le plan laitier élaboré en 1975 en a constitué l'élément moteur. Cependant, la productivité du cheptel, la qualité du lait produit et la consommation de cette denrée montrent encore des insuffisances.

Le présent chapitre passe en revue des différentes étapes de la filière, de la production à la consommation en faisant ressortir les principaux traits de leur évolution.

I. Production laitière

La production laitière a connu un saut appréciable, en dépit des périodes de sécheresse que le pays a subies. Ainsi, la production est passée de 475 millions de litres en 1970 à environ 1.2 milliards de litres en 2000, avec un taux d'accroissement annuel variant de 3 à 7 % (**MADRPM, 1999**).

I.1. Evolution des effectifs

L'évolution des effectifs du cheptel laitier dépend fortement des conditions climatiques de l'année. Ainsi, les bovins, qui étaient au nombre de 3.7 millions de têtes en 1975, ont connu une chute de 30% durant les années de sécheresse de 1980-83. Depuis 1985, les troupeaux se sont reconstitués lentement pour atteindre en 1990 le même niveau qu'en 1975. La sécheresse qui a eu lieu entre 1992 et 1995 a de nouveau réduit les effectifs à 2.4 millions de têtes (Races bovines au Maroc, **Boujenane; 2002**). Le cheptel bovin est estimé à 2.73 millions de têtes (**MADRPM, 2004**).

I.2. Encadrement en matière de production

I.2.1. La monte naturelle

Un réseau de stations de monte naturelle a été mis en place afin d'améliorer la productivité du cheptel laitier localisé dans les zones dites « d'accès difficile »

Au Maroc, deux types de monte coexistent :

- ❖ Monte naturelle « non contrôlée » qui se fait chez les éleveurs par l'utilisation de leurs propres reproducteurs.
- ❖ Monte en station qui constitue un élément complémentaire de l'insémination artificielle dans l'amélioration génétique du troupeau bovin. En 1998, les stations de monte en activité ont été peuplées de 233 géniteurs et ont réalisé 16 711 saillies (**MADRPM, 1999**), dont plus de la moitié des femelles sont de race locale.

I.2.2. L'insémination artificielle

Le Maroc dispose de deux centres régionaux d'insémination artificielle C.R.I.A (Fouarat à Kenitra et Ain Jemâa à Casablanca) qui ont pour mission de couvrir les besoins du pays en semences bovines congelées et en matériel nécessaire pour l'exécution de l'insémination artificielle. Par ailleurs ils interviennent dans la formation des agents inséminateurs.

Malgré les avantages de la technique qui sont d'ordre génétiques, sanitaires et économiques, son exécution reste faible à cause de la limitation des moyens matériels d'exécution, la réticence d'un certain nombre d'éleveurs qui n'ont pas totale confiance en la technique.

I.3. Systèmes de production

Deux grands systèmes prédominent dans l'élevage laitier (tableau 2)

Le système laitier mixte, qui existe dans les zones Bour favorable et dans la périphérie des grandes agglomérations et qui est caractérisé par la prédominance d'un cheptel amélioré ou local et par la diversification des ressources alimentaires (jachère, paille, chaume, sous-produits agroalimentaires, concentré...).

Le système laitier des périmètres d'aménagement hydro agricole qui est encadré par les offices régionaux de mise en valeur agricole. Il est caractérisé par la prédominance des races pures, l'existence d'une production fourragère qui couvre plus ou moins une part importante des besoins du cheptel (40 à 60%) et par l'intégration au réseau de commercialisation du lait.

Tableau 2 : Systèmes prédominants de l'élevage bovin (Benlekhal ; 2005)

Systèmes	Caractéristiques	Zones	Importance et tendance
Système laitier intensif	Prédominance des races pures laitières. Une base fourragère produite+complémentation Elevage intégré aux réseaux de transformation	Périmètres irrigués	(> 20%) en évolution
Système mixte	Double fin (lait-viande) Cheptel amélioré (pur, croisé) ou local Ressources alimentaires diversifiées Vente d'animaux « maigres »	Zones Bour favorables (> 350mm) Zones céréalières périurbaines	(30%)

I.4. Evolution de la production

Depuis le lancement du plan laitier en 1975 (mise en place de structures de production, de collecte et de transformation), ce secteur a connu une progression notable passant de 521,6 millions de litres en 1975 à 1,020 milliards de litres en 1998, soit un taux de progression moyen annuel de 3.2 %. Des chutes de production laitière se sont fait également sentir pendant les périodes de sécheresses de 81-83 et 93-95. La part de la production qui passe par l'industrie laitière (lait usiné) a connu aussi une croissance rapide, passant de 108 millions de litres en 1975 à 615 millions de litres en 1998 (Races bovines au Maroc, **Boujenane; 2002**).

La figure 2 illustre l'évolution de la production laitière au Maroc, au cours de la période 1980 et 2003

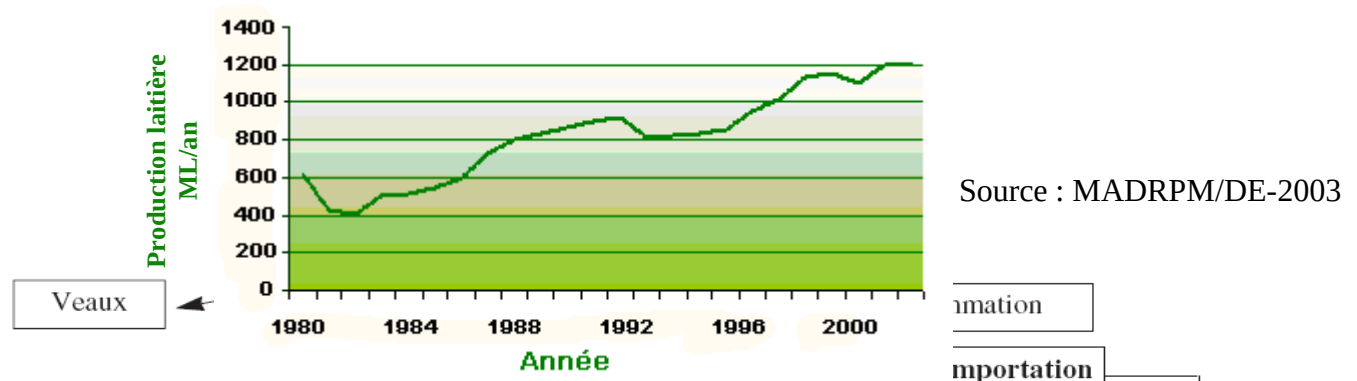


Figure 2 : Evolution de la production laitière au Maroc entre 1980 et 2003

La production laitière en 2003 est estimée à 1,200 millions de litres, soit une variation de 0% par rapport à l'année 2002 (**MADRPM, 2003**). Cependant, la productivité du cheptel, la qualité du lait produit et la consommation de cette denrée montrent encore des insuffisances (**Araba et al, 2001**).

II. Collecte du lait

L'acheminement du lait « de l'étable à la table » se fait à travers deux principaux circuits, le circuit organisé et le circuit de colportage, représentés à travers le schéma global de la filière (figure 3)

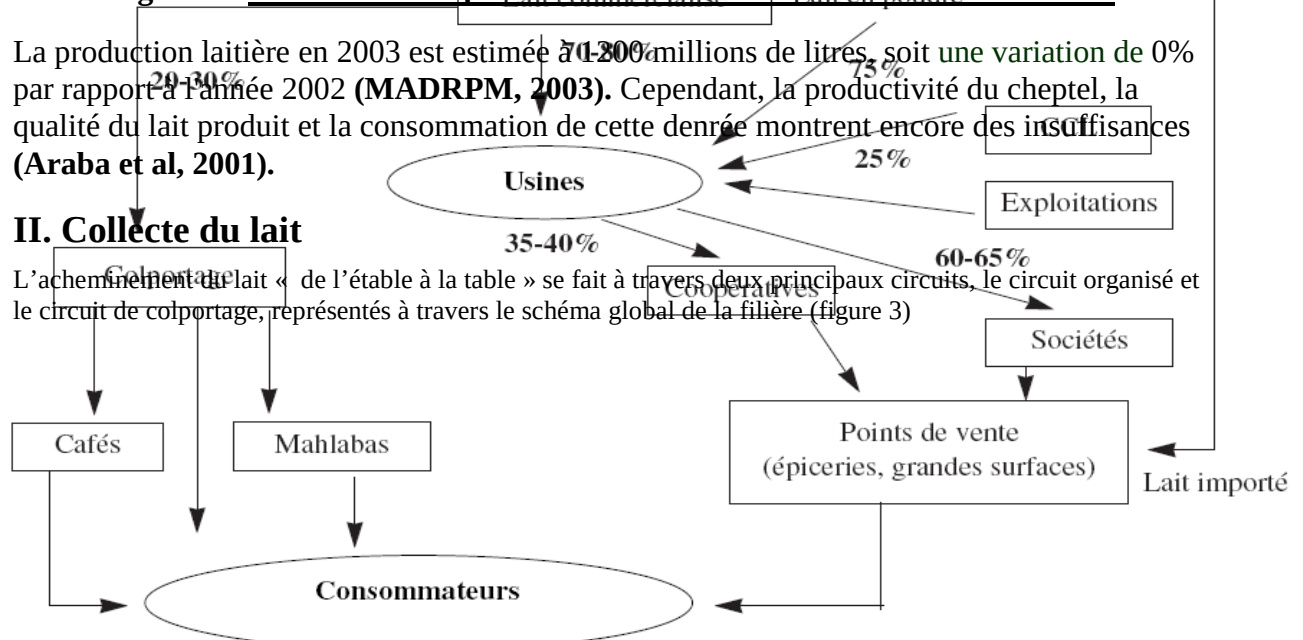


Figure 3 : La filière lait au Maroc

II.1. Circuit organisé

La collecte organisée a connu un développement important en approvisionnant l'industrie laitière à hauteur de 75%. L'état et le secteur privé se sont engagés à construire et à équiper les centres de collecte du lait, ce qui a contribué à pourvoir les laiteries en une importante quantité de lait.

Le lait collecté à travers ce circuit est utilisé pour la production du lait pasteurisé et des dérivés laitiers assurés par des unités industrielles appartenant au secteur privé et aux coopératives laitières.

II.2. Circuit de colportage

Le colporteur s'approvisionne en lait cru auprès du producteur et le livre directement aux différents utilisateurs, à savoir les cafés, les laiteries traditionnelles (Mahlabas) et les consommateurs. Les colporteurs commercialisent des laits dont la qualité est souvent douteuse et posent également le problème de concurrence avec le secteur organisé.

II.3. Qualité hygiénique du lait collecté

Au Maroc, la production d'un lait de qualité se heurte à des problèmes d'hygiène, en particulier les conditions d'hébergement (conception non hygiénique des étables, manque de propreté, litières insuffisantes ou en mauvais état...) et la difficulté d'assainir le troupeau laitier des infections mammaires (**Hamama, 1996**).

La traite est essentiellement manuelle, la mécanisation ne touche qu'une fraction des grandes exploitations. L'opération de traite est souvent conduite dans des conditions qui augmentent les risques de contamination du lait. Le lait recueilli est souvent gardé à une température ambiante pendant plusieurs heures avant d'être acheminé vers les centres de collecte de lait pour être réfrigéré. Le lait est souvent chargé en différentes flores microbiennes (**Hamama, 1996**).

III. Transformation du lait

Au Maroc, les activités de conditionnement et de transformation de la production laitière ont évolué de manière croissante en particulier depuis l'adoption du Plan Laitier (1975-2000). La transformation du lait à l'échelle industrielle est assurée par le secteur coopératif et le secteur privé. Actuellement, le secteur compte environ 38 unités industrielles : 16 à capital privé et 22 coopératives laitières, dont certaines sont de petite taille. Un grand développement de ce tissu industriel de transformation a été noté durant les dernières années (Tableau 3).

Tableau 3 : Evolution de l'infrastructure industrielle de transformation entre 1983 et 1998

	Nombre d'unités			Capacité 10 ⁶ (litres/jour		
	Secteur privé	Secteur coopératif	Total	Secteur privé	Secteur coopératif	Total
1983	9	5	14	0.800	0.500	1.300
2003	15	26	41	1.758	1.262	3.020

(MADRPM/DE/service d'orientation 2003)

Les extensions de la capacité de transformation des usines réalisées à partir de 1983 ont concerné essentiellement les ateliers de production du lait pasteurisé et des dérivés laitiers frais (Tableau 4).

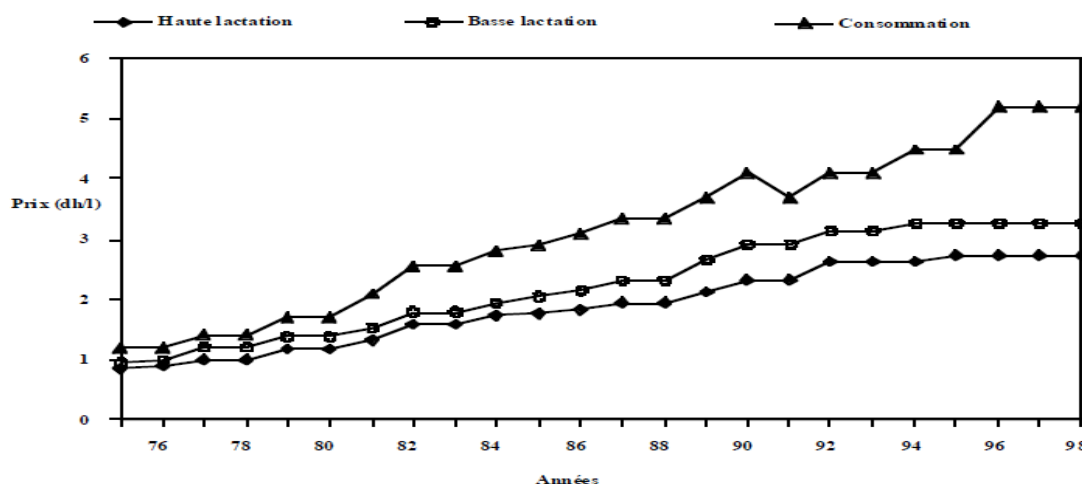
Tableau 4 : Evolution de la production et de la part usinée du lait

Année	1978	1982	1986	1990	1994	1998
Lait produit (10 ⁶) L	586	408	601	869	820	1020
Lait usiné (10 ⁶) L	210	210	286	370	460	615
% lait usiné	35.8	51.1	47.6	42.6	56.1	60.3

(Source : MADRPM, 1999)

IV. Prix

A partir de Juin 1992, les prix du lait ont été libéralisés. Ils ont connu durant les trois dernières décennies des augmentations soutenues comme le montre la figure 4 ci-dessous. L'écart entre le prix à la consommation et celui à la production s'est amplifié au cours des années.



Source : MADRPM, 1999

Figure 4 : Evolution du prix du lait à la production en haute et basse lactation et à la consommation (MADRPM, 1999)

Le prix à la consommation du lait ne fait qu'augmenter d'une année à l'autre, il a passé de 1.70 dh/litre en 1980 à 5.60 dh/litre en 2001 (MADRPM, 2003).

En 2003, le prix d'un litre de lait est de 5.80dh, soit une variation de 0 % par rapport à l'année 2002 (MADRPM-Elevage ; 2003) actuellement, le prix d'un litre est de 6.80dh).

V. Consommation

Les objectifs visés par le plan laitier en 1975 en matière de consommation, situés à 0.25 kg/habitant/jour en l'an 2000, n'ont pas pu être atteints. En effet, si l'on rapporte les quantités produites à l'ensemble de la population, le disponible à la consommation en lait et dérivés

serait de l'ordre de 40 litres/habitant/an, soit un taux de couverture de la demande de 90%. Celui du beurre serait de 1.30 kg/habitant/an, soit un taux de couverture de la demande de 44% (MADRPM, 1999).

La figure 5 illustre l'allure de consommation du lait entre 1980 et 2000.



Figure 5 : consommation du lait au Maroc de 1980 à 2003

Evolution de la consommation du lait au Maroc de 1980 à 2003

VI. Voies de développement du secteur

Beaucoup d'efforts ont été déployés durant les trois dernières décennies pour promouvoir la production laitière au Maroc. C'est ainsi qu'il y a eu instauration à partir de 1975 d'un plan laitier dont les principaux axes étaient :

- ✓ L'intensification des ressources alimentaires du cheptel,
- ✓ L'amélioration de la composition génétique,
- ✓ L'organisation professionnelle des éleveurs,
- ✓ L'encadrement sanitaire du cheptel.

Actuellement, un nouveau plan laitier couvrant la période 2000-2020 est élaboré dans le cadre du Plan Maroc Vert, dont les principaux axes s'articulent autour des points suivants:

- ✓ Insertion prioritaire du secteur laitier avec toutes ses composantes dans la politique de développement agricole,
- ✓ Poursuite de l'amélioration génétique du cheptel,
- ✓ Encouragement de partenariat entre les professionnels du secteur,
- ✓ Amélioration de la qualité du lait de la production à la commercialisation.

(MADRPM, 2000)

VII. Ressources génétiques bovines

Le cheptel bovin marocain est composé de trois types génétiques : la race locale, la race importée qui est généralement la Frisonne et Holstein et les croisées issues de ces deux races.

VII.1. Race locale : Performances de production laitière

VII.1.1. Courbe de lactation

Chez les vaches de race locale, la production laitière journalière est en moyenne 3,8 Kg, elle s'accroît pendant les premières semaines qui suivent le vêlage et passe par un maximum de 4,9 Kg au premier mois de lactation pour diminuer, plus au moins, régulièrement jusqu'au tarissement.

La production journalière est maximale est notée chez la race Oulmès-Zaer, elle est de 5,9 Kg. (Boujenane, 2002).

VII.1.2. Durée de lactation :

Chez les vaches de race locale la durée de lactation est en moyenne de 78 jours variant de 6 à 300 jours (Boujenane, 2002).

VII.1.3. Quantité du lait

Les niveaux de production laitière de ce type d'élevage diffèrent selon la méthode de traite utilisée. Chez les vaches de race locale dont le veau est retiré dès la mise bas, la quantité de lait est très faible, elle est en moyenne de 225 Kg. Chez les vaches avec le veau au pis, la quantité de lait produite est en moyenne de 794 Kg durant six mois de lactation (Boujenane, 2002).

VII.1.4. Composition du lait

Certes, la vache marocaine est mauvaise laitière, mais elle est par contre une bonne beurrière. En effet, le taux butyreux moyen varie de 3,8 à 4,8 %. Le pourcentage de matières grasses du lait diffère selon les traites du jour et du soir et en fonction de l'apport alimentaire. Le lait obtenu dans la traite du soir est plus riche en matières grasses que celui obtenu le matin (Boujenane, 2002).

VII.2. Race pure : Performances de production laitière

Représentée essentiellement par la race Pie-Noire, qui représente plus de 85% des bovins importés (Boujenane, 2002).

VII.2.1. Courbe de lactation

La production laitière journalière des vaches de race Pie-noire s'accroît régulièrement de 20,3 kg pendant les premiers jours de lactation pour atteindre un maximum de production de 23,2 kg au 29ème jour de lactation. Au-delà du stade d'apparition du pic journalier, la production laitière des vaches diminue progressivement jusqu'au tarissement. Par ailleurs, la production laitière maximale des vaches de race Pie-Noire semble varier d'une région à l'autre. Ainsi, le pic de lactation varie de 17 à 24 kg dans les Doukkala, de 12 à 20 dans la Haouz et de 16 à 26 kg dans le Tadla (**Boujenane, 2002**).

VII.2.2. Durée de lactation

La durée de lactation des vaches de race Pie-Noire est en moyenne de 330 jours (**Boujenane, 2002**).

VII.2.3. Quantité du lait

La quantité de lait produite par lactation de référence (305 jours) par les vaches de race Pie-Noire élevées au Maroc est en moyenne de 3812 kg.

VII.2.4. Composition du lait

Le taux butyreux des vaches de race Pie-Noire est en moyenne de 3,6%. En outre, le lait des vaches de race Pie-Noire est composé de 12,5% de matières sèches et 3,0% de protéine (**Boujenane, 2002**).

Chapitre 2 : Propriétés du lait cru

I. Définition

Le lait est défini comme étant le produit maternel de la sécrétion de la glande mammaire. Le lait est un complexe nutritionnel qui contient plus de 100 substances différentes qui sont en solution, en émulsion ou en suspension dans l'eau (**Wattiaux et Howard, 2003**).

Il est défini aussi comme étant un édifice physico-chimique extrêmement complexe qui contient des trésors de richesses nutritionnelles articulées principalement autour de quatre principaux (**Paccalin et Galantier, 1986**) qui sont :

- les protéines,
- les glucides,
- les lipides,
- les sels minéraux.

Figure 6 : La composition chimique du lait

Eau	900 à 910																				
Lipides	<table> <tr> <td>Glycérides</td><td>35 à 45</td></tr> <tr> <td>Phospholipides</td><td>0.2 à 0.3</td></tr> <tr> <td>Stérides</td><td>0.1 à 0.2</td></tr> </table>	Glycérides	35 à 45	Phospholipides	0.2 à 0.3	Stérides	0.1 à 0.2														
Glycérides	35 à 45																				
Phospholipides	0.2 à 0.3																				
Stérides	0.1 à 0.2																				
Glucides : lactose	47 à 52																				
Protides	<table> <tr> <td>Protéines</td><td> <table> <tr> <td>Caséines</td><td>27 à 30</td></tr> <tr> <td>Albumines</td><td>2 à 3</td></tr> <tr> <td>Globumines</td><td>3 à 5</td></tr> </table> </td></tr> <tr> <td>Acides aminés</td><td>0.5 à 1.5</td></tr> </table>	Protéines	<table> <tr> <td>Caséines</td><td>27 à 30</td></tr> <tr> <td>Albumines</td><td>2 à 3</td></tr> <tr> <td>Globumines</td><td>3 à 5</td></tr> </table>	Caséines	27 à 30	Albumines	2 à 3	Globumines	3 à 5	Acides aminés	0.5 à 1.5										
Protéines	<table> <tr> <td>Caséines</td><td>27 à 30</td></tr> <tr> <td>Albumines</td><td>2 à 3</td></tr> <tr> <td>Globumines</td><td>3 à 5</td></tr> </table>	Caséines	27 à 30	Albumines	2 à 3	Globumines	3 à 5														
Caséines	27 à 30																				
Albumines	2 à 3																				
Globumines	3 à 5																				
Acides aminés	0.5 à 1.5																				
Matières azotées	<table> <tr> <td>Matières azotées non protéiques</td><td></td></tr> </table>	Matières azotées non protéiques																			
Matières azotées non protéiques																					
Matières minérales	7 à 7.5																				
dont	<table> <tr> <td>P</td><td>0.9</td></tr> <tr> <td>Cl</td><td>1.0</td></tr> <tr> <td>Ca</td><td>1.2</td></tr> <tr> <td>Na</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>Mg</td><td>0.12</td></tr> <tr> <td>K</td><td>1.5</td></tr> <tr> <td>Oligo-éléments</td><td></td></tr> </table>	P	0.9	Cl	1.0	Ca	1.2	Na	0.5	Mg	0.12	K	1.5	Oligo-éléments							
P	0.9																				
Cl	1.0																				
Ca	1.2																				
Na	0.5																				
Mg	0.12																				
K	1.5																				
Oligo-éléments																					
Extrait sec 125-130																					
Extrait sec dégraissé 90-95																					
Vitamines (mg/l)	<table> <tr> <td>A</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>C</td><td>21</td></tr> <tr> <td>D</td><td>0.02</td></tr> <tr> <td>E</td><td>1</td></tr> <tr> <td>B1</td><td>0.4</td></tr> <tr> <td>B1</td><td>0.4</td></tr> <tr> <td>B2</td><td>1.7</td></tr> <tr> <td>B6</td><td>0.6</td></tr> <tr> <td>B12</td><td>0.004</td></tr> <tr> <td>Acide panthothénique</td><td>3.4</td></tr> </table>	A	0.5	C	21	D	0.02	E	1	B1	0.4	B1	0.4	B2	1.7	B6	0.6	B12	0.004	Acide panthothénique	3.4
A	0.5																				
C	21																				
D	0.02																				
E	1																				
B1	0.4																				
B1	0.4																				
B2	1.7																				
B6	0.6																				
B12	0.004																				
Acide panthothénique	3.4																				

II. Les caractéristiques physico-chimiques

II.1. Extrait sec total (EST)

Appelé aussi « matière sèche du lait », l'extrait sec total représente la matière grasse, les sucres, les matières azotées et les matières minérales. Pour le lait de vache, sa valeur moyenne est de 128 g/l (**Alais ; 1984**). Il est déterminé par étuvage à une température de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

II.2. Extrait sec dégraissé (ESD)

La matière sèche dégraissée du lait est calculée par la différence entre l'EST et la matière grasse du lait. L'ESD d'un lait normal varie entre 90 et 95 g/l (**Veisseyre, 1966**). **Alais (1984)** donne une valeur moyenne de 91 g/l.

II.3. pH

Dans les laits des différentes espèces, la valeur de pH varie entre 6.5 et 6.8 (**Lemens, 1985**). Chez la vache laitière, **Alais(1984)** rapporte une valeur de 6.6, bien qu'elle varie selon le stade de lactation, elle diminue vers la fin du cycle suite à l'augmentation du taux de la caséine et du phosphate.

II.4. Acidité titrable (Dornic)

L'acidité du lait est souvent, déterminée par le titrage DORNIC. Il consiste en un titrage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaline à 1% comme indicateur coloré. L'acidité est exprimée en degré Dornic, avec 1°D correspond à 1mg d'acide lactique dans 10ml de lait (**SNIMA, 1995**). L'acidité du lait frais se situe normalement entre 15 et 18°D (**Lemens, 1895**).

II.5. Densité

La densité du lait est exprimée par le rapport du poids d'un volume de lait à une température donnée sur le poids d'un même volume d'eau à la même température.

La densité du lait est un paramètre qui varie selon l'espèce (**Alais, 1984**).

La densité d'un lait individuel varie de 1.030 à 1.036. Pour le lait de mélange la densité varie dans les limites de 1.030 (limite minimale) et 1.034 (limite maximale) (**Filipovitch, 1954**).

La densité du lait varie selon la proportion d'éléments dissous ou en suspension, et elle est inversement proportionnelle aux taux de matières grasses. C'est ainsi, qu'un lait écrémé peut avoir une densité à 20°C supérieure à 1.035 (lait de vache). De même l'addition d'eau fait tendre la densité vers 1 (densité d'eau), mais un lait écrémé et mouillé peut présenter une densité normale (**Piris, 1994**).

II.6. Matières grasses

Les matières grasses sont composées d'un mélange d'acides gras saturés ou non. Les matières grasses se trouvent en suspension dans le lait sous forme de minuscules gouttelettes et forment une émulsion (**Gret, 1994**). Le taux moyen des matières grasses dans le lait est assez

variable selon les auteurs. Ainsi il se situe entre 35 et 40 g/l pour **Paccalin et Galantier (1986)**, et entre 35 et 60 g/l pour **Wattiaux et Howard (2003)**.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour le dosage de la matière grasse, mais, la technique acido-butyrométrique de GERBER reste la plus répandue, car elle permet une mesure rapide et suffisamment précise.

Cette méthode consiste en une attaque du lait par l'acide sulfurique, suivie d'une séparation des matières grasses par centrifugation en présence d'alcool iso amylique et en utilisant des butyromètres gradués. Les matières grasses, plus légères restent au sommet du tube du butyromètre et la lecture est ainsi faite directement.

Le dosage des matières grasses peut renseigner sur l'écémage et le mouillage du fait qu'ils font abaisser la teneur en matières grasses du lait (**SNIMA, 1995**).

II.7. Matières protéiques

Le lait de vache contient généralement 33 à 36 g/l de matières azotées (**Paccalin et Galanteir, 1986**). La concentration de protéines varie de 3 à 4% (3 à 4 g/100g), ce pourcentage varie avec la race de la vache et avec le pourcentage de matières grasses et celle de protéines dans le lait. Normalement, plus il y a de matières grasses plus il y a de protéines (**Wattiaux et Howard, 2003**).

On distingue deux groupes de matières azotées dans le lait : les protéines et les matières azotées non protéiques qui englobent, principalement, l'urée, l'acide urique, des acides aminés libres et oligopeptides.

Le dosage de l'azote total inclut dans les différentes fractions azotées du lait est réalisé par la méthode de KJELDHAL. Son principe consiste en une minéralisation du lait par chauffage, en présence de l'acide sulfurique concentré, et d'un catalyseur approprié, suivi d'une alcalinisation des produits de la réaction, et d'une distillation de l'ammoniac libéré. Ce dernier est recueilli dans une solution d'acide borique pour être titré, par la suite par une solution d'acide sulfurique 0.1N (**AFNOR, 1977**).

III. La qualité du lait

III.1. Définition

Elle est définie par **Cauty et Perreau(2003)** comme étant l'ensemble des propriétés et des caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés (sensoriels) ou implicites (salubrité).

Dans l'agroalimentaire la qualité est définie par :

- ✓ Les quatres « S » : Satisfaction, Sécurité, Service, Santé.
- ✓ La régularité.

III.2. Critères de qualité du lait

Les critères évoqués le plus souvent sont : le taux protéique (TP) et le taux butyreux (TB), qui sont des caractéristiques de composition chimique, et la teneur en germes totaux (qualité bactériologique).

D'autres éléments sont généralement pris en compte dans les grilles de paiement du lait à la qualité (tableau 5) établi d'après (**Cauty et Perreau**).

Tableau 5 : Les critères de qualité du lait

Critères	Objectifs
Taux de MG	38g/l.
Taux de MP	>32g/l
Germes totaux	50000à 100000 germes/ml
Cellules	< 300000/ ml
Point de congélation	Max- 0.52°
Spoires butyriques	Max 500 spores/l
Lipolyse	Max : 0.17g d'acide oléique

MG : matière grasse ; MP : matière protéique

III.3. Evaluation de la qualité du lait frais et détection des fraudes

Les laits falsifiés ou fraudés sont des laits dont la composition originare a été modifiée volontairement en vue de réaliser des profits illicites. La falsification entraine souvent des risques de santé pour le consommateur car il y a manipulation et une diminution plus ou moins importante de la valeur nutritive du lait.

L'étude et l'analyse des différents paramètres physico-chimiques du lait peuvent servir à la détection et à la mise en évidence des principales fraudes à savoir le mouillage et l'écémage.

III.3.1. Mouillage

Le mouillage du lait par l'eau constitue la fraude la plus fréquente. Elle se situe toujours en amont de la transformation c'est-à-dire à la ferme (**Luquet, 1985**). Pour sa détection on doit comparer les valeurs de certains

paramètres dans le lait suspect et les valeurs de ces mêmes paramètres dans un lait normal dont les principaux paramètres sont :

✓ Extrait sec :

Le mouillage peut être détecté suite à la détermination de l'extrait sec ; mais celle-ci ne suffit pas à elle seule pour établir des conclusions définitives.

Le mouillage du lait peut être aussi détecté en utilisant un lactomètre de type BERTUZU, qui permet d'estimer le taux de matières sèches dégraissées du lait (ESD).

Le mode opératoire consiste à mettre une goutte de lait sur le prisme de l'appareil, puis la lecture de la teneur du lait en ESD se fait directement sur l'appareil (ESD en g/l).

Pour un lait mouillé, le lactomètre de type BERTUZU affiche une valeur d'ESD inférieure à 87g/l.

Le mouillage abaisse naturellement la teneur du lait en ses divers constituants et caractéristiques : densité, acidité titrable, ESD et EST.

✓ Cryoscopie :

Cette méthode se base sur la détermination du point de congélation du lait. Ce point est lié à sa concentration. Plus un lait contient de l'eau, plus son point de congélation est élevé (proche de 0).

III.3.2. Ecrémage

Un lait écrémé est un lait dont la matière grasse a été partiellement ou totalement enlevée.

L'écémage partiel est souvent à mettre en évidence lorsqu'il s'agit d'un lait individuel ou de petit mélange. Dans les laits de grand mélange, la détection de cette fraude est plus aisée.

Lorsque la teneur en matière grasse est inférieure à 5g/l de la moyenne de la région de collecte, on peut présumer alors l'écémage du lait (**Hamama, 2002**).

Dans le lait écrémé, on note une augmentation de la densité et une diminution de la matière sèche totale et de la matière grasse.

III.3.3. Mouillage et écémage combinés

Cette falsification est difficile à détecter, car le test de la densité du lait est le seul retenu par la plupart des laiteries. Or, l'addition d'eau tend à diminuer cet densité, alors que l'écémage l'augmente.

III.3.4. Laits substitués

Cette fraude concerne surtout l'addition de lait de vache à celui de chèvre ou de brebis. Elle est relativement fréquente pour les laits destinés à la fabrication du fromage de petits ruminants.

La détection de cette fraude nécessite le recours aux analyses de laboratoire. Elle consiste à rechercher par exemple, la β -carotène présente dans la matière grasse du lait de vache et absente dans celle de lait de chèvre (**Hamama, 2002**).

Chapitre 3: Facteurs de variation de la qualité chimique du lait cru

La quantité de lait produite par un animal et sa composition subissent des fluctuations en fonction de paramètres d'origine physiologique (nombre de vêlages, époque de lactation, état de santé, âge...) et des variations d'origine génétique (espèce, race), zootechnique (mode et moment de la traite), alimentaire (foin, fourrage) et enfin climatiques (**FAO, 1998**).

Les modifications de composition non directement ou indirectement imputables à l'animal, comme les conditions de conservation du lait ou les contaminations postérieures à la traite, sont la conséquence d'altérations du lait.

Les modifications de composition physico-chimique qui en découlent se répercutent directement sur la technologie laitière.

De tous les constituants du lait, la matière grasse et la matière protéique présentent la plus forte plasticité c.à.d. qu'elles sont les plus susceptibles de répondre à un changement de conduite d'élevage.

I. Les facteurs de variation de la qualité chimique du lait

I.1. Effet de la race

La génétique explique une grande part des variations de taux butyreux, et l'on observe des écarts importants aussi bien à l'intérieur d'une race qu'entre les races.

Ainsi, le lait des vaches de la race Normande est plus riche que le lait des Prim'Holstein ; alors que les races Jersey et Guernsey se distinguent par des laits très riches en matière grasse. Le lait de la race Holstein possède la particularité d'avoir un taux protéique élevé et un faible taux butyreux, tandis que les laits produits par les vaches des races Montbéliarde et Ayrshire sont relativement plus riches (**FAO, 1998**).

I.2. Stade de lactation

Les teneurs du lait en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse avec la quantité de lait produite (**figure 7**). Elles sont maximales au cours des premiers jours de lactation, minimales durant les 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation, et s'accroissent ensuite jusqu'à la fin de lactation. Cette élévation est produite en partie à l'avancement du stade de gestation, qui réduit la persistance de la production laitière (**Rémond, 1987 ; Schultz et al, 1990**).

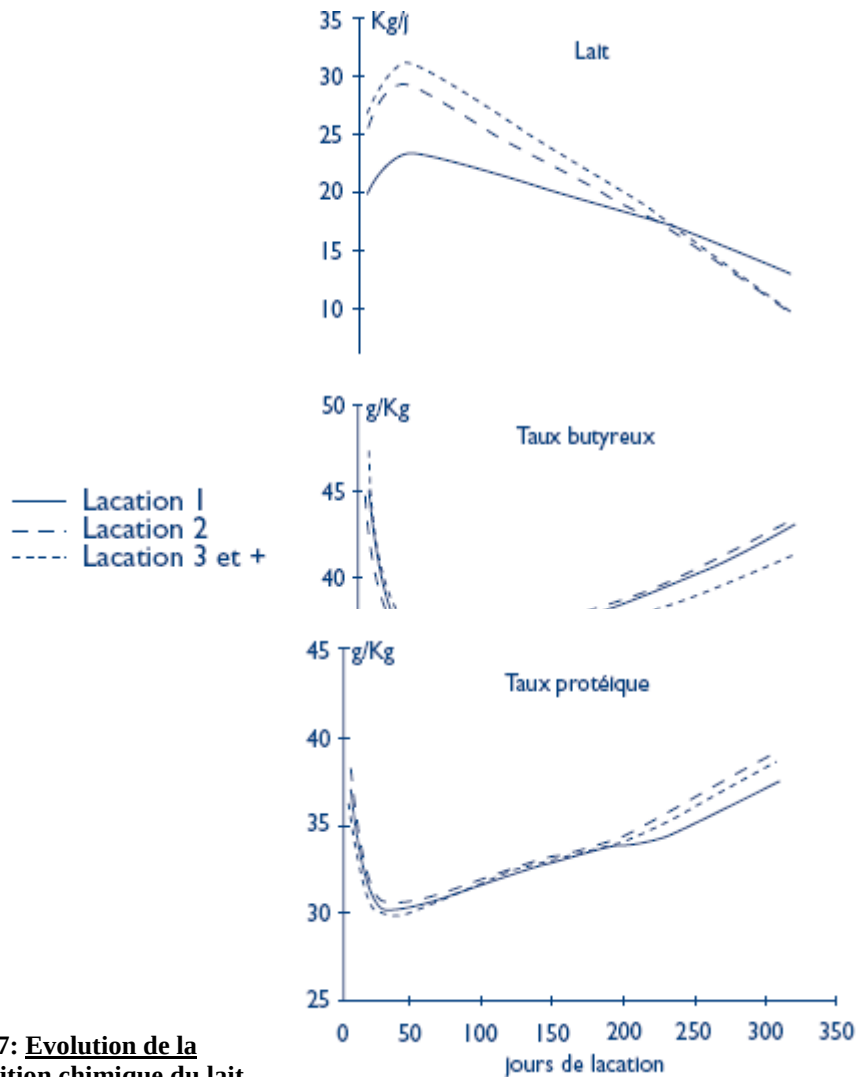


Figure 7: Evolution de la composition chimique du lait lactation (Schultz

production et de la au cours de la et al ; 1990)

I.3. Rang de lactation

La teneur en matières grasses décroît avec l'âge, car le vieillissement des vaches provoque une altération des capacités de synthèse du tissu sécréteur et une augmentation de la perméabilité tissulaire. Ceci influence positivement la teneur du lait en protéines et négativement le rapport caséines/protéines notamment après la 4^{ème} lactation et lorsque le taux cellulaire dépasse les deux cent mille cellules par millilitre (Coulon et Rémond ; 1998, Schultz et al ; 1990).

I.4. Etat sanitaire

Une maladie traduit l'existence d'un déséquilibre dans le fonctionnement de l'organisme, qui peut être lié à des atteintes de tissus ou à dérèglements métaboliques. Ce qui se traduit par une baisse des performances (baisse de production laitière, et baisse de la qualité du lait).

I.5. Effet du mode de stabulation

La vache en pâturage produit plus d'acides longs (stéarique et oléique) et moins de chaînes moyennes (laurique, myristique et palmitique), tandis que la vache en étable produit plus d'acides gras polyinsaturés, surtout parce que son alimentation en contient (Graulet, 2008), ainsi que ce facteur n'a pas une remarquable influence sur la teneur en matières protéiques.

I.6. Effet de l'âge au premier vêlage

La production et la composition du lait sont influencées par l'âge au premier vêlage.

Les vaches vêlant à un âge précoce (avant 26 mois) secrètent un lait plus riche en matières grasses que les vaches ayant mis-bas entre 26 et 42 mois d'âge. Au-delà de trois ans et demi le lait devient de plus en plus pauvre en matières grasses (**Nilforooshman et Edriss, 2004**).

Selon **Coulon (1999)**, l'âge au premier vêlage n'est pas un facteur direct de variation du taux protéique.

I.7. Effet de la saison

La saison agit essentiellement par l'intermédiaire de la durée du jour. La plupart des travaux ont montré qu'une durée d'éclairement longue (15 à 16 h par jour) augmente la production laitière et diminue parfois la richesse du lait en matières utiles (grasse et protéique) (**Peters et al ; 1981, Tucker ; 1985, Stanisiewski et al ; 1985 ; philips et schofield 1989**). Tandis que d'autres auteurs ont trouvé qu'elle est sans effet sur le taux butyreux (**Boujenane et al ; 2000**)

I.8. Effet de l'alimentation

L'alimentation peut influencer le taux butyreux par l'intermédiaire des modifications des synthèses d'acides gras volatils dans le rumen, précurseurs de la lipogenèse mammaire. Elle peut également modifier la disponibilité des acides gras de réserve pour le prélèvement mammaire (**Labarre ; 1994**).

Ainsi le taux protéique peut varier fortement sous l'effet de l'alimentation, sachant que ce taux augmente de manière linéaire avec les rapports énergétiques, mais lorsque l'augmentation de ces rapports est réalisée par adjonction de matières grasses on assiste à une chute du taux protéique (**Coulon et Rémond 1998**).

a. Effet du ratio fourrages/ concentrés

Le ratio fourrages/ concentrés, qui détermine la teneur en fibres et en glucides cytoplasmiques de la ration est un important facteur de variation de la teneur en matière grasse du lait. Le taux butyreux (TB) du lait diminue quand la part des aliments concentrés dans la ration augmente (**Sutton, 1989**), mais ce n'est qu'avec des proportions très élevées d'aliments concentrés (plus de 40% de la ration) que le taux butyreux chute de façon nette. Cette chute peut varier de 3 à 10g/kg de lait selon le type d'aliments complémentaires et la nature du fourrage utilisé (**Hoden et Coulon ; 1991**).

Il s'avère que des quantités importantes de concentrés (au delà de 40 à 60% de la ration totale) améliorent la production en lait, alors que des niveaux plus modérés ont un impact positif sur le taux butyreux, ceci a été confirmé par **Labarre (1994)**.

Les mécanismes qui expliquent cette chute du taux butyreux suite à l'apport du concentré sont les suivants (**Journet et Chilliard ; 1985**) :

- ↳ Moindre de salivation par diminution de la fibrosité du régime et donc diminution du pouvoir tampon,
- ↳ Baisse du pH ruminal et modification des populations microbiennes (diminution de la synthèse d'acide butyrique précurseur d'acides gras),
- ↳ La nature des glucides de la ration a aussi une influence sur le taux butyreux : en condition habituelles de rationnement, les concentrés riches en amidon (blé, orge, maïs) favorisent plus le taux butyreux en favorisant les fermentations butyriques au détriment des fermentations acétiques que le concentrés riches en paille (pulpe sèche de betterave, drêches de brasserie...), (**Michalet Doreau et sauvant, 1989**). A fort taux de concentrés (plus de 50%), ce sont les céréales qui entraînent des chutes plus importantes du taux butyreux (**Coulon et al ; 1989**) que les concentrés riches en paille.

b. Effet de l'apport azoté

Les apports azotés n'ont que peu d'effet sur la composition du lait. L'augmentation de ces apports dans la ration quotidienne entraîne une augmentation conjointe des quantités du lait produit et des protéines secrétées (**Araba. A ; 2006**).

c. Effet de l'apport en matière grasse

Le taux butyreux du lait paraît diminuer lorsque la ration est pauvre (<3%) ou riche (>6%) en matières grasses. Ces réponses dépendent du type de régime utilisé et de la nature des sources de lipides (tableau 6). Les réponses les plus fortes s'observent avec les aliments les plus pauvres en acides gras au départ : betterave, pulpe sèche de betterave... (**Labarre ; 1994**)

Holden et Coulon (1991) ont montré que le TB est plus élevé avec les graines oléagineuses qu'avec les huiles correspondantes.

Tableau 6 : Les facteurs influençant la réponse du taux butyreux à l'ajout de lipides dans la ration

Facteurs	Effet sur le TB
Type de matières grasses - AG saturés - AG insaturés - Huiles encapsulées - Savon de calcium	+ +/- ++ +/-
Niveau d'AG dans la ration de départ - Inférieur à 2% - Supérieur à 6%	++ +/-
Fourrage de base - Pulpes de betteraves, betteraves fourragères - Herbe ensilée, foin - Ensilage de Maïs	++ ++ +/-
Stade de lactation - Début de lactation - Milieu de lactation	++ +

d. Le mode de présentation des aliments

De façon générale, la réduction des aliments en particules de plus en plus fines se traduit par une diminution du taux butyreux comme dans le cas des régimes riches en aliments concentrés.

Des études ont montré une corrélation positive entre l'indice de fibrosité d'une ration (temps de mastication et de rumination) et le taux butyreux.

La fibrosité de la ration est principalement influencée par la finesse de hachage des fourrages. Ainsi, quand les ensilages sont finement hachés, le taux butyreux diminue alors que le taux protéique reste pratiquement inchangé. En effet, si la ration manque de structure, la vache la mâchera peu et le temps de rumination diminuera, réduisant ainsi la production de salive, substance riche en tampons. Ainsi, avec l'herbe jeune, il conviendrait de compléter la ration avec un peu de foin grossier (ou un peu de paille) pour améliorer sa structure.

Le broyage fin des aliments concentrés est également susceptible de diminuer la fibrosité de la ration. Ainsi, les céréales présentées sous forme aplatie ou légèrement concassée entraînent une moindre chute du taux butyreux, essentiellement au delà de 50 à 60 % de concentrés dans la ration.

e. Effet de la nature des concentrés

Le type de concentrés utilisé reflète la nature des glucides de la ration. La quantité ainsi que le type de glucides ingérés par l'animal influencent les teneurs en matières grasses et protéiques du lait. Dans ce sens, plusieurs études ont cherché à comparer l'effet des parois (pulpe sèche de betteraves, drêches de brasserie,...) et des sources d'amidon (blé, orge, maïs). A forts taux de concentrés (+ de 50%), ce sont les céréales qui entraînent des chutes plus importantes de taux butyreux. Suite à la consommation de quantités élevées d'amidon, la fermentation au niveau du rumen donne lieu à des quantités importantes de propionate, ce qui se répercute positivement sur le taux protéique et non sur le taux butyreux. Toutefois, cette influence dépend du type d'amidon (et de la forme de distribution de ces aliments). L'orge et l'avoine, dont l'amidon est rapidement dégradé par la microflore ruminale influencent plus le taux butyreux que le maïs dont la dégradabilité de l'amidon est plus lente.

Quant aux aliments riches en sucres simples (betteraves, mélasse), ils augmentent la production ruminale de butyrate, ce qui est favorable à des taux butyreux élevés.

f. Effet de certains fourrages

Les fourrages contribuent dans l'augmentation du taux butyreux du lait par le biais des micro-organismes qui fermentent la cellulose et l'hémicellulose en acétate et butyrate, précurseurs de la fabrication de la matière grasse du lait.

L'ensilage de maïs donne un lait riche en matières grasses en comparaison avec d'autres ensilages (tel que l'ensilage d'herbe), car il est relativement bien pourvu en matières grasses (environ 4% MS) et favorable aux fermentations butyriques. L'apport d'ensilage de maïs est aussi souvent associé à des taux protéiques élevés, en raison de sa valeur énergétique élevée.

Les comparaisons faites entre ensilages et foin montrent que le foin est plus efficace dans l'élaboration d'un taux butyreux élevé par rapport au même fourrage ensilé, même s'ils présentent la même quantité de fibres.

g. Effet du pâturage

L'herbe verte a des effets comparables sur le taux butyreux par rapport à ceux observés avec les fourrages conservés autres que le maïs, dans ces conditions, il est classique d'observer une chute relativement importante du taux butyreux (2 à 3 g/kg) mais parfois de courte durée lors de la mise en herbe lorsque les vaches recevaient préalablement une ration à base d'ensilage

de maïs, mais à l'inverse des augmentations sensibles lorsque cette ration était à base de foin ou d'ensilage d'herbe (**Holden et al 1985**). Ainsi à la mise à l'herbe, il n'est pas rare d'observer une réduction importante des écarts (de 3 à 5g/kg) entre les taux butyreux et de protéines selon les situations (**Agabriel et al 1995**). Durant la saison de pâturage, la composition du lait sera sous la dépendance des effets saisonniers (diminution des taux lors des jours longs), des variations de la composition en acides gras volatils du rumen relativement au régime alimentaire.

h. Autres facteurs

Parmi les autres pratiques intéressantes qui permettent de maintenir une qualité chimique stable (TB et TP), on peut citer selon **Araba (2009)** :

- ↪ Un fractionnement de la ration alimentaire en plusieurs repas (préférentiellement 4 fois par jour),
- ↪ L'inclusion de tampons dans la ration (bicarbonate de sodium et oxyde de magnésium à raison de 1-1.5 et 0.4-0.8% du concentré, respectivement),
- ↪ Eviter de laisser les vaches sans aliments pendant une longue période puis leur distribuer une grande quantité d'un seul coup,
- ↪ Bien mélanger la ration avant sa distribution aux animaux pour éviter que certaines vaches n'accèdent qu'aux particules fines qui causent une chute du taux butyreux;
- ↪ Distribuer le grossier en premier, avant le concentré.

(Araba, A ; 2009)

Chapitre 1: Monographie des zones d'étude

I. La monographie de Doukkala-Abda

I.1. Situation géographique

La zone Doukkala-Abda s'étend sur une superficie de 7700km², elle est comprise entre les latitudes 32°15 et 33°15 et les longitudes 7°15 et 9°15. Elle est bordée par l'océan Atlantique à l'ouest au nord et au nord ouest par la plaine de Chaouia et l'Oued Oum Er-rbia à l'Est, par les Rhamna et les collines des Mouissate au Sud et par Abda au sud ouest.

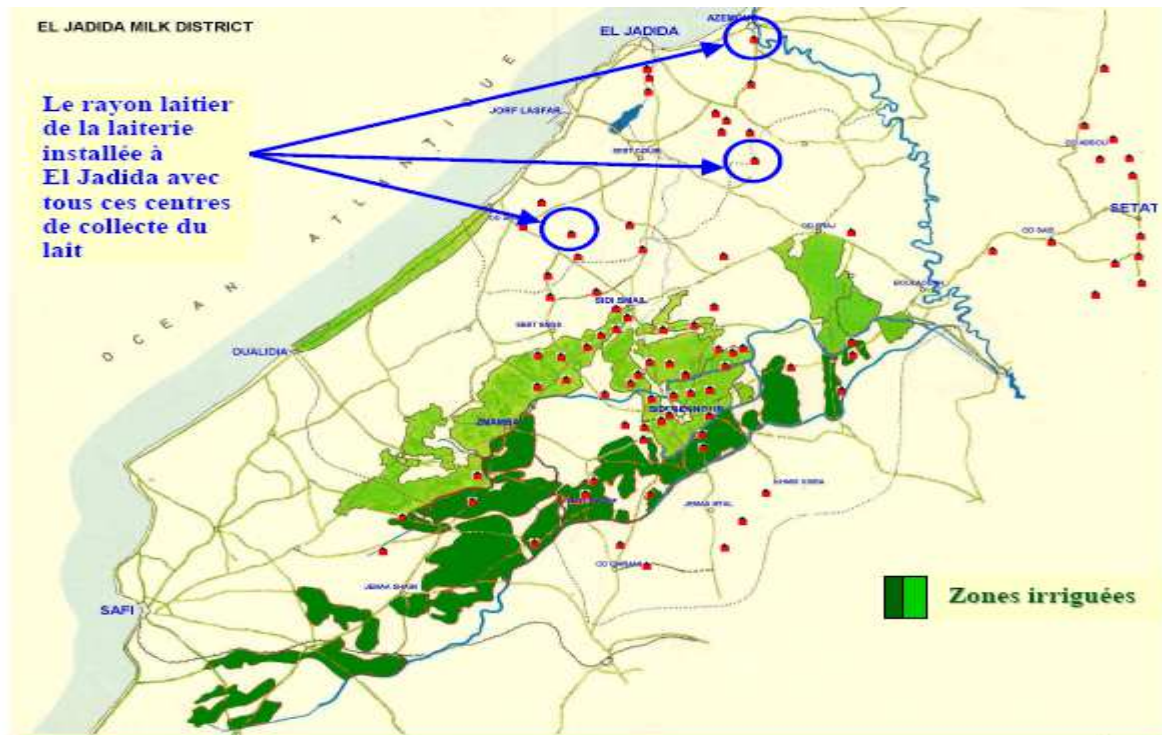


Figure 8 : Carte de la région des Doukkala avec l'emplacement des centres de collecte relevant de l'usine laitière

I.2. Climat

Le climat de Doukkala-Abda est de type méditerranéen semi-aride tempéré à l'hiver, chaud et sec à l'été. Le relief peu marqué de la zone n'influence pas le climat. Les pluies tombent en automne et en hiver avec une pluviométrie de 316 mm en moyenne et qui varie de 400 mm sur la côte à 250-300 mm à l'intérieur, et une longue saison sèche s'étend de Mai à Octobre.

Les températures sont modérées dans les zones proches de l'océan et plus contrastées à l'intérieur. La température moyenne de l'année est de l'ordre de 18°C, la température minimale descend très rarement au dessous de 4°C en hiver et la température maximale peut dépasser 40°C en été.

L'humidité relative moyenne annuelle est de 70 à 80%, avec un maximum en Décembre et Janvier et le minimum aux mois de Mai, Juin et Juillet. La durée d'ensolleiment dépasse 3 000 heures par an. **(ORMVAD, 2009).**

I.3. Ressources hydriques

L'aménagement hydro-agricole de la plaine Doukkala est basé sur les eaux de l'oued Oum Er-rbia second fleuve au Maroc par l'importance de son bassin versant, et de ses apports en eau. Le plan directeur d'aménagement du bassin d'Oum Er-rbia prévoit à terme l'irrigation de 125000 ha dans les plaines des Abda et Doukkala, répartie en deux périmètres : bas service et haut service de l'ORMVAD. (ORMVAD, 2009).

I.4. Milieu humain

La population totale de la zone d'action de l'ORMVAD est de 750.000 habitants dont plus de 75% résident en milieu rural.

La densité de la population qui est en moyenne de l'ordre de 140 habitants/km² est l'une des plus fortes au Maroc.

I.5. Activités agricoles

I.5.1. Production animale

- Effectif du cheptel :

Selon les derniers recensements de 2009, l'effectif de cheptel dans la zone d'action de l'ORMVAD est estimé à :

- Bovins : 207.000 têtes.
- Ovins : 550.000 têtes.
- Caprins : 3.000 têtes.
- Equidés : 97.000 têtes.

- Infrastructure de la collecte du lait :

Suite à l'introduction dans la région d'autres laiteries en plus de la Centrale laitière, à savoir **Nestlé, superlait et Jibal**, on assiste à la création de coopératives laitières et à une augmentation importante du nombre des CCL. En effet, ce nombre est passé de 32 en 1996 à 286 (dont 265 coopératives) actuellement.

- Coopératives laitières :

Les coopératives laitières dont la création a débuté en 1996 sont au nombre de 265 et sont constituées d'environ 10.000 adhérents. En 1998 ces coopératives ont commercialisé 102.5 millions de litres, alors qu'ils ont commercialisé 129 millions de litres en 2008.

Ces coopératives se chargent de la collecte, du refroidissement du lait et de sa commercialisation. Elles assurent aussi l'approvisionnement des adhérents en facteurs de production (aliment de bétail, animaux d'importation, matériel d'élevage...)

I.5.2. Production végétale

Plusieurs types de cultures caractérisent la région dépendant de la nature des terres cultivables, de leur situation, de la zone irriguée ou pluviale et de la superficie des parcelles. Cette mosaïque donne une grande variété de cultures allant des céréales aux fleurs exportées (ORMVAD, 2009).

Dans la zone irriguée une gamme de cultures très variées est pratiquée :

- les céréales : blé dur, blé tendre, maïs ;
- les cultures industrielles : betterave, coton, soja, tabac ;
- les cultures fourragères : luzerne, bersim, fourrage d'été ;
- les cultures maraichères : tomate, pomme de terre essentiellement.

Dans la zone d'agriculture pluviale, les cultures pratiquées sont limitées aux céréales, légumineuses et fourrages. Leur importance et leur niveau de production dépendent en grande partie de conditions climatiques de l'année.

II. La monographie de la région Chaouia- Ouardigha

II.1. Situation géographique

La Région Chaouia Ouardigha jouit d'une position géographique stratégique, en effet, avec une superficie de 16.760 km², elle est au carrefour de six régions :

- La région du Grand Casablanca à l'ouest ;
- La région de Rabat--Salé-Zemmour-Zaër au Nord et au nord-est ;
- La région de Meknès Tafilalt à l'est ;

- La région de Tadla-Azilal au sud-est ;
- La région de Marrakech- Tensift- Al haouz au sud et ;
- La région de Doukala- Abda au sud- Ouest.

(Source : Centre Régional d'Investissement CHAOUIA OUARDIGHA (CRI))



Figure 9 : La géographie de la région Chaouia

carte

II.2. Climat

Il s'agit d'une zone aride à semi-aride où l'eau constitue le facteur limitant pour la production agricole. Les disponibilités hydriques sont déterminées par une pluviométrie faible et aléatoire.

Le cumul pluviométrique annuel ainsi que sa répartition sont très variables d'une année à l'autre (de 200 à 400 mm/an, avec une moyenne de 320 mm). Dans ces conditions climatiques difficiles, le choix des techniques agricoles permettant une meilleure conservation de l'eau devient nécessaire.

II.3. Ressources Hydriques

La région dispose également de ressources en eaux souterraines, les principaux aquifères sont :

- La nappe du Turonien
- La nappe de Berrechid
- La nappe de la Chaouia côtière
- La nappe de l'Eocène du Tadla

Avec 6 barrages, la région de Chaouia-Ouardigha est bien équipée, la majorité de ces barrages est destinée à l'irrigation et à la production de l'énergie électrique ;

II.4. Activités agricoles

II.4.1. Production végétale

Le poids de la région de Chaouia-Ourdigha est important sur le plan agricole. Elle se caractérise par son potentiel agricole et trouve son prolongement dans la zone céréalière de la bande côtière située entre Casablanca et Oualidia.

La Superficie Agricole Utile (S.A.U) représente environ 60% de la superficie totale régionale, avec la prédominance des cultures en sec notamment la céréaliculture qui représente une part importante de la superficie réservée à cette activité au niveau national (environ 13%).

II.4.2. Production animale

L'effectif global du cheptel est de l'ordre de 1.333.000 têtes, cet effectif de cheptel est réparti comme suit :

- 885 795 têtes ovines ;
- 141 326 têtes bovines ;
- 32 133 têtes caprines ;
- 89 571 têtes d'équines.

L'existence de vastes pâturages naturels sur les plateaux et dans les forêts et la tradition pastorale de certaines régions de la région a favorisé la constitution d'un important cheptel et le développement de certaines activités qui lui sont liées.

Chapitre 2 : Méthodologie de travail

La qualité du lait est une composante complexe qui prend naissance d'abord dans les exploitations pour arriver aux consommateurs, en passant par l'industriel. Cette composante dépend de certains facteurs qui contribuent à sa variabilité. En effet, le travail présente pour objectifs de :

- ✓ Caractériser la variabilité de la qualité chimique du lait à travers l'établissement d'une typologie chimique des échantillons ;
- ✓ Cerner les facteurs des techniques d'élevage sur la variabilité de la qualité du lait à savoir les facteurs intrinsèques (race, âge, rang et stade de lactation) et extrinsèques (alimentation, effet de l'homme...).

Pour ce faire, nous avons effectué une série de sorties sur le rayon laitier de Nestlé El-Jadida pour collecter les informations relatives à la production laitière, ainsi prendre des échantillons des laits pour les analyser au laboratoire à l'arrivée de l'usine.

1. Choix des exploitations

Le choix des exploitations était fait en concertation avec le personnel du service agricole de Nestlé en se basant principalement sur la faiblesse du taux de l'extrait sec total (EST) et du taux butyreux du lait des centres de collecte auxquels livrent ces exploitations.

2. Collecte des données

Les données collectées visaient à se documenter sur le sujet traité afin d'identifier les facteurs contribuant à la variation de la qualité du lait frais. Les données sont recueillies lors des enquêtes auprès des éleveurs.

Les visites chez les éleveurs étaient au moment de la traite que ce soit le matin ou le soir. Là nous avons effectué des enquêtes sur les vaches qu'il possède, et particulièrement sur les vaches desquelles on a prélevé les échantillons. Ces enquêtes ont concerné principalement : la race, l'âge, le rang de lactation, la date du dernier vêlage, le stade de lactation, le mode de traite, les habitudes alimentaires et la quantité du lait produite.

3. Echantillonnage

Les échantillons du lait étaient prélevés à partir des élevages qui livrent aux centres de collecte du lait puis analysés à l'arrivée de l'usine.

3.1. Matériel utilisé

Pour prélever les échantillons, nous avons utilisé:

- ✓ Une louche en acier inoxydable ;
- ✓ Des flacons en plastique de 60 ml ;
- ✓ Une glacière isotherme pour la conservation des échantillons lors de la collecte.

3.2. Mode de prélèvement

Avant le prélèvement, le lait de fin de traite est bien homogénéisé afin de ne pas prélever que la matière grasse qui remonte à la surface du lait, ensuite 60 ml de chaque échantillon sont mis dans un flacon en plastique. Les échantillons sont réfrigérés tout de suite après la collecte

dans une glacière portative contenant de la glace, pour éviter l'effet de la température ambiante lors de l'acheminement vers le laboratoire de l'usine.

3.3 Analyses des échantillons

Les analyses physico-chimiques des échantillons sont effectués dans le laboratoire centrale par un Milkoscan S50 afin de déterminer les principales caractéristiques jugeant la qualité physico-chimique du lait à savoir l'extrait sec total, le taux de matière grasse et le taux protéique.

Le Milkoscan Minor est un spectrophotomètre à infrarouge entièrement automatisé contrôlé par un microprocesseur pour la détermination des constituants nutritifs du lait et des produits laitiers.



Figure 10 :
Milkscan Minor

Photo du

Le principe de base du Milkoscan est similaire à celui du spectrophotomètre à infrarouge, car il comprend un rayon infrarouge localisé pour traverser l'échantillon. Les constituants majeurs du lait comportent des liaisons chimiques spécifiques qui absorbent la lumière à des longueurs d'onde déterminées. La mesure de la concentration de chaque composant se fait par référence à une quantité de lumière infrarouge absorbée à une longueur d'onde différente où il n'y a presque pas d'absorption pour ce composant. L'énergie détectée est ensuite amplifiée, convertie en une lecture digitale et par la suite calculée grâce à un micro processeur.

Les méthodes de référence utilisées pour étalonner le Milkoscan sont citées en annexe 1 à savoir :

- ✓ **La méthode de Mojonner pour la matière grasse.**
- ✓ **La méthode de Kjeldahl pour la matière azotée.**
- ✓ **La méthode d'étuvage pour l'extrait sec total.**

L'extrait sec dégraissé (ESD) est déduit par différence entre l'extrait sec total et la matière grasse selon la formule suivante :

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}$$

4. Analyses des données chimiques

Pour l'ensemble des données relatives aux exploitations et à la qualité du lait, nous avons commencé par les statistiques descriptives habituelles notamment les calculs des moyennes et des écart-types, puis nous avons constitué des classes pour chaque paramètre en déterminant le pourcentage d'échantillons appartenant à chaque classe.

Pour le traitement de l'ensemble des données, on a procédé deux tests statistiques à savoir : l'Analyse en Composantes Principales (ACP), afin de déterminer les composantes qui agissent directement sur la teneur en

extrait sec et les corrélations entre elles, suivie d'une Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) dans le but de regrouper les individus en classes selon leur degré de similarité. Les deux tests statistiques étaient réalisés par un logiciel appelé : XLSTAT

Résultats

I. Caractéristiques du cheptel

I.1. Races exploitées

Il ressort de cette étude que, la race croisée est la plus dominante représentant 47% du génotype exploité, alors que la race Holstein pure et la race Montbéliard représentent respectivement 32% et 21% (figure 11)

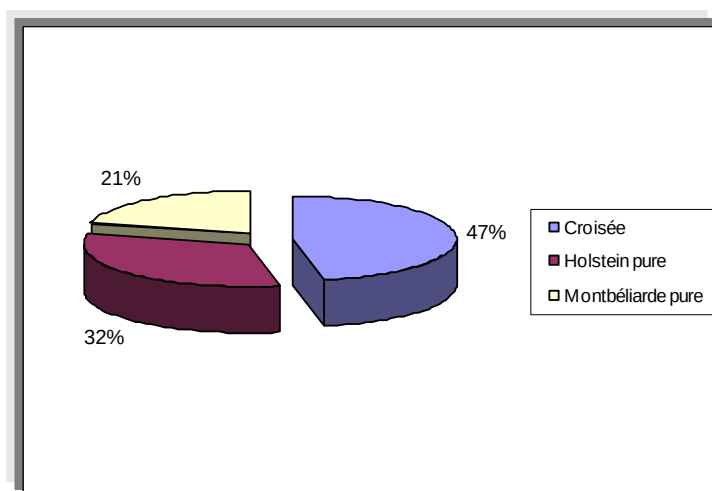
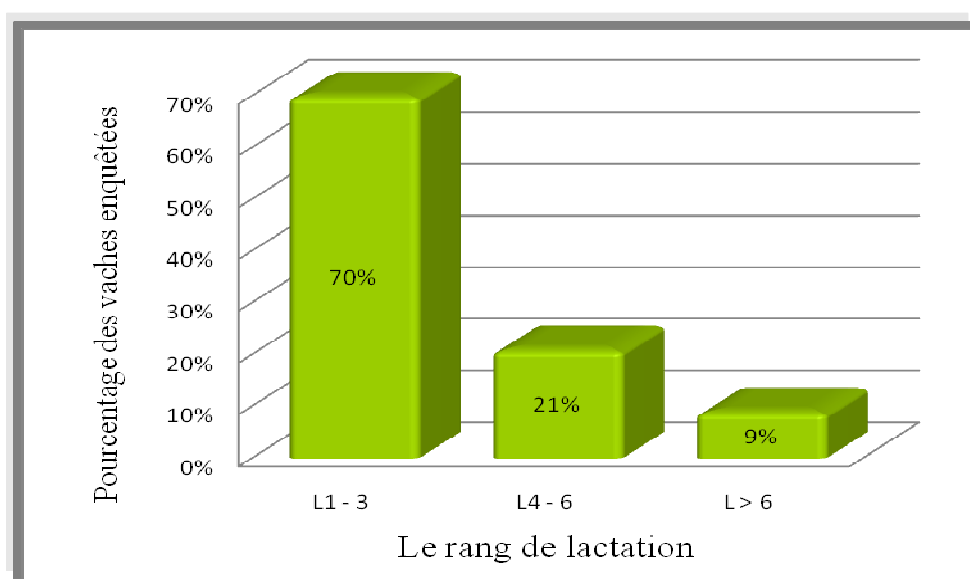


Figure
Pourcentage des
dans le cheptel enquêté

11 :
différentes races

I.2. Rang de lactation

La figure 12 montre que 70% des vaches étudiées sont entre la première et la troisième lactation, 21% entre la 4^{ème} et la 6^{ème} lactation, alors que les vaches au delà de la 6^{ème} lactation ne représentent que 9%. Alors, on peut considérer la population étudiée, une jeune population.



Figure

12 :

Répartition des vaches selon le rang de lactation

I.3. Production laitière

La production laitière commercialisée varie en fonction de la taille du troupeau. Ainsi la production la plus élevée était enregistrée dans le troupeau à effectif important (au-delà de 15 vaches).

La figure 13 relève que 12% des vaches étudiées ont une production laitière inférieure à 20l/j, et 55% produisent entre 20 et 30 l/j, bien que 33% des vaches produisent plus que 30l/j, ces résultats expliquent nettement que la production varie d'une exploitation à une autre et selon la taille des exploitations, car les grandes exploitations sont en général mieux structurées et mieux organisées que les petites.

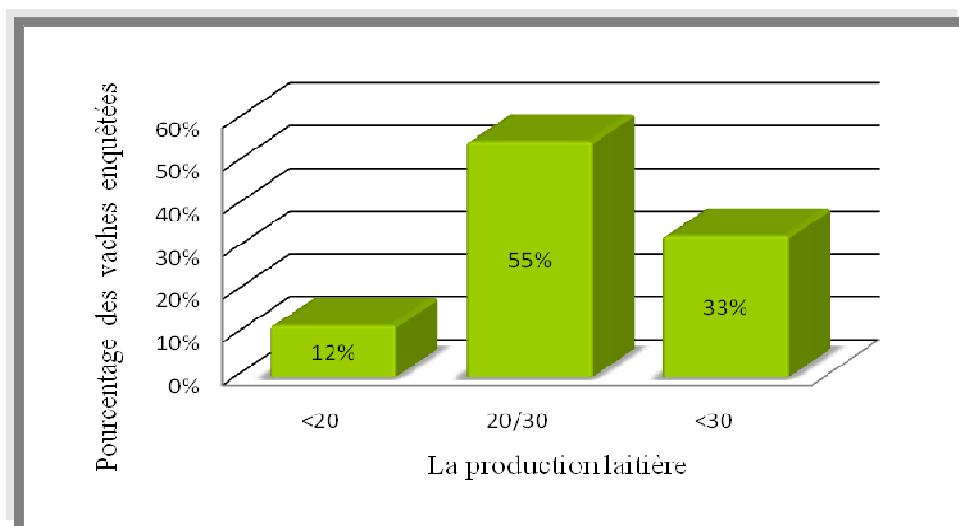


Figure 13 :
Répartition
vaches selon la production laitière journalière par vache
(L/J/V)

des

I.4. Alimentation du cheptel

La ration de base présentée au cheptel diffère d'une région à une autre, mais en général basée sur l'ensilage de Maïs, aliment vert (Bersim) et les concentrés (concentré de betterave, de son et le concentré industriel) avec des quantités différentes d'un éleveur à un autre ce qui provoque des différences du rapport Fourrages/Concentrés (F/C) et par conséquent des différences de la qualité chimique du lait.

La figure ci-dessous reflète la qualité du régime alimentaire des vaches en se basant sur le rapport F/C. On en déduit que une grande partie des éleveurs (67%) présentent à leurs vaches une faible ration de fourrages par rapport à celle des concentrés, 18% des exploitations présentent des rations plus riche en fourrages que la première catégorie, et seulement 15% distribuent à leurs vaches des repas riches en fourrages qu'en concentrés.

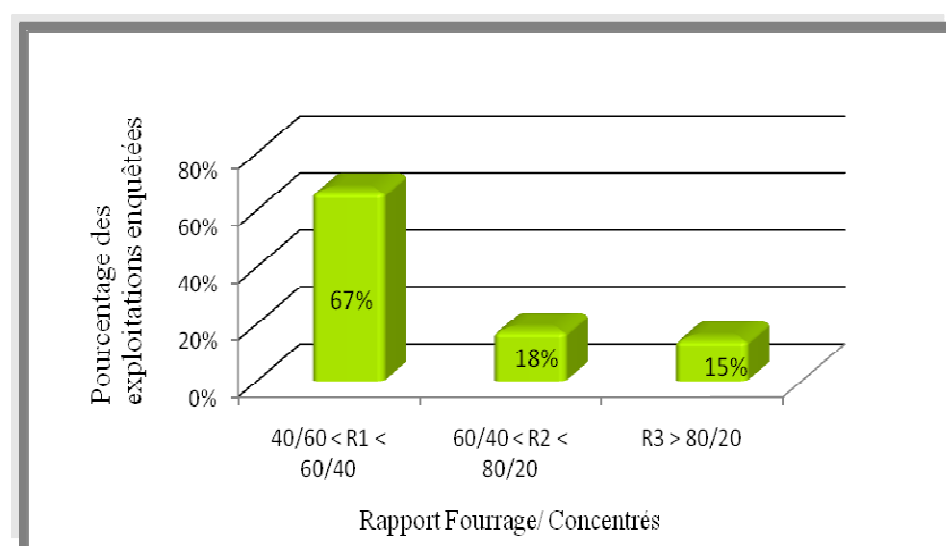


Figure 14 :
Répartition
exploitations selon le rapport Fourrages / Concentrés (F/C)

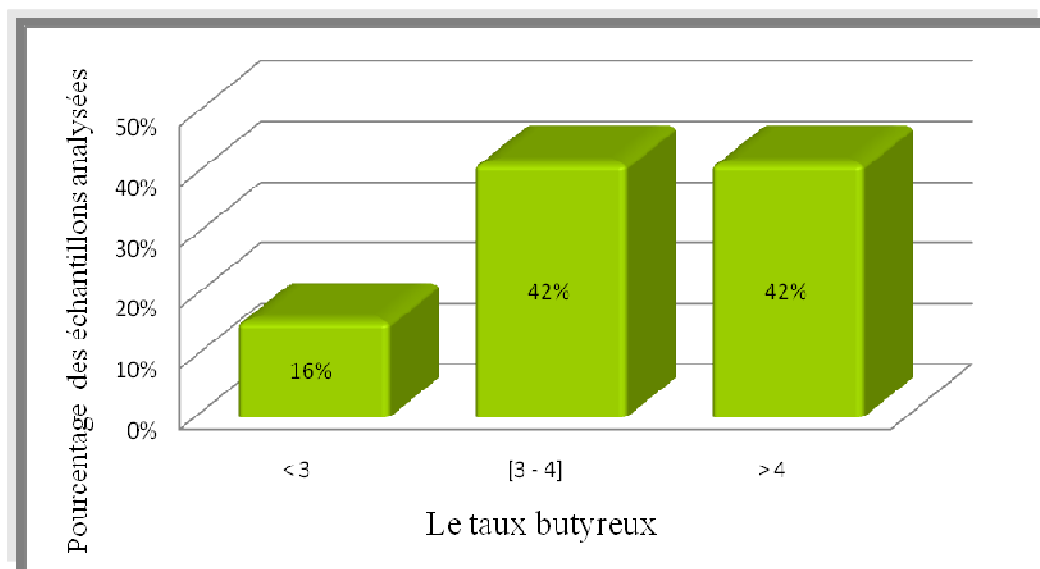
des

II. Qualité du lait

II.1. Taux butyreux (TB)

L'analyse des échantillons a montré qu'un kilogramme de lait contenait en moyenne $3,87 \pm 0,96$ g/100 g (de lait), le taux butyreux a montré des fluctuations importantes allant de 1.67 à 5.82 g/ 100 g.

La répartition des laits par classe de TB (figure 15), montre que 16% de l'ensemble des échantillons du lait ont un TB < 3 g/100 g, tandis que les échantillons avec un TB entre 3 et 4 g/100g et TB> 4% enregistrent une valeur de 42% chacun.



Figure

15 : Répartition des laits collectés selon leur teneur en matières grasses (TB)

II.2. Taux protéique (TP)

Le taux protéique moyen de l'ensemble des vaches étudiées est de $3,32 \pm 0,42$ g/100 g. Le taux protéique apparaît nettement plus stable que le taux butyreux sur l'ensemble des échantillons collectés, il se situe entre 2.56 et 4.44 g/ 100 g.

Le regroupement des données relatives à la teneur en matière protéique, permet de conclure que 73 % de l'ensemble des échantillons ont un TP compris entre 3 et 4 g/100 g.

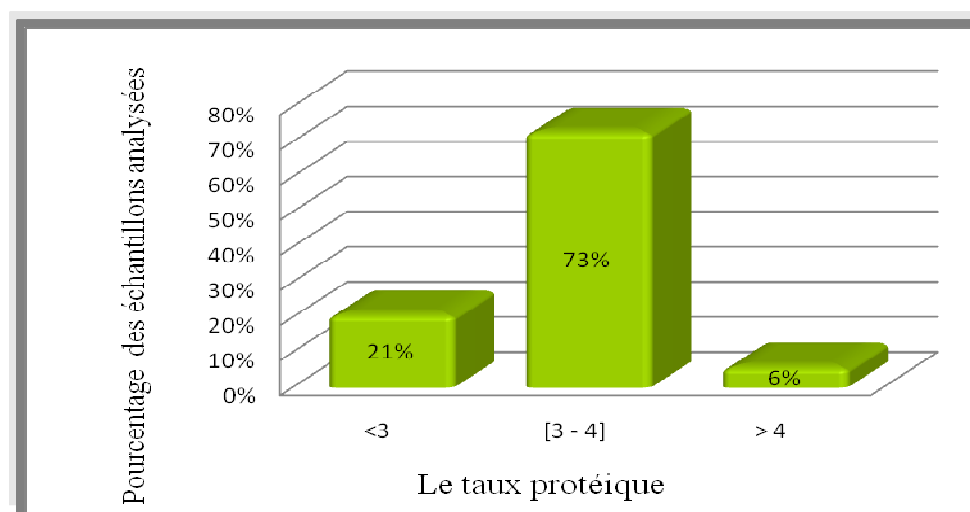


Figure 16:

Répartition des laits selon leur taux protéique

II.3. Extrait sec total (EST)

La valeur moyenne de l'EST enregistrée est de $12,32 \pm 1,03$ g/ 100 g. Elle oscille entre un minimum de 10.33 g/100 g et un maximum de 14.06 g/ 100 g. L'EST moyen trouvé est inférieur à celui trouvé par **Alais (1984)** qui est de l'ordre de 12.8 g/100 g. Il est aussi au dessous de la limite inférieure de l'intervalle apporté par **Paccalin et Galantier (1986)** qui va de 12,5 à 13 g/100 g.

La distribution des échantillons collectés par classe d'EST (figure 17) montre que :

- ✓ 12% des laits ont un EST inférieur à 11 g/100 g, avec des TB et TP moyens de 2,3475 et 3,1725 g/100g respectivement.
- ✓ 30% ont un EST variant de 11 à 12 g/100 g, avec des TB et TP de 3,277 et 3,332 respectivement.
- ✓ 58 % ont un EST dépassant les 12 g/100 g, avec des TB et TP moyens de 4,483 et 3,3565 respectivement.

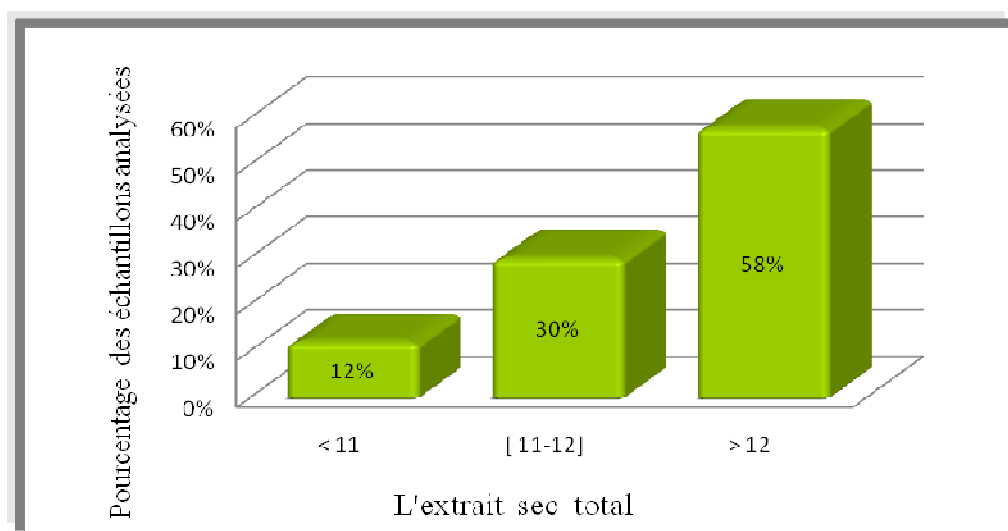


Figure
Répartition des laits selon la teneur en extrait sec total

17 :

III. Analyses statistiques multivariées

La présente étude réalisée dans la zone d'action de l'unité industrielle Nestlé El-Jadida a pour objectif de caractériser les facteurs de variation de la qualité chimique du lait frais.

Pour le traitement des données, deux méthodes statistiques ont été adoptées : l'Analyse en Composantes Principales (ACP), suivie d'une Classification Hiérarchiques Ascendante (CHA).

III.1. L'Analyse en Composantes Principales (ACP)

III.1.1 Définition

L'analyse en composantes principales (ACP) est un outil statistique adapté à la réduction dimensionnelle tout en préservant au maximum l'information initiale. Elle sert à mettre en évidence des similarités ou des oppositions entre variables et à repérer les variables les plus corrélées entre elles.

III.1.2. Principe

L'ACP consiste à remplacer une famille de variables par de nouvelles variables de variance maximale, non corrélées deux à deux et qui sont des combinaisons linéaires des variables d'origine. Ces nouvelles variables, appelées *composantes principales*, définissent des plans factoriels qui servent de base à une représentation graphique plane des variables initiales. L'interprétation des résultats se restreint généralement aux deux premiers plans factoriels, sous réserve que ceux-ci expliquent la majeure partie de la variance du nuage des variables initiales.

III.1.3. Résultats de l'ACP sur les critères de la qualité du lait

Le traitement des données de la qualité du lait, notamment : MG, TP, EST et l'ESD (annexe 3), montre que les deux premiers plans factoriels expliquent 97% du plan principal de la variabilité totale (figure 17).

a. Valeurs propres

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	2,127	1,747	0,122	0,005
Variabilité (%)	53,167	43,668	3,047	0,118
% cumulé	53,167	96,835	99,882	100,000

Axe 1 :

Le premier axe est expliqué par les variables EST, TP et ESD.

Toutes les variables se trouvent orientées vers le même sens de cet axe qui explique 53% de la variance totale. Elles sont corrélées positivement.

Axe 2 :

La variable MG contribue fortement à la formation de l'axe 2, on note que 44% de la variance totale est expliquée par cet axe. De ce fait, la matière grasse est pratiquement indépendante des autres variables.

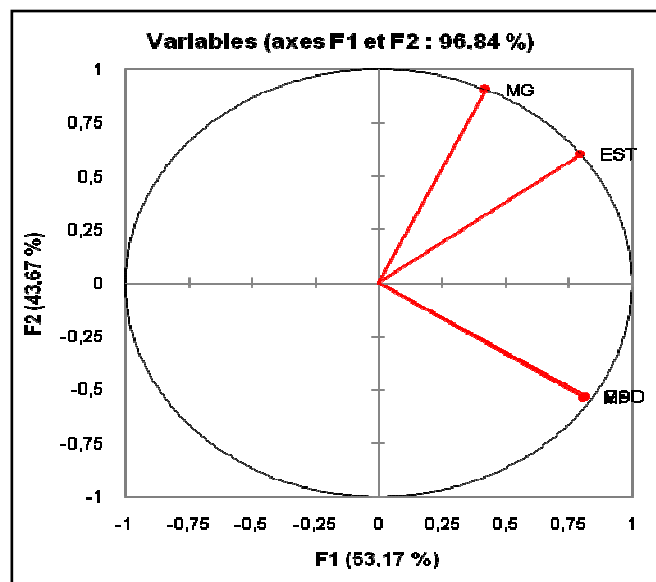


Figure 18 : Le cercle de

corrélation

L'analyse en composantes principales aboutit également à une matrice de corrélation (tableau 6) qui détermine la relation entre chaque paire de facteurs, présentée par un coefficient de corrélation appelé **coefficient de Pearson**, ce coefficient peut prendre les valeurs de -1 à 1

- 1 : exprime une forte corrélation positive (proportionnels)
- -1 : exprime une forte corrélation négative (non proportionnels)

D'après la matrice ci-dessous, on conclue que :

- Il y a une forte corrélation positive entre la MG et l'EST ($r = 0.878 \approx 1$).
- Il y a une forte corrélation positive entre MP et ESD ($r = 0.881 \approx 1$).

Tableau 6 : Matrice de corrélation (coefficient de Pearson (n))

Variables	MG	MP	ESD	EST
MG	1	-0,133	-0,141	0,878
MP	-0,133	1	0,881	0,310
ESD	-0,141	0,881	1	0,338
EST	0,878	0,310	0,338	1

NB : Tableau des données traitées par l'ACP : voir annexe 3.

III.2 La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)

III.2.1. Définition :

La classification ascendante hiérarchique est un outil statistique qui conduit à regrouper et ranger les individus en classes en fonction de la « distance » qui les sépare. Cette méthode de classification se réalise sur la base des résultats de l'analyse des composantes principales.

III.2.2. Principe

Il s'agit de regrouper itérativement les individus, en commençant par le bas (les deux plus proches) et en construisant progressivement un arbre, ou dendrogramme, regroupant finalement tous les individus en une seule classe à la racine.

Le nombre de classes est déterminé a posteriori, à la vue du dendrogramme ou d'un graphique représentant la décroissance de la hauteur de chaque saut, ou écart de distance, opérée à chaque regroupement.

III.2.3. Résultats et discussion de la CHA

Cette classification a été réalisée à partir des résultats de l'ACP qui ont montré que le TB est une composante principale indépendante, d'où la classification de l'ensemble des échantillons selon leur teneur en matières grasses.

Le tableau suivant regroupe les modalités des variables utilisées pour la classification :

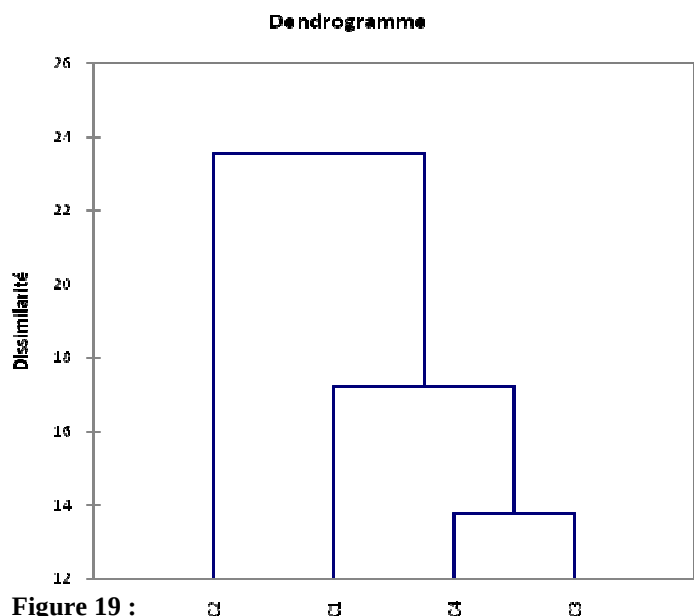
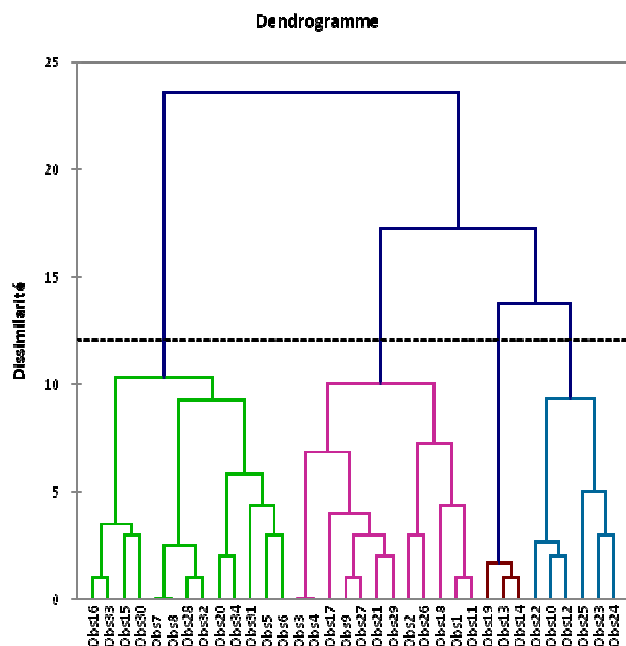
Tableau 7 : Les modalités utilisées pour la classification

Le
reco
urs à
cette
class
ificat
ion a
about
it à
leur
regro
upe
ment
en 4
class
es
dont

Variables	Modalités	Signification
La race	RC	Race croisée
	HP	Holstein pure
	MP	Montbéliard
Le rang de lactation	L1-3	De la 1ère à la 3ème lactation
	L4-6	De la 4ème à la 6ème lactation
	L > 6	Au-delà de la 6ème lactation
Le Stade de lactation	HL	Haute lactation
	BL	Basse lactation
La production laitière / vache / jour	P1	Faible production < 20l/j
	P2	Moyenne production 20<P2<30l/j
	P3	Forte production > 30l/j
Le rapport Fourrages/Concentrés	R1	40/60<R1<60/40
	R2	60/40<R2<80/20
	R3	R3 > 80/20
Nombre de repas / jour	Rp 1	à volonté
	Rp2	2 repas /j
	Rp3	3repas /j
	RP > 3	> 3 repas /j
Le taux protéique	TP1	TP < 3 g/ 100 ml
	TP2	3<TP<4 g/ 100 ml
	TP3	TP> 4 g/ 100 ml
L'extrait sec total	EST1	EST< 11 g/ 100 ml
	EST2	11 < EST < 12 g/100 ml
	EST3	EST > 12 g/ 100 ml
Le taux butyreux	TB1	TB < 3 g/100 ml
	TB2	3< TB < 4 g/100 ml
	TB3	TB > 4 ml

les résultats sont présentés dans les dendrogrammes ci-dessous (figure 18).

NB : Dans l'annexe 3, le tableau des données traitées par la CHA.



Dendrogrammes de la classification hiérarchique ascendante

III.2.4. Caractéristiques des classes

Classe 1: TB2 ($3 < TB < 4$), TP2 ($3 < TP < 4 \text{ g/100g}$) et EST3 ($> 12 \text{ g/100g}$)

Les laits de cette classe ont un TB moyen entre 3 et 4g/100ml. Les résultats de cette classe sont expliqués par les modalités suivantes:

Les vaches sont issues d'élevage de la race croisée (**RC**), entre la 4^{ème} et la 6^{ème} lactation ce qui signifie d'une part le taux moyen du TB, ceci concorde avec les résultats de **Coulon et Rémond, 1998**, avec une production moyenne **P2** ($20 < P2 < 30$),

Ces vaches sont alimentées d'une ration plus ou moins équilibrée de fourrages et de concentrés **R2** en raison de ($60/40 < R2 < 80/20$), ce rapport explique la teneur moyennement élevée du TB et d'EST, car la faible proportion des concentrés dans la ration alimentaire favorise la salivation davantage et augmente donc le pouvoir tampon qui à son tour influence la synthèse d'acide butyrique précurseur des acides gras (MG) (**Araba, A, 2009**).

La distribution des repas se fait 2 fois/j : cette fréquence donne aux vaches le temps nécessaire de rumination et augmente l'indice de fibrosité, qui est en corrélation positive avec la synthèse de la matière grasse (**Araba A, 2009**).

Classe 2: TB3 ($> 4 \text{ g/100g}$), TP ($< 3 \text{ g/100g}$) et EST3 ($> 12 \text{ g/100}$)

Les échantillons de cette classe sont issus globalement des troupeaux de la race Montbéliarde (**MP**) qui est connue par un lait de bonne qualité chimique (**Journet et Chilliard ; 1985**).

Ces vaches ayant un rang de lactation situé entre la 1^{ère} et la 3^{ème} lactation (**L1-3**) se caractérisent par un TB élevé du fait de la jeunesse des tissus sécréteurs (**Coulon et Rémond, 1998**).

Cette catégorie regroupe les vaches en début de lactation, avec une production laitière moyenne **P2** ($20 < P2 < 30 \text{ l/j}$).

D'une part, le régime alimentaire de ces vaches se caractérise par une forte introduction d'ensilage de Maïs, qui est relativement pourvu en lipides et favorable aux fermentations butyriques (**Araba A, 2009**), ce qui explique la forte teneur du TB chez cette classe de vaches, en plus de la faible introduction des concentrés qui assure en plus le maintien de cette teneur de MG, avec un rapport F/C dépassant 80/20.

D'autre part les aliments sont distribués 2 fois/j, ce qui prolonge la durée de rumination (augmente l'indice de fibrosité) au profit de la synthèse des acides gras.

Classe 3: TB1 ($< 3 \text{ g/100g}$), TP2 ($3 < TP < 4 \text{ g/100g}$) et EST1 ($< 11 \text{ g/100 ml}$)

Les vaches de cette classe sont de la race croisée (**RC**) dépassant les 6 lactations (**L>6**). En effet, le vieillissement des vaches provoque une altération des capacités de synthèse du tissu sécréteur et une augmentation de la perméabilité tissulaire, ces résultats confirment ceux rapportés par **Coulon et Rémond (1998)**.

Le régime alimentaire de cette classe est qualifié mauvais à cause de l'absence quasi-totale de l'ensilage de maïs dans la ration journalière et de la forte part de concentrés ($40/60 < R1 < 60/40$). Selon **Michalet Doreau et Sauvart 1989**, cet apport excessif des concentrés provoque une moindre salivation par la diminution de la fibrosité du régime et une baisse du pH ruminal et la modification de la population microbienne ce qui diminue la synthèse d'acide butyrique précurseur des acides gras.

Ces vaches ingèrent à volonté toute la journée ce qui peut avoir la même conséquence sur la synthèse des acides gras du fait de la faiblesse de l'indice de fibrosité.

Classe 4: TB2 ($3 < TB < 4 \text{ g/100g}$), TP2 ($3 < TP < 4 \text{ g/100g}$) et EST2 ($11 < EST < 12 \text{ g/100ml}$)

Les vaches de cette classe sont de la race Holstein pure (**HP**) connue par sa forte production et par la qualité raisonnable de son lait (**FAO, 1998**). Ces vaches ont un rang de lactation entre le premier et le troisième, elles sont également en début de lactation.

On note dans cette classe que l'alimentation est basée sur une ration plus ou moins équilibrée en fourrages et en concentrés ($60/40 < R2 < 80/20$). Le fourrage est basé principalement sur

l'aliment vert (Bersim) et les concentrés principalement sont des composés industriels. Ceux-ci ont une influence négative sur le pH ruminal et la population microbienne du rumen et par conséquent sur la synthèse de l'acide butyrique précurseur des acides gras. (**Michalet Doreau et Sauvart 1989**).

Ajoutant à cela, les vaches de cette catégorie allaitent leurs veaux après la traite, ce qui contribue fortement à la diminution de la teneur en matière grasse.

Au-delà de ces constatations générales, l'analyse détaillée des caractéristiques du lait a fait ressortir ce qui suit :

- ✓ L'influence conjointe des facteurs génétiques (race des vaches) et alimentaires (nature de la ration et le mode de distribution) sur la composition chimique du lait (**Journet et Chilliard ; 1985**).
- ✓ L'analyse des évolutions des taux butyreux permet d'illustrer les effets cumulatifs des différents types d'aliments et le facteur humain (technicité, conduite d'élevage...).
- ✓ La confirmation de la relation entre les types du lait et les systèmes des exploitations (**Agabriel et al 1995**).

Conclusion et recommandations

Au Maroc, l'élevage bovin laitier constitue un secteur d'activité agricole clé. Il a bénéficié d'actions de développement soutenues, en raison de sa contribution à la couverture des besoins nutritionnels de la population humaine, notamment en protéines animales. Il participe également à la création de plusieurs activités génératrices de revenus et de richesses dans le monde rural.

Toutefois, les énormes changements qu'a connus le contexte international concernant ce secteur ont rendu sa situation dramatique. Les stocks mondiaux en produits laitiers sont érodés, mêmes les pays européens ont des difficultés de satisfaire la demande sans cesse croissante en cette denrée. Il est donc impératif d'augmenter la production nationale tout en améliorant la productivité du cheptel bovin.

Dans ce contexte, si les mesures adoptées ont été consenties pour améliorer la structure génétique du cheptel afin d'augmenter les volumes de lait produits, il ne faut pas enregistrer des manques en termes de « qualité ». Or celle-ci devient cruciale pour toute la filière, en raison de ses rôles majeurs dans l'amélioration de la plus-value pour tous les acteurs qui interviennent, et notamment les éleveurs, les coopératives, les centres de collectes, les transformations industrielles et même les consommateurs.

La qualité globale du lait et ses évolutions tout au long du circuit, de l'exploitation à l'usine de transformation demeurent encore mal appréhendées en raison du niveau technique limité des éleveurs, des contraintes organisationnelles au sein de la filière et des aléas climatiques.

Par ailleurs, les unités industrielles de transformations du lait sont les plus conscientes de l'importance de la qualité et de la matière première qu'elles collectent comme levier principal d'amélioration des produits finis qu'elles commercialisent, pour mieux répondre aux exigences des consommateurs, augmenter leurs marges de bénéfices et s'imposer sur le marché.

L'objectif principal de notre étude a été d'essayer de caractériser les facteurs de variation de la qualité chimique du lait dans la zone d'action de Nestlé. Il s'agissait de trouver les principales explications résultantes des relations entre la qualité du lait et des pratiques de gestion. Les principaux résultats obtenus dans cette étude sont comme suit :

- ✓ La quantité du lait, le TB et l'EST sont influencés par d'autres facteurs autres que les facteurs génétiques et alimentaires (rang et stade de lactation, effet de l'homme...).
- ✓ Un apport excessif et non raisonné des concentrés au-delà de 60 % déprécie la teneur du lait en matières grasses.
- ✓ Plus la taille de l'exploitation est grande, plus elle fournit un lait de bonne qualité, du fait de son organisation et sa structure.
- ✓ L'allaitement des veaux après la traite se répercute négativement sur le TB final du lait.

A la lumière de ces résultats, et suite aux tendances identifiés, il est opportun de suggérer certaines recommandations qui nous apparaissent utiles pour une amélioration de la qualité chimique du lait à l'échelle de la zone d'action de Nestlé :

- ✓ Mettre au point, des rations équilibrées à partir des aliments les plus utilisés dans la région au profit des adhérents en vue d'agir sur les composantes chimiques de la qualité du lait et aussi sur la productivité par vache.
- ✓ Améliorer la technicité des éleveurs en matière de qualité du lait et des techniques de distribution des aliments.
- ✓ Conseiller aux éleveurs d'éviter l'allaitement des veaux après la traite, car c'est le lait de fin de traite qui est riche en MG.
- ✓ Conseiller aux éleveurs d'utiliser l'ensilage en quantité plus importante que les concentrés.
- ✓ Conseiller aux éleveurs un fractionnement de la distribution des repas pour laisser aux vaches suffisamment de temps de rumination et par conséquent provoquer une augmentation de la synthèse de MG.

Références bibliographiques

AFNOR, 1977. Dosage d'azote en vue du calcul de la teneur en protéines brutes. Ed. AFNOR, Paris, France.

Agabriel C ; 1995. Relation entre la qualité du lait livré et les caractéristiques des exploitations. INRA Prod Anim ; 8 (4), 251-258

Alais ; 1984. Sciences du lait, principes et techniques laitières. 3ème édition publicité France.

ALAIN BACCINI¹, PHILIPPE BESSE¹, S'EBASTIEN D'EJEAN¹, PASCAL MARTIN, MAGALI SAN CRISTOBAL. ENSA Toulouse. Analyse statistique des données d'expression. Version 2008

Araba et al, 2001. Organisation de la filière laitière au Maroc. Option méditerranéennes, sér B/n°, 52-53

Araba, A ; 2009. Alimentation de la vache laitière Gestion des taux butyreux et protéique du lait.

Benhouda, H, 2006. Analyse des facteurs déterminant la qualité du lait dans quelques exploitations bovines au Tadla. Mémoire du 3ème cycle Agronomie. Option : Productions Animales. IAV Hassan II

Benlekhal A; 2005. Le secteur laitier : quelle mise à niveau. Elevage bovin.

Boujenane; 2002. Les races bovines au Maroc. Actes Editions, Rabat, Maroc.

Boujenane et al ; 2000. Effets non génétiques sur la production laitière des vaches de races Holstein et Frisone au Maroc. Actes et Edition. Rabat.

Cauty et Perreau(2003). La conduite du troupeau laitier. Edition France Agricole.

Coulon et Rémond ; 1998. Facteurs de variation de la proportion de caséines dans les protéines du lait de vache.

Daress,N ; 2005. Gestion de la qualité dans la filière du lait : cas des Doukkala. Mémoire du 32me cycle Agronomie. Option : Productions Animales. IAV Hassan II

Filipovitch, 1954. Étude sur les variations de la densité du lait de mélange, page 129.

FAO, 1998. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection Alimentation et Nutrition n° 28.

Graulet B. Comparaison des teneurs en micronutriments liposolubles du lait de vaches au cours de la période de pâturage sur deux systèmes prairiaux contrastés.

Gret, 1994. Lait. Encyclopédie de l'Agora : économie et écologie.

Hamama A, 1996. Hygiène du lait à la production. Rabat : proceeding de la journée sur la qualité du lait organisée par la direction de l'élevage, Institut agronomique et Vétérinaire Hassan II et l'Association Nationale des éleveurs des Bovins, 20 juin 1996.

Hamama A, 2002. Hygiène et prophylaxie dans les étables laitières. Cours de formation des techniciens de l'Office Régional de la Mise en Valeur Agricole l'Haouz.Marrakech.

Hoden et Coulon ; 1991. Maîtrise de la composition chimique du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la qualité et les taux de matières grasses et protéiques. INRA Prod anim, 4, 361-367.

INRA, 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. Jarrige, INRA, Paris.

Journet et Chilliard ; 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait. Taux butyreux : facteurs généraux. INRA, 60, 13-23.

Labarre J. F; 1994. Nutrition et variation du taux de matières grasses du lait de vache. Méd. Vét, 381-389.

Lebart L, A.Morineau, M.Prion. Statistique exploratoire multidimensionnelle, 3rd ed. Paris, Dunod

Lemens, 1895. Propriétés physico-chimiques nutritionnelles et chimiques : lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre. Ed Luquet, F.M. tech et doc. Paris. France.

Luquet F.M, 1985. Lait et produits laitiers. Édition technique et documentation, Lavoisier Paris.

MADRPM, 1999. Résultats du recensement général de l'agriculture. Rabat. Maroc.

MADRPM, 2000. Résultats du recensement général de l'agriculture. Rabat. Maroc.

MADRPM ; 2003. Elevage en chiffres.

MADRPM, 2004. Résultats du recensement général de l'agriculture. Rabat. Maroc.

Michalet Doreau et sauvant, 1989. Influence de la nature du concentré, céréales ou pulpe de betterave sur la digestion chez les ruminants. INRA Production animale, 235-244.

Nilforooshman M .A, Edriss M ;2004. Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan province. J. dairy Sci

Paccalin et Galantier, 1986. Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre : qualité, énergie et tables de composition. Chap 4 : valeur nutritionnelles du lait et des produits laitiers. 93- 108.

Piris, 1994). composition et coagulation du lait de brebis. L **Graulet B** ait, 425-442.

Peters; 1981. Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone and glucocorticoid response of cows to supplemental light.

Philips et schofield 1989. The effect of supplementary light on the production and behaviour of dairy cows. Animals production, 293-303.

Rémond B, 1987. Influence de l'alimentation sur la composition du lait.2. Taux protéique : facteurs généraux, 53-67.

Schultz 1990. Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy cattle.

Sutton, 1989. Altering milk composition by feeding. J. Dairy Sci

Stanisiewski et al; 1985. Effect of photoperiod on milk yield and milk fat in commercial dairy herds.

SNIMA, 1995. Lait et produits laitiers, méthodes d'analyses. Ed Service de Normalisation Industrielle Marocain. Maroc

SALGHI.R. Analyses physico-chimiques des denrées alimentaires.

Tucker H.A; 1985. Photoperiodic influences on milk production in dairy cows. In "recent advances in animal nutrition – 1985" 211- 221.

Veisseyre R, 1966. Techniques laitières: constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3ème édition. Maison rustique. Paris. P : 2 -96

Veisseyre, 1979. Caractères, composition et structure du lait ; technologie du lait : constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3ème édition, la maison rustique.

(Wattiaux M.A, 2003. lactation et récolte du lait chez la vache laitière, chapitre 19 : composition et valeur nutritive du lait. Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier, Université du Wisconsin, Madison. USA

Annexes



Annexe 1

Fiche Enquête 1

La région :
CCL : N°

Animal	Effectif	Race	Date de naissance	Date de vêlage	Stade de lactation	Rang de lactation	Type d'alimentation		Quantité de lait produite (l/j)
							Fourrage	Concentré	
1									
2									
3									
4									
5									

Fiche enquête 2

- ❖ Système de traite :
Traite manuelle ; machine à traire
- ❖ Chronologie des opérations d'alimentation, de traite et d'abreuvement :
- ❖ Traite : matin ; soir
- ❖ Chronologie de distribution des rations :
- ❖ Abreuvement à volonté : oui ; non
- ❖ Les horaires d'abreuvement :
Avant la traite : après la traite :
- ❖ La nature d'eau fournie :
Potable
De rivière :
De puits :
- ❖ Calendrier fourrager

Aliments	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre

Annexe 2

I. Méthode de dosage de la matière grasse (méthode de Mojonnier)

La méthode Mojonnier est la méthode de référence pour la détermination de la matière grasse dans les produits laitiers. Cette méthode gravimétrique est une adaptation de la méthode Roëse-Gotlieb utilise un appareil spécial, l'appareil Mojonnier.

Principe de la méthode

Le produit laitier est pesé puis dissout dans la phase aqueuse contenant de l'hydroxyde d'ammonium et de l'alcool éthylique. La matière grasse est extraite à l'aide d'un solvant organique immiscible avec l'eau, composé d'éther éthylique et d'éther de pétrole. La phase organique est décantée dans un plat, le solvant évaporé et la matière grasse pesée.

$$\% \text{ Lipides} = \frac{M (\text{lipides})}{M (\text{échantillon})} \times 100$$

Composantes de l'appareil Mojonnier:

- Balance analytique
- Centrifugeuse
- Plaque chauffante
- Four à vide
- Dessiccateur (compartiment à double paroi dans laquelle circule une huile soluble)

Particularités de la méthode:

À cause de la teneur très variable en matière grasse dans les produits laitiers, la quantité d'échantillon pesée, le nombre d'extractions et le volume de solvant utilisé doivent être ajustés en fonction de chaque type de produits laitiers.

Précision de la méthode:

- $\pm 0,02\%$ pour les laits écrémés
- $\pm 0,03\%$ pour les autres laits
- $\pm 0,1\%$ pour les crèmes

Rôle des réactifs:

- Hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) à densité relative 0,8974 : neutralise l'acidité du produit laitier, réduit la viscosité, facilitant ainsi l'action des solvants, et prévient la formation de gel.

- Alcool éthylique à 95% : facilite l'extraction, l'alcool étant miscible avec l'éther en toute proportion; brise toute liaison entre les protéines et les phospholipides qui sont alors inclus avec la matière grasse; facilite la séparation de la phase aqueuse et de la phase organique.

- Éther éthylique (P.E. 35°C) : dissout la matière grasse et la garde en solution étherée. - Éther de pétrole : l'éther de pétrole est un mélange d'hydrocarbures ayant des points d'ébullition entre 40°C et 60°C et sert à éliminer de la solution d'éther toute trace d'eau pouvant contenir des solides non gras.

II. Méthode de dosage des protéines (méthode de kjeldahl) :

Contrairement aux sucres et aux lipides, les protéines contiennent de l'azote. Cette propriété sera exploitée dans la méthode de détermination de la teneur en protéines dans les aliments.

La méthode **Kjeldahl** est la méthode de référence pour la détermination des protéines dans les aliments. Il existe deux versions de la méthode qui utilisent le même principe: la méthode macro-Kjeldahl et la méthode micro-Kjeldahl. Elles diffèrent seulement par l'appareillage utilisé et les quantités d'échantillon; la masse d'échantillon analysée par la méthode macro-Kjeldahl est environ 5 fois plus élevée que celle analysée par la méthode micro-Kjeldahl.

Principe de la méthode

La détermination des protéines par la méthode Kjeldahl s'effectue en trois étapes:

Étape 1: Digestion ou minéralisation de l'échantillon

Pendant l'étape de la digestion, l'azote protéique est transformé en azote ammoniacal par oxydation de la matière organique dans l'acide sulfurique concentré à haute température, en présence d'un catalyseur et d'un sel:

- L'acide sulfurique concentré a pour but d'oxyder la matière organique et de transformer l'azote protéique en ammoniac NH_3 . Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous la forme de sulfate d'ammonium, par action de la base avec l'acide.
- L'addition du sel K_2SO_4 a pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation de la matière organique.
- Le catalyseur utilisé peut être Hg (HgO), Cu (CuSO_4) ou Se .

Étape 2: Distillation de l'ammoniac

Avant de distiller l'ammoniac à la vapeur d'eau, on doit libérer l'ammoniac sous la forme du sel $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ par l'addition d'une solution concentrée de NaOH en excès.

L'ammoniac est ensuite distillé par la vapeur d'eau et piégé dans une solution d'acide borique. L'ammoniac réagit avec l'acide borique pour former des sels borates d'ammonium.

Étape 3: Titrage de l'ammoniac

L'ammoniac sous la forme de borates d'ammonium est titré directement à l'aide d'une solution standardisée d'acide, tel que HCl ou H_2SO_4 , et d'un indicateur:

- On fait un blanc en mettant tous les réactifs sauf l'échantillon, pour soustraire l'ammoniac contenu dans les réactifs de l'ammoniac contenu dans l'échantillon.

Calcul du % de protéines dans l'échantillon

Le % de protéines dans l'échantillon est obtenu en multipliant le % d'azote par un facteur F dépendant du type d'aliment analysé.

$$\% \text{ protéines} = \% \text{ N} \times \text{F} = \frac{(\text{VE} - \text{VB}) \times \text{CN} \times 14,01 \times \text{F}}{\text{M (échantillon)}}$$

Le tableau suivant montre les principaux facteurs utilisés avec la méthode Kjeldahl.

Aliment	Facteur
Farine de blé	5,70
Pain	5,70
Produits laitiers	6,38
Amandes	5,18
Arachides	5,46
Noix du Brésil	5,46
Autres noix	5,30
Facteur général	6,25

N.B : Pour les aliments dont on ne connaît pas la protéine principale ou qui sont préparés avec des ingrédients contenant plusieurs types de protéines, on utilise le facteur général de 6,25.

III. Méthodes de dosage de la teneur en extrait sec total :

L'extrait sec total est défini comme étant le résidu d'un aliment restant après élimination de l'eau dans des conditions expérimentales données. À l'exception des aliments contenant des constituants volatils (alcool, huile essentielle, etc ...), la somme de la teneur en eau et en extrait sec total représente la totalité de l'aliment.

$$\% \text{ H}_2\text{O} + \% \text{ EST} = 100\%$$

Presque tous les aliments contiennent deux types d'eau: l'eau libre, facilement évaporable, et l'eau liée par des ponts hydrogène aux macromolécules, tels les polysaccharides et les protéines. Cette eau est beaucoup plus difficile à évaporer et son élimination par la chaleur dépend des conditions expérimentales utilisées.

Méthode thermogravimétrique

La méthode thermogravimétrique est la méthode de référence pour la détermination de l'eau ou des solides totaux dans les aliments. L'analyse nécessite l'emploi d'une étuve ventilée ou d'un four à vide, ainsi que d'un dessiccateur contenant un agent desséchant.

Principe de la méthode

- ✓ On pèse l'échantillon.
- ✓ Par chauffage dans des conditions prédéterminées, on élimine l'eau jusqu'à ce que la masse de l'échantillon demeure constante.
- ✓ Enfin, on pèse l'échantillon sec, c'est-à-dire l'extrait sec total (les solides totaux).

$$\% \text{ S.T.} = \frac{\text{Masse (EST)}}{\text{Masse (échantillon)}} \times 100$$

$$\% \text{ H}_2\text{O} = 100 - \% \text{ EST}$$

Conditions de chauffage et de pression

- A 100-105 °C (étuve ventilée) ou à 70-75 °C (four à vide)
- Pression atmosphérique (étuve ventilée) ou pression réduite (four à vide).

Annexe 3

Le tableau des données traitées par l'ACP

<i>Echantillon</i>	<i>MG</i>	<i>MP</i>	<i>ESD</i>	<i>EST</i>
1	5,01	3,19	8,74	13,75
2	5,76	2,53	7,33	13,09
3	3,59	3,49	8,64	12,23
4	4,26	3,46	7,97	12,89
5	4,85	3,76	9,03	13,88
6	4,58	3,31	8,46	13,04
7	3,73	3,09	8,24	11,97
8	3,7	3,38	9,17	12,87
9	3,73	3,56	8,8	12,53
10	3,01	3,31	8,49	11,5
11	3,25	3,48	8,55	11,8
12	1,64	3,46	8,69	10,33
13	3,65	3,59	8,78	12,43
14	3,24	4,23	8,74	11,98
15	3,23	3,11	8,03	11,26
16	2,21	3,51	8,47	10,68
17	2,54	2,85	7,89	10,43
18	4,59	3,58	8,67	13,26
19	5,82	3,24	8,24	14,06
20	3,83	3,29	8,11	11,94
21	4,45	2,63	7,58	12,03

22	3,84	4,44	9,57	13,41
23	2,95	3,13	8,27	11,22
24	3,16	3,6	8,81	11,97
25	2,86	3,2	8,29	11,15
26	3	2,87	7,99	10,99
27	4,79	3,68	8,81	13,6
28	4,09	3,02	8,06	12,15
29	4,04	3,64	8,94	12,98
30	5,38	2,85	7,77	13,15
31	3,51	2,88	8,04	11,55
32	4,85	3,91	9,14	13,99
33	4,56	2,74	7,64	12,2
34	4,12	3,13	8,84	12,67



Le tableau des données traitées par la CHA :

	RC	HP	Mtbrd	L 1.3	L 4.6	L >6	HL	BL	P1	P2	P3	R1	R2	R3	Rp1	Rp2	Rp3	Rp >3	TP1	T
1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
2	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
5	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
6	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
7	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
8	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
9	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
10	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
11	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
12	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	
13	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	
14	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	
15	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	
16	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
17	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	
18	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
19	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	
20	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
21	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
22	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
23	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
24	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
25	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
26	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
27	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
28	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
29	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
30	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	
31	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	
32	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	
33	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
34	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	