

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de Master

Spécialité :

**Biotechnologie de l'alimentation et amélioration des performances
Animales**

THEME :

**ETUDE DE LA VALEUR NUTRITIVE DE
QUELQUES SOUS PRODUITS AGRO-INDUSTRIELS**

Présenté par : ABBAS Djihed

Devant le jury composé de :

Mme MEFTI. H	M.C.A.	USDB	Président de jury
Mr BENCHERHALI. M	M.A.A.	USDB	Promoteur
Mme HADJ KADDOUR.A	M.A.A.	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2014 / 2015

Remerciements

Avant tout, Je remercie le bon Dieu tout puissant de m'avoir accordé la volonté, le courage, la patience, et les moyens pour suivre mes études et pour la réalisation de ce travail.

Je tiens à exprimer ma très grande considération et ma vive reconnaissance à mon promoteur, Monsieur **BENCHERCHALI MOHAMMED**, pour sa patience, ses précieux conseils, le suivi et l'orientation dont j'ai pu bénéficier, qu'il trouve ici mes sentiments de gratitude.

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont à l'encontre de Madame **MEFT KORTBY HAKIMA**, M.C.A à l'université de SAAD DAHLAB de BLIDA. 1 pour l'honneur qu'elle m'a fait d'être président de jury pour l'évaluation de ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont également à Madame **HADJ KADDOUR**, Maître assistant à l'université de SAAD DAHLEB de BLIDA 1, pour l'honneur qu'elle a fait d'avoir acceptée d'examiner ce travail.

Mes remerciements vont également à tous mes enseignants de la spécialité, Monsieur **HOUMANI. M**, Monsieur **MEHANNI. R**, Monsieur **BOUKHELIFA. A**, Madame **OUAKLI. K**, Madame **BABA ALI. A**, Madame **SID. S**, pour leurs aide et leurs encouragements.

Dédicace :

Avec les sentiments de la plus profonde humilité, je dédie ce modeste travail :

*A ma bien aimée très chère mère, symbole de l'amour et de l'affection, celle qui m'a toujours
Encouragée.*

A mon très cher père qui est à l'origine de ce que je suis.

A mes chères sœurs: Sihem, Rania.

A mon beau frère : Halim.

A mes chers grands parents.

A ma très chère tante Nadia.

A mes chers cousins : Dalila, Ahmed, Meriem.

A une personne qui m'a toujours soutenue et qui a été à mes cotés Islem.

A ma très chère : Isra.

A mon ange : Mounira.

A une personne que je n'oublierai jamais dans ma vie.

A mes amis : Edmend, Khadidja, Sarah, Bahia, Khaled, Marwan, Abdou.

*A mes amis de la promotion : Loubna, Sofiane, Abderrahmane, Akila, Abdelhafid,
Ibtissem, Hanane, Ahlem, Imene, Hayat, Imene Dj, Houcine.*

A deux humbles personnes qui m'ont vraiment aidé.

A la technicienne de laboratoire d'écologie : Amina et notre gardien de l'université : Merzak,

*A tous ceux et celles qui m'ont apportés un soutien moral, qu'ils veuillent bien accepter mes
sincères remerciements. Tous ceux qui ont contribué, de près à l'élaboration de ce travail.*

Djihed.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
--------------------	---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Caractéristiques physico-chimiques des sous produits agro-industriels.....	2
1.2. Les pulpes d'agrumes.....	2
1.2.1. Caractéristique physiques.....	2
1.2.2. Composition chimique.....	3
1.3. Les grignons d'olives.....	6
1.3.1. Caractéristiques physiques.....	6
1.3.2. Composition chimique des grignons.....	6
1.4. Les pulpes d'olives.....	9
1.5. Le gluten de maïs.....	9
1.6. Les drêches de brasserie.....	10
1.7. Les pulpes de tomates.....	13
Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants.....	16
2.1. Les pulpes d'agrumes.....	16
2.2. Les grignons d'olives.....	20
2.2. 1.Utilisation des grignons d'olives chez les ovins.....	21
2.2. 2. Utilisation des grignons d'olives chez les bovins.....	22
2.3. Les pulpes d'olives.....	23
2.4. Le gluten de maïs.....	24
2.5. Les drêches de brasserie.....	27
2.5.1. Utilisation des drêches de brasserie par les ruminants.....	28
2.6. Les pulpes de tomates.....	29
2.6.1. Utilisation de la pulpe de tomate en alimentation animale.....	29

PARTIE EXPERIMENTALE

Matériel et Méthode

1- Objectif expérimental.....	32
2-Sous produits utilisés.....	32
2.1-Drêches de brasserie.....	32
2-2.Grignons d'olives.....	33
2-3.Gluten de maïs.....	33
2.4- Pulpes d'agrumes.....	33
2.5- Pulpes de tomates.....	34
2-6. Pulpes d'olives.....	34
3-Lieu de l'expérimentation.....	35
4-Méthodes d'analyses chimiques.....	35
4.1- Détermination de la matière sèche (MS).....	35
4.2- Détermination de la matière minérale (MM).....	36
4.3- Détermination de la matière organique (MO).....	36
4.3- Détermination de la cellulose brute (CB).....	37
4.5- Détermination des matières azotées totales (MAT).....	38
4.6.Détermination des matières grasses (MG).....	39
4.7.Fractionnement de la paroi végétale par les méthodes de VAN SOEST (1963) et VAN SOEST ET WINE (1967).....	39
4.7.1MODE OPERATOIRE.....	40
1- détermination du neutral detergent fiber NDF.....	40
2-détermination de la lignocellulose ADF.....	41
5. Calcul de la valeur nutritive à partir des équations de l'INRA, 2007.....	42
5.1- Equations de prévision de la valeur énergétique.....	42
5.2- Equation de prévision de la digestibilité de la MO (dMO).....	42
5.3- Equation de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE).....	42
5.4- Calculs des valeurs énergétiques.....	42
5.5- Equation de prévision de la Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT).....	42
5.6-Equation de prévision de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr).....	42

5.7-Calculs des valeurs azotées (g / Kg).....	42
6- Calculs statistiques.....	42
Résultats et Discussion	
Composition chimique des sous produits étudiés.....	44
1-1 Teneur en matière sèche (MS).....	44
1-2 Teneur en matière organique (MO).....	45
1-3 Teneur en matières azotées totales (MAT).....	45
1-4 Teneur en cellulose brute (CB).....	46
Teneur en matières grasses (MG).....	47
Teneurs en parois des sous produits étudiés.....	47
2-1 Teneur en parois totales (NDF).....	48
2-2 Teneur en lignocellulose (ADF).....	48
2-3 Teneur en hémicellulose.....	48
Valeurs énergétiques des sous produits étudiés.....	49
3-1. Les valeurs UFL.....	50
3-2. Les valeurs UFV.....	50
Valeurs azotées des sous produits étudiés.....	51
4-1. Les valeurs PDIA.....	51
4-2. Les valeurs PDIN.....	51
4-3. Les valeurs PDIE.....	52
CONCLUSION	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

Résumé:

Le travail effectué, représente une contribution à la connaissance de la valeur nutritive du gros son (témoin) et de quelques sous produits agro-industriels (drêches de brasserie, gluten de maïs, grignons d'olives et pulpes : d'agrumes, d'olives et de tomates) récupérés au niveau des unités de transformation.

Ce travail, englobe :

- la détermination de la composition chimique : MS, MO, MAT, CB, MG, NDF, ADF et hémicellulose de ces sous produits.
- Le calcul des apports énergétiques et azotés de ces sous produits à partir de leur composition chimique.

Les sous produits étudiés, sont caractérisés par une composition chimique intéressante. Ils sont tous riches en MO (source d'énergie) ; alors que le gluten, les drêches et les pulpes de tomates, sont les plus pourvus en MAT, avec respectivement : 29,83 – 22,85 et 18,23 %. Les pulpes d'olives avec 33,46 % de MG, sont les plus riches en cet élément. Alors que les grignons d'olives, sont les plus celluloses, ils contiennent : 36,43 % de CB, 64,81 % de parois totales, 30,1 % de lignocellulose et 34,71 % d'hémicellulose.

Les apports énergétiques et azotés, sont plus élevés avec les drêches, le gluten et le gros son ; alors que les pulpes d'agrumes, d'olives et de tomates, sont plus énergétiques qu'azotées. Enfin, les grignons d'olives, ont la plus faible valeur nutritive.

Mots clés : drêches de brasserie, gluten de maïs, grignons d'olives, pulpes d'agrumes, pulpes d'olives, pulpes de tomates, composition chimique, valeur nutritive.

ABSTRACT :

The completed work is a contribution to the knowledge of the nutritional value of bran (witness) and some agro-industriel products (brewers grains, corn gluten feed, pomace olives and pulps : Citrus, of olives and tomatoes) recovered at the processing units.

This work , consists of :

-Determination of the chemical composition : (DM, OM, TNM, FAT, CF, CWC) of this agro-industriel products.

- Calcululation of energy supply and nitrogen of this agro-industriel products from chemistry by using equations of INRA 2007.

The agro-industriel products studied , are characterized by an interesting chemical composition. They are all rich in organic matter (energy source). The TNM is mostly provided in The corn gluten feed, brewers grains, and pulps of tomatoes, with respectively : 29,83 – 22,85 et 18,23%. The olive pulps with 33,46% of fat are the fullest rich in this element.

Unlike the pomace olives which are the most cellulosic . They contain 36,43of CF, 64,81% total wall, 30,1 lignocellulose and 34,71 hemicellulose.

Contributions of energy and netrogen, are higher with brewers grains, corn gluten and bran, contrary to the pulps citrus, olives, tomatoes which are more energetic than netrogenous . Finally, the pomace olives , have the weakest nutritional value.

Keywords : brewers grains, corn gluten feed, pomace olives, citrus pulps, olive pulps and tomatoe pulps, chemical composition, Nutritional value.

ملخص:

يمثل العمل المنجز مساهمة في معرفة القيمة الغذائية لنخالة القمح (شاهد) و بعض المنتجات الفرعية (مخمرات الحبوب، غلوتين الدرة، ثفل الزيتون، لب: الحمضيات، الزيتون و الطماطم) المسترجعة على مستوى وحدات التحويل

يشمل عملنا:

- تحديد التركيبة الكيميائية: (المادة الجافة،المادة العضوية، المادة الازوتية الكاملة، السليلوز الخام، المادة الدهنية، و بعض المكونات العشائية لهذه المنتجات الفرعية.

- حساب المساهمات الطاقوية و الازوتية لهذه المنتجات الفرعية انطلاقا من مكوناتها الكيميائية باستعمال معادلات المعهد الوطني للبحوث الزراعية (2007).

تتميز المنتجات الفرعية المدروسة بتركيبية كيميائية هامة حيث أنها غنية بالمواد العضوية (مصدر الطاقة) ; بينما ثفل الزيتون، مخمرات الحبوب، لب الطماطم هم الأكثر احتواء على المادة الازوتية الكاملة بنسب . 29,83- 22,85- 18,23% على الترتيب.

لب الزيتون الأكثر غنى بالمادة الدهنية بنسبة % 33.46 ;بينما ثفل الزيتون هو الأكثر احتواء على السليلوزحيث يتكون من: 36.43 بالمائة من السليلوز الخام و 64.81 بالمائة من مجموع الأغشية و 30.01 بامائة من اللينوسليلوز و34.71 بالمائة من الهيميسليلوز.

تتواجد المساهمات الطاقوية و الازوتية بنسبة عالية في مخمرات الحبوب، غلوتين الدرة، نخالة القمح، بينما يعتبر لب: الحمضيات، الزيتون و الطماطم منتوجات طااقوية اكثر منة ازوتية، و أخيرا يعتبر ثفل الزيتون الأقل من حيث القيمة الغذائية.

الكلمات المفتاحية : مخمرات الحبوب، غلوتين الدرة، ثفل الزيتون، لب الحمضيات، لب الزيتون ،لب الطماطم، قيمة غذائية، تركيبية كيميائية .

Liste des abréviations

ADF : Acide Detergent Fiber
Ca : Calcium
CB : Cellulose brute
CMV : Complément Minéraux Vitaminés
CUD : Coefficient d'utilisation digestive
FAO : Food Agricole Organisation
g/j : gramme par jour
g/Kg : gramme par Kilogramme
GMQ : Gain Moyen Quotidien
GO ; Grignons d'olives
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique (France)
Kcal : kilocalorie
Kg/j : Kilogramme par jour
Kg P^{0.75} : Kilogramme de poids métabolique
MAD : Matières azotées digestibles
MAT : Matières azotées totales
MG : Matières Grasses
MM : Matières minérales
MO : Matière organique
MOD : Matière organique digestible
MOF : Matière organique fermentescible
MS : Matière sèche
N: Azote
NDF: Neutral Detergent Fiber
P : Phosphore
PDIA : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire
PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine énergétique
PDIM : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne
PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine azotée
PV : Poids Vif
Qi M : Quantité ingérée par les moutons
RTM : Ration Totale Mélangée

U : Urée

UE : Unité d'encombrement

UEB : Unité d'encombrement bovin

UEL : Unité d'encombrement lait

UEM : unité d'encombrement mouton

UF : Unité fourragère

UFL : Unité fourragère lait

UFV : Unité fourragère viande

Liste des tableaux

Tableau 01 : Composition chimique des pulpes d'agrumes (% de la MS).....	4
Tableau 02 : Composition chimique des pulpes d'agrumes.....	5
Tableau 03 : Composition chimique indicative des différents types de grignons.....	8
Tableau 04 : Caractéristiques des constituants pariétaux des grignons.....	8
Tableau 05 : Composition chimique des pulpes d'olives en % de la MS.....	9
Tableau 06 : Composition chimique du gluten de maïs.....	10
Tableau 07 : Composition chimique moyenne des drêches de brasserie.....	11
Tableau 08 : Teneur en acides aminés en % de protéines brutes.....	12
Tableau 09 : Concentration des drêches humides en différents éléments minéraux (g/kg de MS).....	12
Tableau 10 : Composition chimique de la pulpe de tomate.....	15
Tableau 11 : Effet des sous-produits d'agrumes sur les performances des ruminants en lactation.....	18
Tableau 12 : Effet des sous produits d'agrumes sur les performances de croissance des ruminants.....	19
Tableau 13 : Coefficients de digestibilité apparente(%).....	20
Tableau 14 : Entretien des brebis gestantes avec des rations à base de grignons d'olives.....	22
Tableau 15 : Digestibilité du tourteau d'olive.....	24
Tableau 16 : Composition chimique moyenne des principaux sous-produits du maïs (en % de matière sèche).....	25
Tableau 17 : Résultats de rendement issus de 84 études sur bouvillons.....	26
Tableau 18 : Recommandations d'utilisation du gluten de maïs.....	26

Tableau 19 : Coefficient d'utilisation apparente (CUD %) de la drêche de brasserie chez des lapins mâles en croissance.....	27
Tableau 20 : Valeur azotée des drêches de brasserie (g/Kg de MS).....	28
Tableau 21 : Modèles de rations à base de drêches de brasserie, destinées à l'alimentation des vaches laitières.....	29
Tableau 22 : Valeur nutritive de la pulpe de tomate.....	29
Tableau 24 : Composition chimique des sous produits étudiés.....	44
Tableau 25 : Teneurs en parois des sous produits étudiés.....	48
Tableau 26 : Valeurs énergétiques des sous produits agro-industriels étudiés.....	50
Tableau 27 : Valeurs azotées des sous produits agro-industriels étudiés.....	51

Listes des figures :

Figure 01 : Schéma de transformation des fruits d'agrumes.....	3
Figure 02 : Vue d'ensemble des produits, sous-produits, et résidus dans l'industrie de l'huile d'olive.....	7
Figure 03 : Processus de fabrication de la pulpe de tomate.....	14

Liste des photos

Photo 01 : Drêches de brasserie.....	32
Photo 02 : Grignons d'olives.....	33
Photo 03 : Gluten de maïs.....	33
Photo 04 : Pulpes d'agrumes fraîches.....	34
Photo 05 : Pulpes de tomates.....	34
Photo 06 : Pulpes d'olives.....	35

INTRODUCTION

INTRODUCTION

En Algérie, le déficit en eau et en surface cultivable, entraîne un faible potentiel fourrager ; d'où une grande difficulté à produire suffisamment de produits animaux de qualité pour satisfaire les besoins de la population humaine. Afin d'y remédier, l'Etat a recours aux importations de produits animaux à l'instar des produits laitiers et carnés.

En Algérie, le problème de l'alimentation du bétail se pose plus qu'ailleurs, ce qui oblige l'Etat, à recourir à l'importation de grandes quantités d'aliments, surtout des concentrés (maïs, orge, tourteaux de soja) (CHEHMA et al, 2002).

Selon MOUDJAHID et al 2000, dans de nombreux pays en voie de développement, une bonne partie de l'alimentation des ruminants est principalement basée sur l'utilisation des pâturages et des résidus de culture (paille de céréales, cannes de maïs, de sorgho,...). Le principal problème de l'utilisation de ces fourrages réside dans leur déséquilibre nutritionnel : une faible teneur en protéines, une faible digestibilité et un déficit en minéraux et en vitamines. Ces caractéristiques limitent les quantités ingérées de ces fourrages et permettent rarement d'atteindre un niveau alimentaire d'entretien. Classiquement, l'amélioration de la valeur alimentaire de ces fourrages est obtenue par un apport d'énergie et de protéines pour activer la fermentation dans le rumen.

A cet effet, les spécialistes de ce domaine cherchent souvent à trouver des compléments alimentaires locaux qui puissent remplir trois conditions essentielles : une abondance sur le site d'élevage, des prix abordables pour les éleveurs et surtout un potentiel nutritionnel avéré et exploitable.

Selon PROOT, 2002, la valorisation des résidus agroalimentaires, est : le réemploi, le recyclage ou toutes autres actions, visant à obtenir à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie. Elle est devenue une pratique nécessaire parce qu'elle permet de sauvegarder l'environnement et évite ainsi une pollution de plus en plus sérieuse, baisse le coût alimentaire, comble le déficit fourrager et par conséquent, améliore la production animale.

Parmi les espèces animales, les herbivores et plus exactement les ruminants, possèdent des capacités de transformation des sous produits en protéines animales.

Ainsi notre travail, s'inscrit dans cet objectif, celui de valoriser les sous produits agro industriels.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Caractéristiques physico-chimiques des sous produits agro industriels.

L'Algérie dispose d'une quantité appréciable de sous produits agricoles (pailles de céréales, bois de taille (sarments de vigne, brindilles d'olivier,...) et agro-industriels (grignons d'olives, les marcs de raisin, les pulpes d'agrumes, ...), représentant des tonnages importants qui sont le plus souvent inutilisés et dans certains cas, ils contribuent à élever le niveau de pollution. Pourtant, ces sous produits, ont une valeur nutritive acceptable ; leur utilisation dans l'alimentation du bétail, s'avère intéressante, car ils peuvent participer à la résorption du déficit alimentaire chronique dont le cheptel herbivore algérien endure depuis toujours. En effet, selon LAURE (1991), la valorisation de ces sous produits dans l'alimentation animale, permet de baisser les coûts et d'atténuer le déficit fourrager. Ce chapitre, est une synthèse sur la composition physico-chimique des sous produits agro-industriels étudiés.

1/ Les pulpes d'agrumes.

Les agrumes, comprennent plusieurs fruits : orange (*Citrus sinensis*), mandarine (*C. reticulata*), citron (*C. limon*), pamplemousse (*C. paradisi*) ... Leur transformation par les usines agro-alimentaires (jus, confiture, certaines liqueurs...), est accompagnée d'une production très importante de sous produits, de nature et d'importance très variables, contenant des proportions variables de pulpes, d'écorces et de pépins d'agrumes (AGHSAGHALI et MAHERI, 2008).

En Algérie, une quantité énorme de résidus d'agrumes est produite annuellement estimée à 1.488.000 tonnes/an (FAO, 2007).

1.1. Caractéristique physiques :

Après extraction du jus des fruits d'agrumes le sous-produit obtenu est généralement constitué de trois fractions : l'écorce, les pépins et la pulpe proprement dite (Figure 1). Ce mélange est ensuite pressé pour récupérer une "liqueur" renfermant les huiles essentielles et la mélasse d'agrumes ; il reste alors un résidu appelé pulpe pressée (24 % de matière sèche) qui peut être déshydraté après réincorporation éventuelle de la mélasse.

On peut obtenir en moyenne pour une quantité de 100 Kg de fruits traités, l'équivalent de 7 Kg de pulpe déshydratée (92% MS) (RIHANNI, 1991). Ce schéma peut cependant présenter des variations, notamment en ce qui concerne la quantité de chaux ajoutée pour faciliter le pressage de la pulpe fraîche, l'incorporation de la mélasse et la température de séchage de la pulpe.

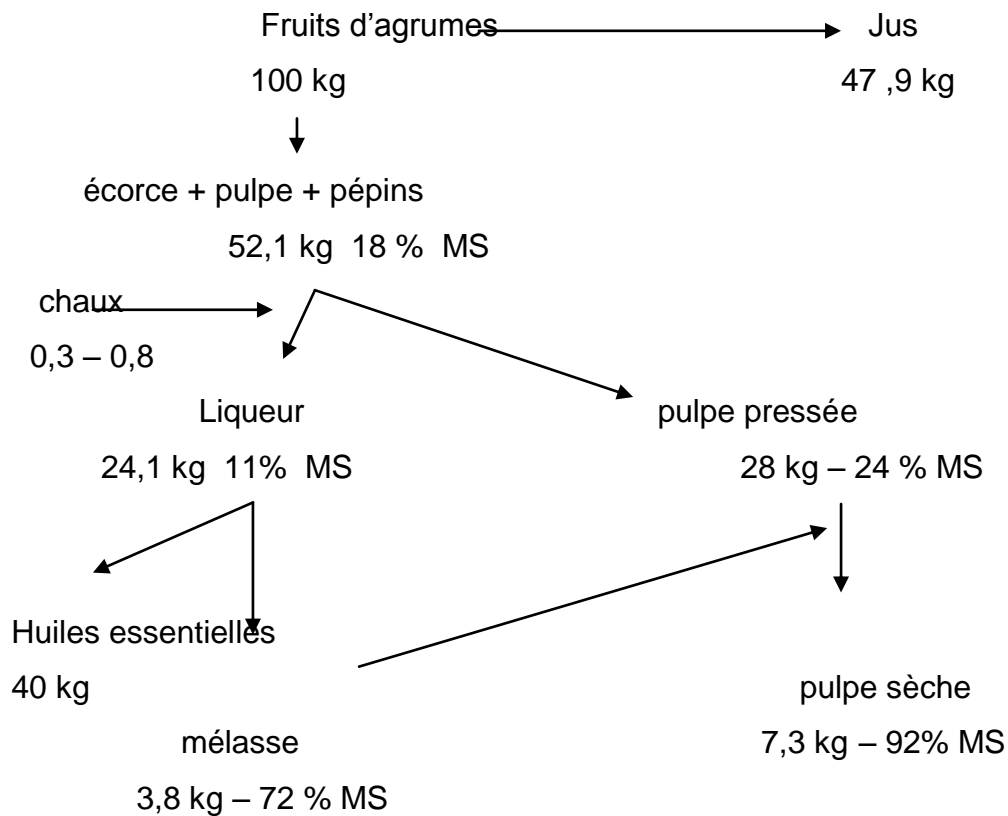


Figure. 1. Schéma de transformation des fruits d'agrumes (VELLOSO, 1985, cité par BENCHERCHALI, 1994).

La pulpe fraîche ou pressée, présente des teneurs élevées en eau (76 à 82 %) et en sucres solubles. De ce fait c'est un sous-produit périssable qui fermente rapidement et qui développe vite des moisissures. Par ailleurs et afin de diminuer le coût du transport, la quasi totalité de la pulpe produite est séchée au niveau des usines de transformation, elle se présente alors sous forme granulée ou agglomérée.

AMMERMAN, (1972), a étudié quelques caractéristiques physiques sur 24 échantillons de pulpe sèche d'agrumes, il a rapporté les proportions respectives de pulpe, écorce et pépins en moyenne de l'ordre de 45,5 ; 49,5 et 5 % avec toutefois des variations importantes (27 à 68 %, 29 à 69 % et 2 à 8 % respectivement). La variété et la nature des fruits de départ ainsi que les conditions de traitement sont à l'origine de ces variations. Les pulpes d'agrumes, présentent, un goût légèrement acide et amer.

2.2. Composition chimique :

Les pulpes d'agrumes, ont des caractéristiques physiques et nutritionnelles très proches des pulpes de betteraves sucrières. Leur composition chimique, a été étudiée par plusieurs auteurs en région Méditerranéenne (GIGER et al, 1980 ; PASCUAL, 1980 ; LANZA, 1982 ; RIHANI et al, 1986), en Amérique (AMMERMAN, 1976 ; VELLOSO, 1985), et en Australie (BARTSH, 1979 ; HUTTORT, 1987).

Les pulpes d'agrumes, se caractérisent par des teneurs faibles en MAT (6 à 7 %) (tableau 4). HUTTORT, (1987), a rapporté que seulement la moitié de cet azote est sous forme de protéines vraies. De plus, ces protéines ont des valeurs de solubilité faibles de l'ordre de 25% (VERITE et al, 1981), ceci étant vraisemblablement lié à la déshydratation que subit la pulpe lors de la fabrication.

Selon PICCIONI (1965), ce sont des sous produits très intéressants pour toutes les espèces de ruminants. Ces résidus, ont un faible contenu protéique (6 à 9 % de la MS), mais possèdent des taux de sucres élevés donnant une forte valeur énergétique (1UF/kg de MS). La pulpe d'agrumes, se caractérise par une faible teneur en MAT (tableau 5), mais elle est riche en sucres solubles et pectines.

Tableau 4 : Composition chimique des pulpes d'agrumes (% de la MS).

Composants chimiques	PERROT (1984) cité par TAHERTI (1985)	ITEBO (1992)	BENCHERCHALI (1994)
MS	90	12 à 20 (P. fraîches)	87,82
MO	93,7	93 à 98	93,04
MM	6,3	2 à 3	6,96
MAT	6,2	6 à 9	6,52
CB	11,6	10 à 14	10,54
MG	3,4	2 à 4	3,14
Ca	-	2 à 3 g /kg MS	-
P	-	0,1 à 0,2 g/kg MS	-

Avec une teneur en parois (NDF) de l'ordre de 20% et une teneur en lignine ne dépassant pas 2 à 3 % de la MS, les pulpes d'agrumes, peuvent être classées parmi les aliments à cellulose facilement digestible (FEHR, 1980). Ses teneurs en substances pectiques et en sucres hydrosolubles sont particulièrement élevées. RIHANI et al. (1985), ont rapportés des valeurs respectives de 11 et 31 %. Les substances pectiques

Chapitre 1 : Caractéristiques physico-chimiques des sous produits agro-industriels.

sont essentiellement des acides pectiques et pectiniques et des protopectines, alors que la fraction des sucres hydrosolubles renferme surtout du sucrose.

Cette composition est en fait très variable selon la variété et les proportions relatives des divers agrumes utilisées.

Elles sont modérément riches en matières grasses (2 à 5 %) et fortement riche en calcium (1 à 2 %) à cause de l'addition de chaux lors de la transformation des fruits. En revanche, elles sont pauvres en phosphore (0,03 à 0,2 %) et quasiment dépourvue de vitamine A.

A titre indicatif, les pulpes d'oranges sont plus pauvres en extrait étheré, en minéraux et en parois et plus riches en matières azotées que les pulpes de citrons ou de pamplemousses. Les différences dans les proportions relatives des pépins, de l'écorce et des particules fines sont à l'origine de ces variations. En effet, AMMERMAN (1972), a noté que les pépins sont très riches en matières azotées et en extrait étheré alors que les autres fractions apportent plus de composés pariétaux et de matières minérales.

Tableau 5 : Composition chimique des pulpes d'agrumes (INRA, 1988).

Composants chimiques	Valeur moyenne	Valeurs extrêmes
Matière sèche de la pulpe séchée (%)	90	-
Matière sèche de la pulpe fraîche, ensilée ou réhumectée (%)	-	10 - 25
Matières minérales (% MS)	6	2 – 7*
Matières azotées totales (% MS)	7	6 - 9
Cellulose brute (% MS)	14	12 – 15**
Matières grasses (% MS)	3	2 - 4
Calcium (g/kg MS)	-	1 – 20*
Phosphore (g/kg MS)	-	0,1 - 0,2
Potassium (g/kg MS)	-	0,6 – 0,9
Sodium (g/kg MS)	-	0,1 – 0,3
Magnésium (g/kg MS)	-	0,1 – 0,3
Cuivre (mg/kg MS)	-	7
Manganèse (mg/kg MS)	-	8
Zinc (mg/kg MS)	-	10

*: influence de la technologie : traitement à la chaux ** : influence de la

technologie et du fruit d'origine

3/ Les grignons d'olives :

3.1. Caractéristiques physiques :

Les grignons bruts, renferment la coque du noyau réduite en morceaux, la peau et la pulpe broyée de l'olive, environ 25 % d'eau et une certaine quantité d'huile qui favorise leur altération rapide.

Les grignons épuisés, diffèrent essentiellement par une plus faible teneur en huile et une teneur en eau réduite du fait qu'ils ont été déshydratés au cours du processus de l'extraction. Les grignons épuisés partiellement dénoyautés sont constitués essentiellement par la pulpe (mésocarpe) et contiennent encore une petite proportion de coques qui ne peuvent être séparées complètement par les procédés de tamisage ou de ventilation utilisés (figure 2).

3.2. Composition chimique des grignons :

Contrairement aux autres tourteaux oléagineux, les grignons bruts sont pauvres en matières azotées et riches en cellulose brute. Ils restent relativement riches en matières grasses. Le dénoyautage partiel par tamisage ou ventilation réduit les teneurs en cellulose brute (Tableau 6). Les pulpes, du fait de la séparation totale du noyau avant pression, ont la valeur la plus faible en cellulose brute.

Les valeurs indiquées dans le tableau 6, sont très variables principalement pour les grignons bruts et les grignons gras partiellement dénoyautés et ne peuvent être considérées que comme indicatives. Il est à noter que ces différents grignons proviennent d'olives d'origines variées et ont subi des traitements différents ce qui explique l'hétérogénéité de certains résultats.

a) La cellulose brute :

Comme il est indiqué au tableau 6, le taux de cellulose brute est élevé pour les grignons non dénoyautés. Le dénoyautage partiel réduit considérablement cette teneur, mais même la pulpe pure contient autour de 20 % de cellulose brute (FAO, 1984). L'analyse des fibres par la méthode de Van Soest et al (1975) révèle que les grignons ont des teneurs très élevées en constituants pariétaux (NDF), en lignocellulose (ADF) et en lignine (ADL) (Tableau 7).

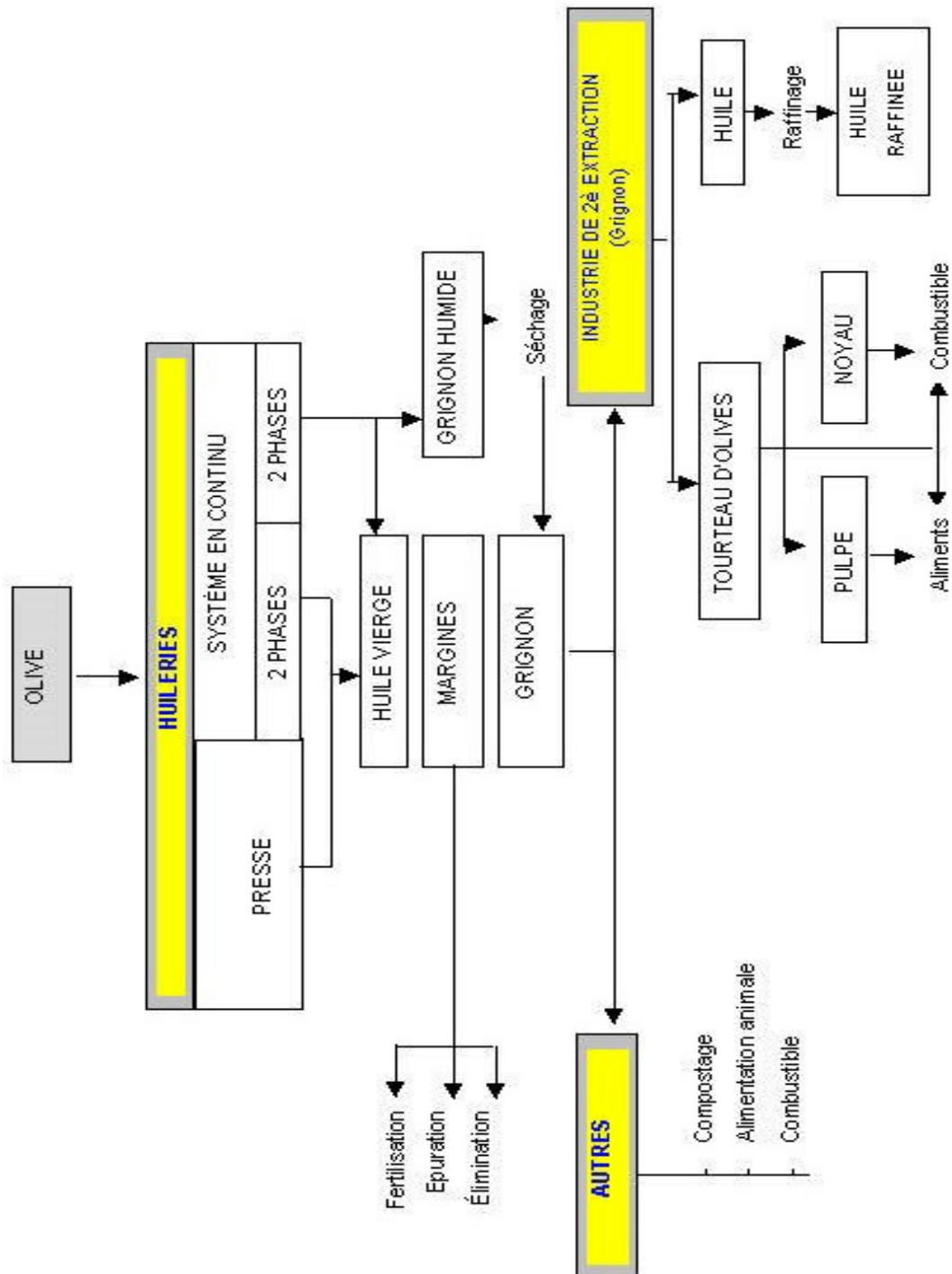


Figure 2 : Vue d'ensemble des produits, sous-produits, et résidus dans l'industrie de l'huile d'olive.

Tableau 6 : Composition chimique indicative des différents types de grignons (FAO, 1984)

Type	% de la Matière Sèche				
	Matière sèche	Matières minérales	Matières azotées totales	Cellulose brute	Matières grasses
Grignon brut	75–80	3–5	5–10	35–50	8–15
Gr. gras part. dénoyauté	80–95	6–7	9–12	20–30	15–30
Grignon épuisé	85–90	7–10	8–10	35–40	4–6
Gr. épuisé part. dénoyauté	85–90	6–8	9–14	15–35	4–6
Pulpe grasse	35–40	5–8	9–13	16–25	26–33

Tableau 7 : Caractéristiques des constituants pariétaux des grignons

	Grignon Epuisé (Tunisie) (1)	Grignon épuisé partiel Dénoyauté		
		Tunisie (1)	Espagne (2)	Grèce (3)
N.D.F.	72	55	70	83
A.D.F.	60	45	-	64
A.D.L.	31	29	31	24

(1)Nefzaoui, 1979.

(2)Alibes et Berge, 1983.

(3) Ohlde et Becker, 1982.

Le tamisage paradoxalement réduit donc surtout la cellulose et très peu la lignine. Cette composition en constituants pariétaux des grignons d'olives est comparable à celle des pailles de céréales avec un degré de lignification apparemment plus élevé.

b) Les matières azotées totales :

La teneur en MAT, varie selon le type de grignon (cf. tableau 6), mais reste relativement modeste. L'azote protidique constitue plus de 95 % de l'azote total et sa solubilité est particulièrement faible : 1,5 % de l'azote total (ZELTER, 1968, cité par THERIEZ et BOULE, 1970), et de 3 % selon NEFZAOUI (1983). Une grande partie des

protéines (80 à 90 %) est liée à la fraction lignocellulosique (ADF-N) (NEFZAOUI, 1983).

c) Les lipides :

La matière grasse des grignons, est très riche en acides gras en C16 et C18 insaturés qui constituent 96 % du total des acides gras. Les grignons sont très vulnérables à l'oxygène atmosphérique responsable en grande partie de l'altération des propriétés organoleptiques. Cependant THERIEZ et BOULE (1970), ont noté que l'huile rancie des grignons ne semble pas être la cause de la chute de digestibilité qu'ils ont observés en in-vitro, les résultats obtenus avec des grignons amassés pendant plus d'un an étant les mêmes que ceux de grignons frais.

Les matières grasses des grignons bruts, peuvent constituer un apport d'énergie important mais dans le cas des grignons épuisés cet apport est limité.

4/ Les pulpes d'olives :

Résidu de consistance pâteuse à humidité supérieure à 60 % ; ce résidu apparaît lorsqu'on utilise le système d'extraction à deux phases. Elles sont obtenues, en séparant le noyau et la pulpe du grignon.

Très peu de travaux, ont été faits sur les pulpes d'olives (tableau 8).

Tableau 8 : Composition chimique des pulpes d'olives en % de la MS (GHAMRI, 1979).

	MS	MAT	MG	CB	MM
Pulpes d'olives	78	10 ,03	07,03	22,07	05,00

5/ Le gluten de maïs :

La production globale du maïs dans le monde en 2003, a dépassée 630 millions de tonnes, ce qui le place premier devant le blé (550 millions de tonnes). Cette production, a augmenté de 30% depuis 1993. Cependant, la production de blé, sorgho et orge sont restés relativement constants. En effet, la production de maïs pour l'industrie du carburant en tant qu'éthanol, est sans doute l'un des facteurs qui ont justifié l'augmentation de sa production durant la dernière décennie (AARON, 2005).

Le maïs est la céréale de choix pour l'alimentation des volailles. C'est l'ingrédient le plus utilisé dans l'alimentation des monogastriques. La composition chimique du gluten de maïs, est représentée dans le tableau 9.

Tableau 9 : Composition chimique du gluten de maïs (AARON, 2005)

Matière sèche %	42	Calcium g / kg MS	0,3
Matières azotées totales % MS	16	Phosphore g / kg MS	5,6
Amidon % MS	26	Magnésium g / kg MS	2,3
Sucres % MS	2	Potassium g / kg MS	9,0
Cellulose brute % MS	8,6	Sodium g / kg MS	2,0
NDF g / kg MS	Nc	Méthionine total g / kg MS	2,4
ADF g / kg MS	Nc	Lysine total g / kg MS	5,3
Matière grasse % MS	2,8	MéthD Porc g / kg MS	1,8
Matière minérale % MS	4,5	LysD Porc g / kg MS	3,1

Le gluten de maïs, présente les caractéristiques suivantes (AARON, 2005) :

- Equilibre énergie/protéines.
- Teneurs en amidon et protéines élevées.
- Fibres très peu lignifiées.
- Alliance des fibres, amidon et protéines.
- Appétence et odeur de pain frais.
- Processus physique et facilité d'ensilage.
- Disponibilité toute l'année.

6 / Les drêches de brasserie :

La teneur en MS des drêches de brasserie, rapportée par la table de nutrition animale de l'AEC (1987) se situe à 90 %.

Selon DE CLERCK (1984), la matière sèche des drêches de brasserie à l'état humide varie entre 20 à 25 %. Par contre, pour les drêches séchées, elle est de 91 % pour BOURDON et al, (1984) et varie entre 88 et 92 % pour LAKABI (1999) et LOUNAOUCI (2001).

Les drêches de brasserie, sont relativement riches en MAT (tableau 10), car elles contiennent l'assise protéique et le germe de grain de l'orge. Ces protéines sont peu solubles ; la fraction soluble étant retrouvée dans le mout (ANONYME, 2003). Selon la table de nutrition animale de l'AEC (1987), la teneur en MAT des drêches de brasserie se situe à 26 % de la MS ; alors que JARRIGE (1988) rapporte que la valeur moyenne des matières azotées totales des drêches est de 30 % de la MS. BENSOUULA (1988) et MAHIOUT et BELKACEM (1997), annoncent que les teneurs en protéines des drêches, se situent entre 20 et 33 % de la MS et que cette fraction protéique des drêches, est peu fermentescible dans le rumen..

La qualité protéique des drêches de brasserie n'est pas négligeable puisqu'elles sont d'un apport intéressant en acides aminés (ALMQUIST, 1972). En effet, les données de la FAO (tableau 11), montrent que les concentrations en lysine (3,3 %) et thréonine (3,2 %), acides aminés non synthétisés par l'organisme animal, sont élevées.

Tableau 10 : Composition chimique moyenne des drêches de brasserie humides (DE CLERCK, 1984).

Humidité	75 à 80 %
Composés chimiques en % MF	
Protéines brute	5 %
Protéines digestible	3,5 %
Matières grasses	2 %
Extractif non azoté	10 %
Cellulose brute	5 %
Matière minérale	1 %

La teneur en MG des drêches de brasserie rapportée par la table de l'AEC (1987) se situe à 15 % de la MS. MAHIOUT et BELKACEM (1977), rapportent des teneurs de matières grasses, variant entre 6 à 11 % de la MS. Celles proposées par BENSOUULA (1988) sont plus élevées ; elles se situent entre 12 et 15 % de la MS.

Les drêches de brasserie sont relativement riches en cellulose brute, compte tenu qu'elles correspondent aux enveloppes des grains laissées après concassage du malt. La teneur en CB des drêches de brasserie rapportée par la table de nutrition animale de l'AEC (1987) se situe à 15 % de la MS.

Selon BOURDON et al, (1984) et JARRIGE (1988), la teneur moyenne en CB des drêches de brasserie, est de 15 % de la MS. Elle apparait relativement inférieure à celle rapportées respectivement par BENSOUULA (1988) et MAHIOUT et BELKACEM (1997) dont les teneurs se situent entre 12 et 22 % et 15 et 20 % de la MS.

Tableau 11 : Teneur en acides aminés en % de protéines brutes.

Lysine	Méthionine	Tryptophane	Phénylalanine	Thréonine	Valine
3,3	1,2	1,3	4,7	3,2	5,4

Source : FAO 2004.

La teneur en MM des drêches de brasserie, rapportée par la table AEC (1987) se situe à 4 % de la MS. Il est à noter cependant, que les drêches diffèrent considérablement par leur teneur en matières minérales. JARRIGE (1988) rapporte que les drêches de brasserie sont très riches en matières minérales ; elles présentent toutefois une carence en potassium.

Selon BOURDON et al. (1984), les drêches de brasserie, ont une teneur en matières minérales de 4 % de la MS ; alors que BENSOUULA (1988), rapporte que la teneur en minéraux des drêches de brasserie varie entre 3,5 à 6 % de la MS.

Les teneurs respectives en éléments minéraux majeurs et mineurs sont indiquées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Concentration des drêches humides en différents éléments minéraux (g/kg de MS).

P	Ca	Mg	S	Na	K	Mn	Cu	Co	Se
5,5 g	3,5 g	1,5 g	3 g	2,5 g	1 g	0,04 g	0,025g	0,08 g	0,06 g

Source : HACEINI (1987)

Il est à remarquer la richesse relative de ce sous-produit de brasserie en phosphore. En revanche, il est pauvre en calcium. Toutefois, selon ANONYME (2003), le rapport phosphocalcique (1/1,7) est moins déséquilibré que celui de l'orge (1/5,4).

7/ Les pulpes de tomates :

Le processus de fabrication de la pulpe de tomate, est représenté dans la figure 3.

La composition chimique de la pulpe de tomate, peut varier fortement d'une usine à l'autre ou au sein d'une même usine.

Ces variations proviennent principalement :

- des variétés de tomates employées
- des méthodes de récolte (manuelle ou mécanique) : les machines à cueillir ramassent plus de tomates vertes qui donnent peu de jus et qui se retrouvent en grande proportion dans la pulpe de tomate
- des technologies utilisées (intensité du broyage des pulpes ayant un effet sur le taux de MS de la pulpe de tomate) (CHAPOUTOT et al,1986).

Les teneurs moyennes en matières minérales et matières azotées totales sont respectivement d'environ 5 % et 22 % de la MS (tableau 13). Cela en fait un aliment azoté potentiellement intéressant pour des ruminants.

Les analyses des composés pariétaux, montrent une forte teneur en cellulose brute (34 %). La teneur en NDF est de 56,31 % de la MS, celle en ADF de 46,13 % et celle en lignine de 24,65 %. Les teneurs en matières grasses sont fortes (de l'ordre de 12,5 % de la MS) (CHAPOUTOT et al,1986).

Les taux de soufre et de cuivre de la pulpe de tomate sont relativement élevés. La forte teneur en cuivre s'expliquerait par des résidus de traitements fongicides répétés à base de cuivre

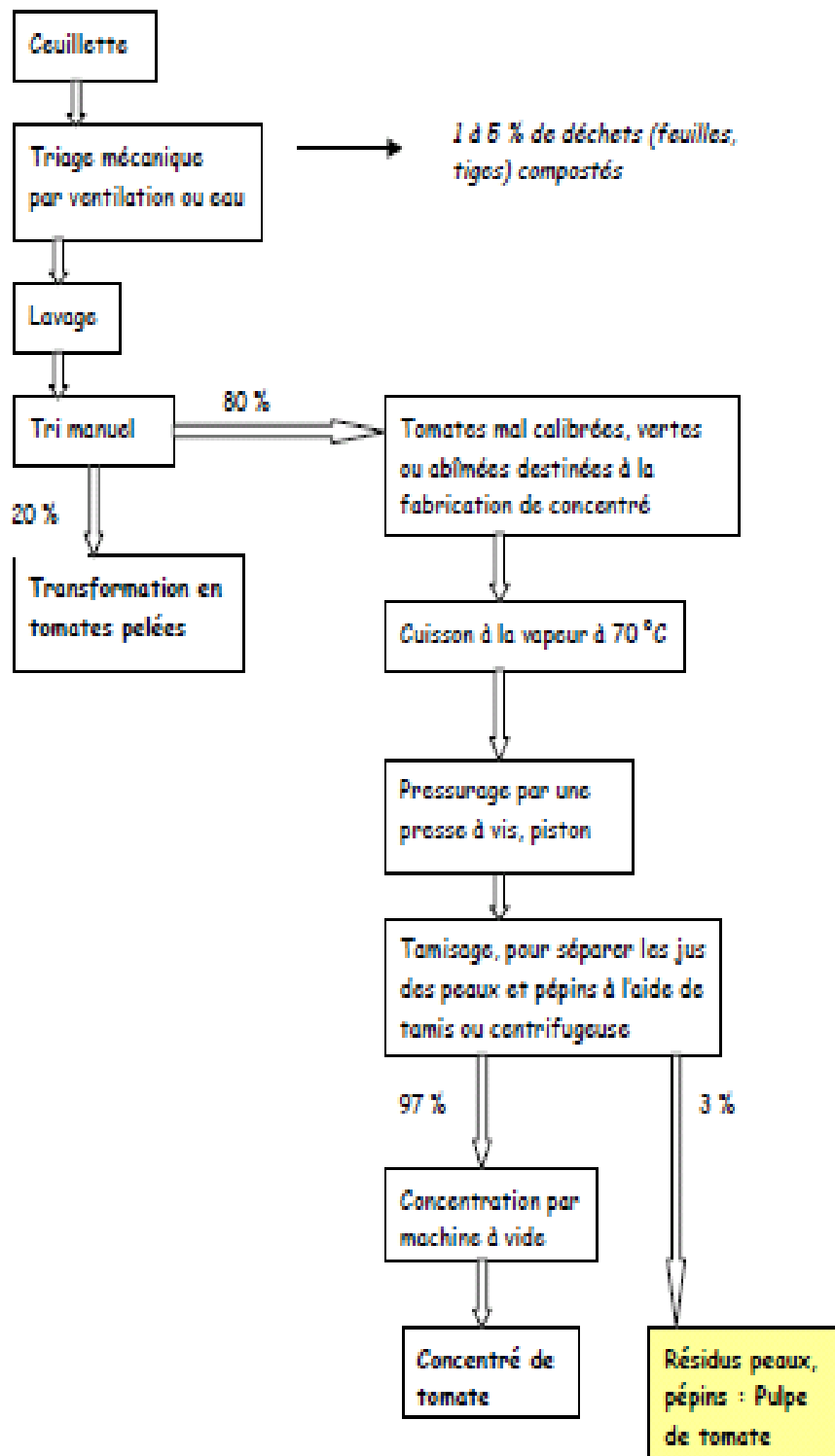


Figure 3 : Processus de fabrication de la pulpe de tomate.

Tableau 13 : Composition chimique de la pulpe de tomate (INRA, 1988)

	Valeur moyenne	Valeurs extrêmes
Matière sèche (%)	27	20-35
Matières minérales (% MS)	5	3.5-6
Matières Azotées Totales (% MS)	22	18-26
Cellulose brute (% MS)	34	27-41
Matières grasses (% MS)	15	12 - 19
Calcium (g/kg MS)	3	1,8-4,2
Phosphore (g/kg MS)	3	3,1-4
Potassium (g/kg MS)	-	7-10
Magnésium (g/kg MS)	-	2,1-2,2
Manganèse (g/kg MS)	-	faible à très faible
Cuivre (mg/kg MS)	-	15-20
Zinc (mg/kg MS)	-	faible à très faible
Soufre (mg/kg MS)	-	1,7-1,9

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants.

Les sous produits, sont issus des différentes branches de l'industrie agro-alimentaire. Il existe un très grand nombre de sous produits qui représentent un gisement national relativement important. Ils se caractérisent par des compositions assez variables, ils offrent aussi une appétence différente.

Comme tous les aliments, les sous produits sont déséquilibrés : certains apportent de l'énergie et moins d'azote et l'inverse. Leurs mise à la disposition des animaux doit se faire progressivement.

2.1. Les pulpes d'agrumes :

Riches en parois végétales digestibles, les pulpes s'apprêtent très bien pour une bonne utilisation digestive de la paille. Elles sont caractérisée, par une valeur énergétique très élevée (de l'ordre de 1,1 UFL/kg MS) ; mais leur valeur azotée est très limitante (21 g de PDIA / kg MS) (CHENOST, 1991).

La présence de substances pectiques et de sucres solubles en quantités importantes dans les pulpes d'agrumes, entraîne une fermentation rapide dans le rumen. Plusieurs auteurs, ont observés que l'augmentation du taux d'incorporation des pulpes d'agrumes dans des rations à base de fourrages entraîne une diminution du pH du rumen après l'ingestion du repas (SCHAIBLY et al, 1974 ; PINZON et al, 1975; WING, 1975). Cette fermentation rapide peut dans certains cas être à l'origine de troubles métaboliques au niveau du rumen.

Les pulpes fraîches, doivent être rapidement consommées par les bovins. A cause de leur taux d'humidité élevée et leur richesse en sucres, elles fermentent et moisissent rapidement (LUNDQUIST, 1995).

Par ailleurs de nombreuses études ont montrés que le profil de fermentation des pulpes d'agrumes est similaire à celui des fourrages avec un rapport Acétate / Propionate qui se situe au voisinage de 4 pour des régimes à base de fourrages et contenant 40 à 60 % de pulpes d'agrumes (HENTGES et al., 1966 ; SCHAIBLY et al., 1974 ; PINZON et al., 1975; WING, 1975 ; VIJCHULATA et al., 1980 ; HADDAD 1990).

Le déséquilibre sur le plan nutritionnel en Ca et P des pulpes d'agrumes, peut entraîner des taux élevés d'incidence de la fièvre de lait chez les bovins après la parturition ainsi que le risque d'acidose lactique (BATH et al, 1980).

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

AMMERMAN (1976), rapporte qu'à des niveaux supérieurs à 60 % de la ration, les pulpes d'agrumes, peuvent causer des problèmes d'acidose et de parakérose du rumen chez les taurillons. Il faut donc accoutumer progressivement les animaux à l'ingestion des pulpes d'agrumes (GRASSER et al., 1995). Après une période d'adaptation, les pulpes sont relativement bien acceptées. Ainsi HODGE et al, (1980) cités par RIHANI (1991), ont observés chez les ovins des niveaux de consommation parfois supérieurs à 70 g de MS / kg P^{0,75} / jour.

Sur vaches laitières, plusieurs auteurs ont montrés que la production et la qualité du lait, ne changent pas lorsque les pulpes d'agrumes remplacent le maïs grain. De même, elles ont été utilisées chez des bovins et ovins en croissance et à l'engraissement en substitution du maïs ou de l'orge et ont permis d'obtenir des gains de poids, des efficacités alimentaires et des qualités de carcasse comparables (PEACOCK et al, (1975) ; AMMERMAN et al, (1976)) cités par RIHANI, (1991).

Les tableaux 14 et 15, donnent respectivement, des exemples de rations alimentaires établies par plusieurs auteurs contenant des pulpes d'agrumes destinées à des ruminants en lactation et en croissance.

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

Tableau 14 : Effet des sous-produits d'agrumes sur les performances des ruminants en lactation.

Aliments	Niveau de sous produit d'agrumes	Animaux	Apport de MS (g de MS/j)	Rendements Laitier (g/j)	MG (g/kg)	MAT (g /kg)	Références
Pulpes RTM(g /kg)	80 431	Vaches	18700 18700	18200 17900	35,4 42,2	34,8 34,6	Van Horn et al. (1975)
Pulpes+ concentré (g /kg)	0 300	Brebis	1413 1441	824 784	70,4 72,7	46,8 46,4	Fegeros et al. (1995)
Pulpes RTM (g /kg de MS)	0 200	Vaches	18600 18700	23100 23600	41,2 44,8	32,2 32,5	Belibasakis et Tsirgogianni (1996)
Ensilage de pulpes RTM (g/kg de MS)	0 309	Brebis	1620 1620	769 680	65,7 78,4	44,9 43,7	Volanis et al. (2004)

(RTM = ration totale mélangée)

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

Tableau 15 : Effet des sous produits d'agrumes, sur les performances de croissance des ruminants.

Les aliments	Niveau des sous produits d'agrumes	Animaux	Apport de MS (gMS/j)	Gain de poids vif (g/j)	Rendement de la carcasse (kg /100 kg de poids vif)	Références
Pulpes + orge (g/kg)	0-820 600-200	veaux	6900 7000	1090 1070	57,9 56,5	Hadjipanayiotou et Louka (1976)
Pulpes + concentré (g/kg)	0 300 600	Agneaux	999 913 928	312 272 234	49,2 48,8 48,8	Pascual et Carmona (1980)
Pulpes + concentré (g/kg)	0 150 300 450	Agnelles	824 845 821 820	188 199 171 143	56,5 54,3 56,7 56,6	Pascual et Carmona (1980)
Pulpes + maïs (RTM) (g /kg)	0-710 400-355	Bouillons	9130 8280	1170 1060	58, 57,5	Vijchulata et al (1980)
Pulpes + Concentré (g/kg)	0 250 500	Bœufs	6510 7200 7180	1211 1120 1098	53 ,2 55,2 54,3	Lanza (1984)
Foin d'avoine ou ensilage de Pulpe et paille de blé	Foin ensilage	Agneaux	285 372	261 256	56,7 57,1	Scerra et al. (2001)
Pulpes + concentré (g/kg)	0 150 300 450	Veaux	526 458 605 434	453 424 489 437	- - - -	Schalch et al. (2001)

2. Les grignons d'olives :

- **Valeur nutritive :**

Très hautement ligno-cellulosiques, les grignons d'olive ont selon NEFZAOUI (1983), une dégradabilité très lente. La dégradabilité des protéines est très faible, et cela peut s'expliquer par le fait que 75 à 90 % de l'azote est lié à la fraction ligno-cellulosique entraînant ainsi une très faible solubilité de l'azote qui n'est que de 2,3 % (N soluble / N total) pour le grignon brut.

Selon MICHALET-DOREAU, (1981) ; ORSKOV, (1977) et PRESTON (1981), la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique est faible (20 à 50 %) quel que soit le type de grignon, alors que les matières grasses ont toujours une digestibilité élevée (60 à 90 %). Les matières azotées, ont en moyenne une faible digestibilité (20 à 25 %), alors que celle de la cellulose brute, varie de 0 à 40 % (tableau 16). L'ingestion de grignons d'olive seuls, engendre une faible production d'acides gras volatils et une ammoniogenèse limitée. Le pH du jus de rumen d'animaux nourris avec des grignons d'olive varie de 6,6 à 7,2 et est donc favorable à une activité cellulolytique optimale

La présentation physique des grignons tamisés épuisés (particules de 1 à 4 mm) ne les apparente pas directement aux fourrages grossiers (paille, foin). Cependant ces grignons assurent une rumination et une ingestion tout à fait normales et identiques à celles du foin haché. Cet aspect favorable des grignons provient de leur richesse en éléments de structure (teneurs élevées en constituants pariétaux et surtout en lignocellulose) (NEFZAOUI et al, 1979, 1982).

Tableau 16 : Coefficients de digestibilité apparente (%) (NEFZAOUI et al, 1982).

	MO	MAT	CB
Grignons bruts	26-31	6-10	0-30
Tourteau tamisé	32-40	29-38	21-47

- **Utilisation des grignons d'olives dans l'alimentation des ruminants :**

Les grignons d'olives peuvent être utilisés soit en frais, soit déshydratés. Ils sont dépourvus de substances toxiques ou inhibitrices. Leur mauvaise utilisation digestive est principalement due à leur degré de lignification et au processus technologique d'extraction de l'huile (ITEBO, 1992).

S'ils sont distribués seuls, ils sont peu appétant (l'addition de 8 à 10 % de mélasse permet par contre un niveau d'ingestion élevé) et engendrent des pertes de poids de l'animal. Leur utilisation sans aucun traitement préalable peut assurer :

- A des niveaux d'incorporation inférieurs à 30 ou 40 % et une complémentation adéquate en protéines et minéraux, des performances normales (engraissement des agneaux).
- A des niveaux d'incorporation plus élevée (70%), l'entretien ou la sauvegarde du cheptel est difficile.

Sous leurs différentes formes, les grignons d'olives sont utilisés traditionnellement dans la plupart des pays producteurs. Curieusement, peu d'études approfondies ont été effectuées pour apprécier l'effet de leur incorporation à divers degrés dans les rations des animaux (SANSOUCY et al, 1984).

Utilisation des grignons d'olives chez les ovins :

- Les grignons bruts :

Ils sont utilisés en Tunisie en mélange à du son ou même du cactus pour alimenter les dromadaires ou les ovins pendant les périodes difficiles. Mais, très peu d'essais ont été effectués avec ce type de grignon (SANSOUCY, 1984).

- Les grignons gras partiellement dénoyautés :

NEFZAOU, (1985), en distribuant un concentré en fonction du poids vif (20 à 30 g/kg) contenant de 0 à 40 % de grignons avec la mélasse et l'urée à des moutons au pâturage, obtient des gains de poids de 101 à 125 g/j. En substituant aussi 0 à 30 % d'orge par du grignon dans des rations de moutons, il a obtenu des croissances sensiblement identiques mais légèrement décroissantes (274 g/j à 226 g/j) mais avec un indice de consommation supérieure.

ACCARDI et al, (1980) en remplaçant, 30% de foin de Sulla par 30% de grignons dans une ration pour agneaux comprenant 38% de maïs et 30% de tourteau de soja, obtiennent une croissance légèrement plus faible (191 g/j à 209 g/j) et un indice de consommation supérieur (4,24 à 4,91).

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

- Les grignons partiellement dénoyauté épuisés:

Ces grignons ont été utilisés dans des périodes de «disette » par NEFZAOUI et KSAIER, 1981 en Tunisie, qui ont incorporés 35 ou 70 % de grignons dans une ration distribuée à des brebis gestantes d'abord, puis allaitantes (tableau 17) sur une période de 17 semaines. Les brebis recevant 35 % de grignons, ont eu des performances comparables aux témoins. Celles en recevant 70 % ont perdu 20 % de leur poids.

Le poids des agneaux à la naissance a été plus faible, mais il est important de constater que cette ration a permis non seulement la survie des mères mais aussi de récupérer un nombre non négligeable d'agneaux sur une période de plus de 4 mois.

Tableau 17 : Entretien des brebis gestantes avec des rations à base de grignons d'olives.

	Témoin	35 % de grignons	70 % de grignons
Composition des rations (%)			
- Grignons	0,00	35,00	70,00
- Son	70,00	35,00	0,00
- Mélasse	26,00	26,00	26,00
- Urée	2,00	2,00	2,00
- Minéraux	2,00	2,00	2,00
Performances			
- Nombre d'animaux	20	20	20
- Poids initial, kg	52,35	52,15	52,45
- Poids final, kg	57,30	57,33	42,77
-Poids agneaux à la naissance	3,50	3,30	2,60
- Ingestion g de MS/j	76,00	105,00	85,00

(Source : NEFZAOUI et KSAIER, 1981)

Utilisation des grignons d'olives chez les bovins :

- Les grignons gras partiellement dénoyautés :

Des expériences effectuées en Italie, semblent montrer un effet positif des grignons sur la teneur en matière grasse du lait de vache, avec une production de lait (à 4% MG) sensiblement équivalente, lorsque les vaches reçoivent de 1,8 à 4 kg de grignons / jour.

Des génisses de 295 kg nourrirent pendant 60j avec du foin et de l'ensilage de luzerne plus de la farine de maïs ou des grignons (à 8 % de MG) ont obtenu des gains de poids respectif de 630 g/j (avec 922 g/j de maïs consommé) et 370 g/j (avec 775 g/j de grignons consommés) (SANSOUCY, 1984).

- Les grignons partiellement dénoyauté épuisés:

Chez des jeunes bovins en croissance le remplacement du foin de vesce avoine par 0-20-40 et 60 % de grignons épuisés tamisés, a entraîné une baisse régulière du gain de poids, qui a été respectivement de 536-260-190 et 39 g/j (BOUGALECH, 1980).

O'DONOVAN, (1983), utilisant 32 génisses Holstein de 284 kg et recevant 5,7 kg/j de paille et 2,7 kg d'un concentré contenant 0-15-30 et 45 % de grignons partiellement dénoyautés épuisés, n'a pas obtenu de différence de gain de poids, respectivement 688-706-695 et 698 g/j. Dans une autre expérience, 12 génisses pesant 130 kg et recevant un minimum de paille (0,6 kg/j) et 3,3 kg d'un concentré contenant 0-15-30 % de grignons ont eu des croissances respectives de 1,029 - 975 et 813 g/j.

2.3. Les pulpes d'olives :

Vers la moitié des années 80, la production de grignons par rapport à celle de l'olive était, de l'ordre de 40 à 42 %, alors qu'à l'heure actuelle cette proportion est passée à plus de 65 %. Il s'ensuit que la conversion au système à deux phases dans l'extraction de l'huile vierge, pose le problème de la gestion/réutilisation des grignons comme l'un des plus grands goulots d'étranglement du secteur des huileries, à l'échelle de n'importe quelle région productrice. Le grignon humide, pose des problèmes dans l'industrie d'extraction, essentiellement du fait des exigences de séchage, qui sont bien plus grandes que pour les grignons conventionnels. La manipulation et le transport aussi sont plus difficiles du fait de la consistance pâteuse du produit, qui oblige à employer des camions du type " baignoire " avec des protections spéciales " parapets " afin d'éviter des déversements fortuits.

Très peu de travaux, ont été réalisés sur les pulpes d'olives ; on peut citer ceux de THERIEZ et BOULE, (1970) (tableau 18).

Tableau 18 : Digestibilité du tourteau d'olive (THERIEZ et BOULE, 1970).

Pourcentage de tourteau dans la ration	Teneur de la ration en p. 100 de la matière sèche		C. U.D		
	Matières grasses	Matières azotées	Matière organique	Matières azotées	Matières grasses
12,5	5,5	11,5	45,7	23,6	71,2
8,1	4,6	10,1	0	0	—
10,1	6,0	4,9	0	0	—
24,4	9,6	5,7	43,7	13,4	—
11,4	4,7	9,6	47,6	76,5	89,3
15,0	6,7	10,0	57,4	66,8	90,0
8,6	5,6	5,6	18,9	0	—
21,1	6,0	6,0	69,4	28,0	—

2.4. Le gluten de maïs :

Le gluten de maïs, est obtenu par séparation physique lors du raffinage de l'amidon. C'est un concentré protéique hautement digestible, riche en acides aminés soufrés (méthionine, cystine), et source de pigments naturels, efficaces et stables. Il trouve son intérêt dans de nombreuses applications :

- L'alimentation des volailles de chair et des poules pondeuses afin d'accentuer la coloration des jaunes d'œufs et des graisses sous-cutanées.
- Les formules pour ruminants, en raison de la faible dégradabilité naturelle de la fraction protéique et de sa teneur élevée en protéine digestible dans l'intestin (ERICKSON et al, 2005).

Le produit se présente sous la forme d'une poudre de couleur jaune-orangé. Il contient : 11 % d'humidité, 60 % de protéines brutes, 1 % de matières minérales, 6 % de matières grasses et moins de 2 % de cellulose brute (tableau 19). Il contient des protéines qui sont naturellement protégées de la dégradation dans le rumen, mais qui sont très bien digérées dans l'intestin (90 %) (FIRKINS et al, 1985).

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

Ses valeurs énergétiques, sont de 1,15 UFL et 1,14 UFV par kg de MS ; et ses valeurs azotées, sont respectivement de 42, 119 et 93 g de PDIA, PDIN et PDIE (INRA, 2007).

Tableau 19 : Composition chimique moyenne des principaux sous-produits du maïs (en % de matière sèche) (FIRKINS et al, 1985).

	Gluten de maïs sec	Drêches de maïs sèches	Gluten de maïs humide
Matière sèche	90	90	40
Protéines	23,40	27,80-30,40	23,40
Matières grasses	2,80	8,90-10,70	2,00
Fibres alimentaires	12,40	44-46	38,00
Nutriments digestibles totaux	82	85-90	82
EN g (Mcal/kg)	1,30	1,50	1,30
Calcium	0,10	0,17-0,26	0,10
Phosphore	1,10	0,78-0,83	0,90
Soufre	0,33	0,30-0,63	0,40

Le gluten de maïs et les drêches de maïs, sont de bonnes sources de protéines, d'énergie et de phosphore pour le bétail bovin. Tous deux contiennent de faibles teneurs en amidon. Le principal avantage de ces sous-produits est le fait que leur valeur énergétique provient de leur contenu en fibres résiduelles hautement digestibles. Ces fibres sont bénéfiques en ce qu'elles réduisent l'acidose dans des régimes essentiellement céréaliers et contribuent à la digestion des fibres quand elles sont intégrées à un régime composé de fourrage (ERICKSON et al, 2005).

C'est une matière première particulièrement indiquée pour couvrir les besoins en protéines des animaux à l'engraissement (tableau 20) et des vaches laitières hautes

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

productrices et améliorer le taux protéique du lait. Le gluten de maïs s'incorpore dans des proportions de 5 à 20% dans les aliments composés pour ruminants (tableau 21).

Tableau 20 : Résultats de rendement issus de 84 études sur bouvillons (ERICKSON et al, 2005).

Rendement du bétail	Type de supplément alimentaire* et % dans le régime		
	Gluten de maïs sec (7,8%)	Gluten de maïs humide (34,9 %)	Drêches de maïs sèches (17,4 % de MSI)
Poids initial, kg	274	276	273
Poids final, kg	394	418	426
Gain pondéral quotidien, kg	1,24	1,46	1,57
Rations journalières, kg	9,61	9,52	8,99
Ration/gain pondéral	7,73	6,52	5,71
% protéines dans le régime	11,4	11,9	11,8

Tableau 21 : Recommandations d'utilisation du gluten de maïs (ERICKSON et al, 2005).

Animaux	Vaches laitières	Taurillons	Gros bovins	Petits ruminants
Quantités	5 à 12 kg brut/j	4 kg brut/j	5 à 12 kg brut/j	0,4 à 1 kg brut/j

Il est recommandé, une transition alimentaire et une complémentation minérale.

2.5. Les drêches de brasserie :

Les travaux menés par HACEINI (1987), indiquent que la digestibilité de la matière organique des drêches de brasserie, mesurée chez la vache laitière est considérée comme faible : 55 à 66 %. En revanche, celle des matières azotées totales est élevée (83 à 84 %). Les différents coefficients d'utilisation digestive de la drêche de brasserie, mesurés sur lapins, sont présentés dans le tableau suivant 22.

Tableau 22 : Coefficient d'utilisation apparente (CUD %) de la drêche de brasserie chez des lapins mâles en croissance.

Auteurs	CUD a (%)		
	MS	MAT	CB
LAKABI (1999)	74,67	76,32	30,18
LOUNAOUCI (2001)	67,94	77,47	24,99

Selon FINZI ET GUALTERIO (1986), les digestibilités de la matière sèche et de la cellulose brute, différent selon les échantillons de drêches de brasserie provenant d'une même usine, en revanche, celle des protéines est comparable. De plus, elle est de même importance que celle des protéines de l'orge soit 75 %

Selon JARRIGE (1988), les drêches de brasserie, ont une bonne valeur énergétique (0,93 UFL et 0,85 UFV/Kg de MS). Alors que la valeur azotée, est d'excellente qualité (tableau 23). Les matières azotées de ce sous-produit, se caractérisent par une faible solubilité et une valeur PDIN comparables à celles des tourteaux de colza (253 g PDIN).

Tableau 23 : Valeur azotée des drêches de brasserie (g/Kg de MS) (JARRIGE, 1988).

MAD	PDIA	PDIN	PDIE
239	156	223	189

BENSOULA (1988), rapporte que la valeur azotée des drêches sèches est améliorée par addition de 4 % d'urée. Elles acquièrent alors une valeur protéique les rendant similaires à celle des tourteaux. Ceci justifie en pratique la substitution des

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

tourteaux par les drêches de brasserie. La faible dégradation des drêches de brasserie dans le rumen (45 %) explique leur teneur appréciable en PDIA (15,5 % MS).

La teneur en énergie digestible (ED) des drêches de brasserie chez les lapins mâles en croissance est de 3036 Kcal/Kg ; le rapport protéines digestibles / énergie digestible (PD/ED) est de 42,18 g de protéines digestibles pour 1000 Kcal ED (LAKABI, 1999).

Utilisation des drêches de brasserie par les ruminants :

Les drêches, de par leur teneur en cellulose, ne peuvent être utilisées comme unique composant de la ration. En pratique, elles peuvent constituer jusqu'à 1/3 de la ration chez les ruminants (DE CLERCK, 1984).

BENSON (1970), précise que les drêches de brasserie sont en général orientées vers l'alimentation des vaches laitières puisqu'elles favorisent la lactation. Elles constituent un supplément concentré qui peut constituer 10 à 25 % de la ration. Cet apport peut être modifié en fonction des teneurs protéiques et énergétiques de la ration.

DOUADI (2002), précise que l'utilisation des drêches de brasserie fraîches ou ensilées n'est rentable que si l'effectif de vaches laitières est au minimum de 10. L'ITELV propose deux modèles d'incorporation de drêches de brasserie humides en alimentation des vaches laitières, pour une production de 15 litres de lait/jour l'ITELV propose deux modèles d'incorporation de drêches de brasserie humides en alimentation des vaches laitières.

Tableau 24 : Modèles de rations à base de drêches de brasserie, destinées à l'alimentation des vaches laitières.

	En Kg d'aliment	
	1 ^{ère} ration	2 ^{ème} ration
Foin	03	-
Ensilage de maïs	-	36
Orge en vert	45	-
Drêches de brasserie	10	10
Concentré	01	01

Source : ITELV, 2003.

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

TAHERTI (1985) précise que l'introduction d'une quantité limitée des drêches de brasserie fraîches (5 à 7Kg) peut substituer les tourteaux d'une ration à base d'ensilage de maïs, destinée à l'engraissement de taurillons. Ce type de ration permet une croissance de l'ordre de 1000 à 1200 g/jour chez des taurillons de race laitières.

En pratique, la drêche humide ou ensilée, est distribuée à raison de 15 Kg/jour pour les animaux dont le poids vif n'excède pas 500 Kg ; au-delà de ce poids, il est préconisé d'en distribuer 20 Kg/jour le matin, mélangés à la ration de base (BENSON, 1970).

2.6. Les pulpes de tomates :

Valeur nutritive :

La digestibilité de la MS des pulpes de tomates, est de l'ordre de 60 %, celle de la MO est de 64 % avec une plage de variation de 61 à 65 %. Malgré une forte teneur en matières grasses, la valeur énergétique de la pulpe de tomate est moyenne du fait de son taux élevé en cellulose brute (CHAPOUTOT et SAUVANT, 1986). La solubilité des matières azotées de la pulpe de tomate est peu élevée (en moyenne 35 %) mais très variable (de 20 à 45 %) (RUILLET, 1997). La valeur azotée de la pulpe de tomate est bonne (tableau 25).

Tableau 25 : Valeur nutritive de la pulpe de tomate (INRA, 1988).

UFV /kg MS	UFL /kg MS	PDIA g/kg MS	PDIN g/kg MS	PDIE g/kg MS
0,49	0,62	85	140	120

Utilisation de la pulpe de tomate en alimentation animale :

- **Exemples de rations pour vaches laitières, équilibrées à 16 litres de lait / jour (JILLIEN et al, 1991).**

Ration 1 : Les données exprimées en kg de produits bruts

- Pulpe de tomate à 30 % de MS : 17
- Foin de graminées : 7
- Paille de céréale : 2

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

- Céréales (orge) : 3
- Aliment minéral : Type 8 – 16 : 0,2

Ration 2 :

- Pulpe de tomate à 30 % de MS : 16
- Ensilage de maïs à 30 % de MS : 20
- Foin de graminées : 2
- Céréale (orge) : 2
- Aliment minéral : Type 8 – 16 : 0,2

• **Exemples de rations pour ovins (JILLIEN et al, 1991).**

Brebis de 60 kg de poids vif, en début de période d'allaitement d'un agneau simple

- Pulpe de tomate à 30 % de MS : 3,5
- Foin : 0,5
- Paille : 0,3
- Céréale (orge) : 0,2
- Aliment minéral : 0,2

• **Exemples de rations pour génisses laitières (MOREL D'ARLEUX et al, 1991).**

L'objectif de cet essai, est de situer l'intérêt d'un ensilage de pulpe de tomate consommé par des génisses laitières en remplacement d'un foin de luzerne. Deux lots de 12 génisses Montbéliardes âgées d'environ 410 jours à la mise en lot et pesant respectivement 393 et 406 kg pour le lot Témoin et le lot Expérimental ont reçu pendant 168 jours :

- pour le lot Témoin, par jour et par génisse : 4,8 kg de MS d'ensilage de maïs, 3,4 kg de MS de foin de luzerne et 100 g de CMV.
- pour le lot Expérimental, par jour et par génisse : 4,8 kg de MS d'ensilage de maïs, 0,8 kg de MS de foin, 2,3 kg de MS de pulpe de tomate (à 24 % de MS bien conservée) et 100 g du même CMV
- La consommation totale/jour/génisse a été de 7,5 kg de MS pour le lot Témoin et de 6,9 kg de MS pour le lot Pulpe de tomate. Les animaux du lot Expérimental ont fait quelques refus. La croissance moyenne sur la période expérimentale a été de 845 g/jour pour le lot Témoin et de 963 g/jour pour le lot Pulpe de tomate.
- Si l'on tient compte dans les analyses statistiques de la différence de poids

Chapitre 2 : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants

(significative à 5 %) entre les 2 lots dès le début de l'essai, la différence de croît est finalement estimée à environ 110 g/jour en faveur du lot Pulpe de tomate, l'écart entre les 2 lots n'étant cependant pas significatif.

- La pulpe de tomate permet donc de remplacer du foin de luzerne et des génisses laitières de 400 kg peuvent consommer 2 kg de MS/jour de cet aliment sans problèmes.

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIEL ET METHODES

Matériel et méthodes :

1- Objectif expérimental :

L'objectif de cette expérimentation, est l'étude de la valeur nutritive de quelques sous produits agro-industriels produits en Algérie. Il s'agit des :

- Drêches de brasserie.
- Grignons d'olives.
- Gluten de maïs.
- Pulpes d'agrumes.
- Pulpes d'olives.
- Pulpes de tomates.

Ce travail, se divise en deux parties :

- a) Détermination de la composition chimique (MS, MM, MO, MAT, CB, MG, NDF, ADF et hémicellulose) des sous produits cités ci-dessus.
- b) Détermination des valeurs énergétiques (UFL et UFV) et azotées (PDIA, PDIN et PDIE) de ces sous produits.

2- Sous produits utilisés :

2.1-Drêches de brasserie :

. Les drêches utilisées dans cette expérimentation (photo 1), proviennent de la distillerie de la wilaya d'Alger (Réghaia).



Figure 1 : Drêches de brasserie fraîches.

2.2-Grignons d'olives :

Les grignons utilisés dans cette expérimentation (photo 2), proviennent d'une huilerie privée située dans la wilaya de Blida.



Photo 2 : Grignons d'olives.

2.3-Gluten de mais.

Le gluten utilisé dans cette expérimentation (photo 3), provient de la raffinerie de la wilaya de Tlemcen (Maghnia).



Photo 3 : Gluten de mais.

2.4– Pulpes d'agrumes :

Les pulpes utilisées dans cette expérimentation (photo 4), proviennent d'une usine privée de la wilaya de Blida (Guerrouaou).



Photo 4 : Pulpes d'agrumes fraîches.

2.5- Pulpes de tomates :

Les pulpes utilisées dans cette expérimentation (photo 5), proviennent d'une usine privée de la wilaya de Blida (Guerrouaou).



Photo 5 : Pulpes de tomates.

2.6- Pulpes d'olives :

Les pulpes utilisées dans cette expérimentation (photo 6), proviennent d'une huilerie privée de la wilaya de Blida.



Photo 6 : Pulpes d'olives.

3. Lieu de l'expérimentation :

L'expérimentation, s'est déroulée au niveau du laboratoire d'analyses fourragères de département de Biotechnologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Blida.

4. Méthodes d'analyses chimiques :

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées, sont celles de l'AOAC (1975). Avant d'effectuer les analyses, les échantillons ont été séchés à 70 °C pendant 36 heures, puis broyés finement (1 mm) et conservé hermétiquement. Toutes les analyses ont été faites en triples (03 répétitions), les résultats sont rapportés à la matière sèche (en %). Ces analyses chimiques, ont portés sur la MS, les MM, la MO, la CB, les MAT, les parois totales (NDF) et la lignocellulose (ADF).

4.1- Détermination de la matière sèche (MS) :

Dans une capsule séchée et tarée au préalable, introduire 1 à 2 g de l'échantillon à analyser, porter la capsule dans une étuve à circulation d'air réglée à 105°C (\pm 2°C), laisser durant 24h, refroidir au dessiccateur, peser, remettre une heure à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée, continuer l'opération jusqu'à poids constant.

La teneur en MS est donnée par la relation :

$$\text{MS \%} = \frac{Y}{X} \times 100$$

Y : poids de l'échantillon après dessiccation.
X : Poids de l'échantillon humide

4.2- Détermination des matières minérales (MM) :

La teneur en MM d'une substance alimentaire est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique après incinération. Porter au four à moufle la capsule en porcelaine plus un échantillon de 1 à 2 g. Chauffer progressivement afin d'obtenir une combustion sans inflammation de la masse :

- 1 heure 30 mn à 200 °C

- 2 heures 30 mn à 500 °C

L'incinération doit être poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon

formé et obtention d'un résidu blanc ou gris clair. Refroidir la capsule au dessiccateur la capsule contenant le résidu de l'incinération, puis peser.

La teneur en matière minérale est donnée par la relation :

$$\text{Teneur en MM \%} = \frac{A \times 100}{B \times \text{MS}}$$

A : poids des cendres.

B : poids de l'échantillon.

MS : teneur en matière sèche (%).

4.3- Détermination de la matière organique (MO) :

La teneur en matière organique est estimée par différence entre la matière sèche (MS) et les matières minérales (MM).

$$\text{MO \%} = 100 - \text{MM}$$

4.4- Détermination de la cellulose brute (CB) :

La teneur en cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE. Par convention, la teneur en cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

Peser 2g d'échantillon, l'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot, ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12.5g d'acide sulfurique pour 1 litre (**6.8 ml d'H₂SO₄ à compléter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée**). Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30mn exactement. Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon. Centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide.

Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube à centrifugé avec 100 ml de solution bouillante contenant 12.5 g de soude pour 1 litre. Faire bouillir durant 30 mn exactement, filtrer sur creuset (de porosité 1 ou 2). Passer le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant.

Après refroidissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5 heures. Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine et des résidus d'hémicellulose.

$$\text{Teneur en CB en \% MS} = \frac{(A - B) \times 100}{C \times \text{MS}}$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ.

4.5- Détermination des matières azotées totales (MAT) :

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDAHL.

➤ **Minéralisation :**

Opérer sur un échantillon de 0.5 à 2g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon). L'introduire dans un matras de 250 ml, ajouter 2 g de catalyseur (**composé de 250 g de K_2SO_4 , 250 g de $CuSO_4$ et 5g de Se**) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité =1.84). Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte stable. Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

➤ **Distillation :**

Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi), rincer la burette graduée. Dans un bûcher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

- 20 g d'acide borique.
- 200 ml d'éthanol absolu.
- 10 ml d'indicateur contenant : $\frac{1}{4}$ (**2.5 ml**) de rouge de méthyle à 0.2% (**0.2 g dans 100 ml**) dans l'alcool à 95° et $\frac{3}{4}$ (**7.5 ml**) de vert de bromocrésol à 0.1% (**0.1 g dans 100 ml**) dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50ml de lessive de soude (d = 1.33) (**330 g de soude dans 1 litre d'eau distillée**), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer en retour par de l'acide sulfurique N/20 (**50 ml H_2SO_4 1N + 950 ml d'eau distillée**) ou N/50 (**20 ml H_2SO_4 1N + 980 ml d'eau distillée**) jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur.

1ml d' H_2SO_4 (1N) ----- > 0.014g d'N.

1ml d' H_2SO_4 (N/20) -----> 0.0007g d'N.

$$\begin{array}{rcc}
 & 100 & 200 \\
 Ng = X. 0,0007. & ----- & . ----- \\
 & Y & A
 \end{array}$$

X : descente de la burette (ml)

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

$$\text{Teneur en MAT (\% MS)} = N \text{ g} \times 6.25$$

4.6- Détermination des matières grasses (MG) :

On introduit 5 g de l'échantillon à analyser dans une cartouche soxhlet. On pèse aussi le ballon (ballon de 500 ml rodé au goulot). La cartouche est placée dans un extracteur soxhlet. On verse un volume et demi de solvant dans le ballon qui est monté sur l'extracteur monté lui-même par une colonne réfrigérante. L'extraction dure 6 heures. A la fin de l'extraction, on siphonne dans le ballon, le reliquat du solvant restant dans l'extracteur. Au rotavapor, on pousse la distillation à sec. On place le ballon + résidu à l'étuve à 102 °C pendant 2 heures en position couchée. On laisse refroidir au dessiccateur, puis on pèse.

$$\text{Teneur en MG (\% MS)} = (A - B) \times 100 / C \times \text{MS}$$

A = poids du ballon + résidu après étuve.

B = poids du ballon vide.

C = poids de la prise d'essai.

4.7-Fractionnement de la paroi végétale par les méthodes de VAN SOEST (1963) et VAN SOEST ET WINE (1967).

PRINCIPE :

Le principe consiste pour les 02 méthodes à apprécier :

- La paroi totale constituée par les principaux glucides pariétaux (hémicellulose, cellulose) et la lignine apparente (lignine + cendres insolubles) par l'action d'un détergent neutre (NDF).
- La ligno - cellulose par l'action d'un détergent acide ADF.
- La cellulose est détruite par l'acide détergent lignine (ADL) ou H₂SO₄ à 72 %.

1°/ NDF : pour 01 litre de solution

- 30 g de lauryl sulfate
- 18.61 g de dihydrogène, éthylène diamine tétracétique dissodique (EDTA)
- 6.81 g de borate de sodium
- 10 ml de 2 éthoxy – éthanol ou éther mono éthylique de l'éthylène glycol
- 4.56 g de phosphate dissodique (phosphate de sodium anhydre)

Technique de préparation

- mélanger dans un récipient EDTA et borate de sodium, faire dissoudre dans de l'eau distillée, en chauffant très légèrement, ajouter alors le lauryl sulfate.
- dans un bécher, faire dissoudre le phosphate dissodique (petit à petit)
- mélanger les 02 solutions.
- ajouter le 2 éthoxy éthanol, ajuster au trait de jauge.
- vérifier que le pH est bien situé entre 6.9 et 7.1.

2°/ ADF : pour 01 litre de solution

- 20 g de CTAB.
- 27.77 ml d' H_2SO_4 concentré

Technique de préparation

- dissoudre le CTAB dans une fiole de 01 litre avec de l'eau distillée en chauffant légèrement.
- ajouter l'acide sulfurique et ajuster au trait de jauge.

MODE OPERATOIRE

1°/ détermination du neutral detergent fiber : NDF

Peser 01 g de substance, l'introduire dans un ballon de 500 ml. Ajouter 100 ml de la solution NDF et 2 ml d'antimousse (éther). Porter à ébullition sous réfrigérant.

Maintenir l'ébullition pendant 01 heure, filtrer sur creuset de porosité 1 ou 2. Porter le creuset contenant le résidu à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Peser après refroidissement. Le creuset étant taré au préalable. La différence des 02 pesées donne le poids de la paroi totale. (pour chaque échantillon, utiliser le même creuset).

2°/ détermination de la lignocellulose : ADF

Reprendre le résidu NDF (**gratter le contenu du creuset et le récupérer**) dans un ballon de 500 ml avec 100 ml de la solution ADF, ajouter 02 ml d'éther. Porter le contenu du ballon à ébullition sous réfrigérant. Maintenir celle-ci pendant 01 heure. Filtrer sur creuset de porosité 01 ou 02 préalablement taré et rincer à l'eau distillée bouillante. Porter le creuset à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. Peser après refroidissement. La différence des 02 pesées constitue le poids de la lignocellulose.

Tarage du creuset

P0 Pesée de 1g d'échantillon
dans le ballon à col rodé

Hydrolyse pendant 1 heure
avec un détergent neutre,

$$\text{NDF} = \frac{\text{P1} - \text{P0}}{\text{E}} \times 100$$

P1 pesée dans le creuset du
résidu NDF

E

- hémicellulose
- cellulose
- lignine
- matières minérales

Hydrolyse pendant 1heure
avec un détergent acide
pesée dans le creuset ADF

$$\text{ADF} = \frac{\text{P2} - \text{P0}}{\text{E}} \times 100$$

P2

P1 – P2

- cellulose
- lignine
- matières minérales

$$\text{Hémicellulose} = \frac{\text{P1} - \text{P2}}{\text{E}} \times 100$$

5. Calcul de la valeur nutritive à partir des équations de l'INRA, 2007.

5.1- Equations de prévision de la valeur énergétique.

$$EB = 4134 + 1.473 \text{ MAT} + 5,239 \text{ MG} + 0,925 \text{ CB} + 4,44 \text{ MM}$$

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MO.

MAT, MG, CB et MM = matières azotées totales en g/Kg de MO.

$$EM = EB \times dE \times (EM / ED).$$

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MS. dE = digestibilité de l'énergie en %.

$$EM / ED = (84.17 - 0.0099 \text{ CBo} - 0.0196 \text{ MATo} + 2.21 \text{ NA}) / 100.$$

EM/ED rend compte des pertes d'énergie sous forme de gaz et dans les urines.

CBo = teneur en CB en g/Kg de MO. MATo = teneur en MAT en g/Kg de MO.

NA = niveau alimentaire = 1

5.2- Equation de prévision de la digestibilité de la MO (dMO).

$$dMO = 90.1 - 0.095 \text{ CB} + 0.044 \text{ MAT}.$$

dMO en %, MAT et CB en g / Kg de MS.

5.3- Equation de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE).

$$dE = dMO - 2,90 + 0,0051 \text{ MAT}$$

dE = digestibilité de l'énergie, elle est fonction de la dMO de l'aliment.

dE et dMO en %. MAT et CB en g / Kg de MS.

5.4- Calculs des valeurs énergétiques.

$$UFL / \text{Kg de MS} = ENL / 1700.$$

UFL = unité fourragère lait.

$$UFV / \text{Kg de MS} = ENEV / 1820.$$

UFV = unité fourragère viande.

$$ENL = EM \times KI \text{ en Kcal / Kg.}$$

$$ENEV = EM \times Km \text{ en Kcal / Kg.}$$

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

$KI = 0.60 + 0.24 (q - 0.57)$ = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait.

$Km = 0.287 q + 0.554$ = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien.

$Kf = 0.78 q + 0.006$ = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande.

$$Kmf = (Km \times Kf \times 1.5) / (Kf + 0.5 Km)$$

$q = EM / EB$ = concentration en EM de l'aliment.

5.5- Equation de prévision de la Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT).

$$DT = 50,8 + 0.12 MAT - 0.00018 MAT^2$$

DT en %, MAT en g / Kg de MS.

5.6- Equation de prévision de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr).

$$dr = 100 \times [1.11 \times (1 - DT / 100) \times MAT - PANDI] / [1.11 \times (1 - DT / 100) \times MAT]$$

dr en %, MAT en g / Kg de MS.

$PANDI = 7.9 + 0.08 MAT - 0.00033 MAT^2$ = protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

5.7- Calculs des valeurs azotées (g / Kg).

$$PDIN = PDIA + PDIMN \quad PDIE = PDIA + PDIME \quad PDIA = MAT \times [1.11 (1 - DT)] \times dr.$$

PDIN = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (g/Kg de MS).

PDIE= protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (g/Kg de MS).

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (g/Kg de MS).

PDIMN = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (g/Kg de MS).

$$PDIMN = MAT \times [1 - 1.11 (1 - DT)] \times 0.9 \times 0.8 \times 0.8.$$

PDIME = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'énergie fermentescible (g/Kg de MS).

$$PDIME = MOF \times 0.145 \times 0.8 \times 0.8 \quad MOF = \text{matière organique fermentescible.}$$

$$MOF = MOD - [MAT \times (1 - DT)]. \quad MAT, MO \text{ et } MOF \text{ en g / Kg de MS.}$$

$$MOD = MO \times dMO$$

6- Calculs statistiques.

Le calcul des moyennes et des écarts types, a été réalisé par Excel. La comparaison des moyennes par le test de Fisher, a été faite grâce au logiciel Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.1.18

Résultats et discussion :

1. Composition chimique des sous produits étudiés.

La composition chimique des sous produits étudiés, est donnée dans le tableau 26.

Tableau 26 : Composition chimique des sous produits étudiés.

Sous produits	MS (%)	en % de la MS				
		MO	MAT	CB	MG	MM
Drêches de brasserie	24,05 ± 0,31 d	95,73 ± 0,16 c	22,85 ± 0,20 b	20,18 ± 1,21 c	08,81 ± 0,12 d	04,27 ± 0,16 d
Gluten de maïs	92,42 ± 0,48 a	98,76 ± 0,21 a	29,83 ± 0,71 a	04,46 ± 1,22 g	12,07 ± 0,52 c	01,24 ± 0,21 f
Grignons d'olives	62,19 ± 1,27 c	97,18 ± 0,14 b	04,82 ± 0,09 g	36,43 ± 0,05 a	12,42 ± 0,02 c	04,32 ± 0,14 e
Pulpes d'agrumes	18,31 ± 0,33 e	95,24 ± 0,11 d	06,50 ± 0,20 f	14,75 ± 0,19 d	05,01 ± 0,42 e	04,76 ± 0,11 c
Pulpes d'olives	19,74 ± 0,77 e	89,23 ± 0,49 f	09,71 ± 0,04 e	12,53 ± 0,67 e	33,46 ± 0,27 a	10,77 ± 0,49 a
Pulpes de tomates	10,89 ± 1,51 f	93,68 ± 0,03 e	18,23 ± 0,80 c	26,89 ± 0,63 b	12,98 ± 0,03 b	06,32 ± 0,03 b
Gros son (témoin)	88,60 ± 0,33 b	97,24 ± 0,11 b	12,22 ± 0,03 d	07,11 ± 0,45 f	02,23 ± 0,19 f	02,76 ± 0,11 e

Les valeurs d'une même colonne, suivies d'une même lettre sont comparables au seuil de 5 %.

1-1 Teneur en matière sèche (MS).

La teneur en MS, est relativement élevée pour le gluten de maïs et le gros son du fait que ces deux sous produits, sont issus des grains de maïs et de blé secs. Celle des autres sous produits, est faible, étant donné que les drêches, les grignons et les pulpes, sont frais (récupérés directement des usines de transformation, sans avoir été séchés).

Cette teneur en MS, est significativement différente entre les sous produits étudiés. Elle varie entre 10,89 % pour les pulpes de tomates et 92,42 % pour le gluten de maïs.

1-2 Teneur en matière organique (MO).

A part les grignons d'olives et le gros son, qui présentent des valeurs comparables, les autres sous produits, sont significativement différents.

Les sous produits étudiés, sont assez riches en MO. En effet, celle-ci varie entre 89,23 % pour les pulpes d'olives et 98,76 % pour le gluten de maïs. Ils sont plus riches que les rebuts de dattes qui présentent une teneur de 84,74 % (CHEHMA, 2001).

Cette teneur en MO, est inversement proportionnelle à celle des matières minérales (MM), qui varie pour ces sous produits de 1,24 % pour le gluten à 10,77 % pour les pulpes d'olives.

Le gros son (témoin), avec 97,24 %, présente une teneur plus élevée que celle annoncée par BOUDOUMA (2008) avec 93,4 %. Les drêches de brasserie, avec 95,73 %, ont une teneur plus élevée que celle trouvée par BOURDON (1984) avec 85 % de MO.

Les grignons d'olives et les pulpes d'agrumes avec respectivement 97,18 et 95,24 %, présentent des teneurs proches de celles annoncées par BENCHERCHALI (1994) avec 97,82 et 93,04 % ; mais plus élevée pour les pulpes d'agrumes que la valeur rapportée par RIHANI (1986) et qui est de 87,3 %.

1-3 Teneur en matières azotées totales (MAT).

Cette teneur en MAT, est faible pour les grignons d'olives (4,82 %) et les pulpes d'agrumes (6,50 %), ce qui les situe au même niveau pour cet élément qu'un foin. Ces résultats, concordent avec ceux d'ALIBES et BERGE (1983) et MERABET (1984), qui donnent pour les grignons d'olives respectivement des valeurs variant de 4 à 10 % et 6,46 % et AMMERMAN (1976), BERRAMI (1986) et EL KABBAJ (1986) cités par RIHANI (1991) pour les pulpes d'agrumes évalués respectivement à 6,8 ; 6,8 et 6,5 %, alors que l'INRA (1988), annonce un intervalle de 6 à 9 %.

Les pulpes d'olives (9,71%) et le gros son (12,22 %), sont moyennement pourvus en MAT. Ces valeurs, sont inférieures à celles rapportées par : la FAO avec 13 % pour les pulpes d'olives et par l'INRA (1978) et BOUDOUMA (2008) pour le gros son avec respectivement 16,6 et 16,83 %

Les pulpes de tomates, les drêches de brasserie et le gluten de maïs avec respectivement 18,23 ; 22,85 et 29,83 %, sont les sous produits les plus riches en MAT. La valeur trouvée chez les drêches, est proche de celle rapportée par BOURDON et al, (1984) avec 25 %, mais inférieur à celle de JARRIGE (1988) avec 30 %.

1-4 Teneur en cellulose brute (CB).

Les teneurs en CB des sous produits étudiés, sont significativement différentes. Ils peuvent être classés dans l'ordre suivant : grignons d'olives > pulpes de tomates > drêches de brasserie > pulpes d'agrumes > pulpes d'olives > gros son > gluten de maïs.

Les grignons d'olives, les pulpes de tomates et les drêches de brasserie, avec respectivement : 36,43 ; 26,89 et 20,18 %, présentent les teneurs en CB, les plus élevées. Selon SANSOUCY (1984), la richesse des grignons d'olives en CB, revient à sa composition morphologique (plus de 40 % de noyaux), cependant la teneur obtenue dans cet essai, est plus faible que celle de KAYOULI et al (1990) avec 44,7 %. Pour les pulpes de tomates, notre valeur s'inscrit dans l'intervalle 27 – 41 % annoncé par l'INRA (1988), alors que pour les drêches de brasserie, BOURDON (1984) et JARRIGE (1988), annoncent 15 % de CB.

Les pulpes d'agrumes (14,75 %), les pulpes d'olives (12,53 %), le gros son (7,11 %) et le gluten de maïs (4,46 %), présentent les teneurs en CB les plus faibles.

Comparer aux travaux d'autres auteurs, nos résultats : sont plus élevés que ceux de RIHANI (1991) et BENCHERCHALI (1994) pour les pulpes d'agrumes avec respectivement 10,5 et 10,54 % ; plus faibles que ceux indiqués par GHAMRI (1979) pour les pulpes d'olives avec 22,07 % ; par BOUDOUMA (2008) pour le gros son avec 5,51 % et par AARON (2005) pour le gluten de maïs avec 8,6 %.

1-5 Teneur en matières grasses (MG).

La teneur en MG, est significativement différente entre les sous produits, elle varie entre 02,23 % (gros son) et 33,46 % (pulpes d'olives), avec toutefois une teneur comparable entre celles des grignons d'olives et du gluten de maïs.

Les pulpes de tomates, les grignons d'olives et les drêches de brasserie, ont une teneur de 12,98 ; 12,42 et 8,81 % de MG. Ces teneurs, s'incèrent dans l'intervalle indiqué : par l'INRA (1988) (12 à 19 %) pour les pulpes de tomates ; par ALIBES et BERGE (1983) (9 à 15 %) pour les grignons et par MAHIOUT et BELKACEM (1977) (6 à 11 %) pour les drêches.

La teneur en MG des pulpes d'agrumes est de 5,01 %, elle est plus élevée que celle trouvée par BENCHERCHALI (1994) avec des pulpes d'agrumes déshydratées. Le gros son (2,23 %), est le moins pourvu en MG. Sa teneur est plus faible que celle rapportée par BOUDOUMA (2008) avec 5,33 % de MG.

2. Teneurs en parois des sous produits étudiés.

Les teneurs en parois des sous produits étudiés, sont rapportées dans le tableau 27.

Tableau 27 : Teneurs en parois des sous produits étudiés.

Sous produits	en % de la MS		
	NDF	ADF	Hémicellulose
Drêches de brasserie	52,47 ± 0,65 b	23,74 ± 0,84 b	28,73 ± 0,19 b
Gluten de maïs	37,54 ± 0,87 e	09,75 ± 0,82 e	27,79 ± 1,69 b
Grignons d'olives	64,81 ± 0,44 a	30,10 ± 0,19 a	34,71 ± 0,24 a
Pulpes d'agrumes	28,65 ± 0,77 g	15,34 ± 1,18 d	13,31 ± 1,95 d
Pulpes d'olives	34,03 ± 1,91 f	19,20 ± 0,91 c	14,83 ± 0,99 d
Pulpes de tomates	47,45 ± 1,13 c	22,85 ± 0,11 b	24,60 ± 1,02 c
Gros son (témoin)	44,25 ± 0,82 d	15,85 ± 1,02 d	28,40 ± 1,84 b

Les valeurs d'une même colonne, suivies d'une même lettre sont comparables au seuil de 5 %.

2-1 Teneur en parois totales (NDF).

La teneur en parois totales (NDF) des sous produits étudiés, est significativement différente. Elle varie entre 28,65 % pour les pulpes d'agrumes et 64,81 % pour les grignons d'olives (riches en noyaux).

Selon leur richesse en parois, ils peuvent être classés dans l'ordre suivant : grignons d'olives > drêches de brasserie > pulpes de tomates > gros son > gluten de maïs > pulpes d'olives > pulpes d'agrumes.

L'analyse des parois, révèle que les grignons, ont une teneur très élevée en NDF (64,81 %). Cette valeur est plus faible que celle rapportée par KAYOULI et al (1990) qui est de 74,1 %. Cette teneur, est comparable à celle des pailles de céréales avec un degré de lignification apparemment plus élevé.

Les pulpes d'agrumes, sont les moins pourvus en parois par rapport aux autres sous produits étudiés (28,65 %). Cette valeur, est proche de celle de PASCUAL (1980), qui rapporte une teneur en NDF de 27 %. FEHR (1980), cité par RIHANI (1991), annonce une teneur en parois totales de 20 %, classant les pulpes d'agrumes parmi les aliments à cellulose facilement digestible.

Le gros son (témoin), avec une teneur en NDF de 44,25 %, présente une valeur qui s'incère dans l'intervalle 40 à 50 %, annoncé par FEILLET (2000).

2-2 Teneur en lignocellulose (ADF).

La teneur en lignocellulose des sous produits de l'industrie agro alimentaire, est comparable entre les drêches de brasserie et les pulpes de tomates (23,74 et 22,85 %), ainsi qu'entre le gros son et les pulpes d'agrumes (15,85 et 15,34 %). Les grignons d'olives (30,10 %) détiennent la valeur la plus élevée, alors que le gluten de maïs avec 09,75 % est le moins pourvu en ADF. Les pulpes d'olives, ont une teneur intermédiaire avec 19,20 %.

La teneur en ADF, trouvée chez les grignons et les pulpes d'agrumes, est plus faible que celle rapportée respectivement par KAYOULI et al (1990) (53,2 %) et PASCUAL (1980) (24 %).

2-3 Teneur en hémicellulose.

La teneur en hémicellulose, est obtenue en retranchant la teneur en ADF, de celle en NDF. Parmi les parois (hémicellulose, cellulose et lignine), elle représente la partie la plus digestible.

Statistiquement, les drêches de brasserie, le gluten de maïs et le gros son, présentent des teneurs en hémicellulose comparables ; de même que les pulpes d'agrumes et d'olives, qui par ailleurs, sont les moins pourvus en ce composant.

De même que pour les parois totales et la lignocellulose, les grignons avec 34,71 %, sont les plus riches en hémicellulose parmi les sous produits étudiés.

3. Valeurs énergétiques des sous produits étudiés.

Les valeurs énergétiques des sous produits étudiés, sont rapportées dans le tableau 28.

Tableau 28 : Valeurs énergétiques des sous produits agro-industriels étudiés.

Sous produits	Valeurs énergétiques / kg de MS	
	UFL	UFV
Drêches de brasserie	1,09 ± 0,04 a	1,05 ± 0,05 a
Gluten de maïs	1,05 ± 0,02 ab	0,99 ± 0,02 b
Grignons d'olives	0,70 ± 00 e	0,61 ± 00 e
Pulpes d'agrumes	1,05 ± 00 ab	1,02 ± 00 ab
Pulpes d'olives	1,04 ± 0,02 b	1,02 ± 0,02 ab
Pulpes de tomates	0,87 ± 00 d	0,80 ± 00 d
Gros son (témoin)	0,93 ± 0,04 c	0,87 ± 0,05 c

Les valeurs suivies d'une même lettre, ou de deux lettres dont l'une est commune, sont comparables au seuil de 5 % (lire verticalement).

3-1. Les valeurs UFL.

La valeur énergétique par kg de MS, des sous produits agro-industriels, est élevée. Elle varie entre 0,70 et 1,09 UFL. Une comparaison entre les sous produits, révèle des différences non significatives, entre les drêches, le gluten et les pulpes d'agrumes ; ainsi qu'entre ces deux derniers et les pulpes d'olives.

Les apports des drêches de brasserie (1,09 UFL), du gluten de maïs (1,05 UFL), des pulpes d'agrumes (1,05 UFL) et d'olives (1,04 UFL) et du gros son (0,93 UFL), permet de les classer parmi les aliments énergétiques se rapprochant des concentrés classiques tels que l'orge ou le maïs. Ceux des pulpes de tomates (0,87 UFL) et des grignons d'olives (0,70 UFL), les rapprochent beaucoup plus des fourrages grossiers tels que les graminées ou foin de bonne qualité.

Les valeurs obtenues, sont proches de celles rapportées par : l'INRA (1988) pour les pulpes de tomates (0,62 UFL), JARRIGE (1988) pour les drêches (0,93

UFL), CHENOST (1991) pour les pulpes d'agrumes (1,10 UFL) et l'INRA (2007) pour le gluten (1,15 UFL) et le gros son (0,92 UFL). Les pulpes de tomates, ont une valeur énergétique comparable à celle des rebuts de dattes. En effet, CHEHMA et SENOUSSE (2010), annoncent pour ces derniers, une valeur de 0,88 UFL.

3-2. Les valeurs UFV.

Les valeurs énergétiques, exprimées en UFV par Kg de MS, sont de : 1,05 pour les drêches de brasserie et 1,02 pour les pulpes d'agrumes et les pulpes d'olives (ces trois valeurs sont significativement comparables). Le gluten de maïs avec 0,99 UFV, est comparable aux pulpes d'agrumes et d'olives. Le gros son, les pulpes de tomates et les grignons d'olives, viennent en dernier avec respectivement 0,87 ; 0,80 et 0,61 UFV (valeurs significativement différentes).

On peut conclure, que les valeurs énergétiques de ces sous produits, ne sont pas liées uniquement à la teneur en MO et en MG, qui sont source d'énergie chez un aliment ; mais beaucoup plus à la teneur en parois qui reflète la digestibilité du sous produit. Ainsi, les grignons d'olives, avec 97,18 % de MO et 12,42 % de MG (cf. tableau 26), n'apportent que 0,70 UFL et 0,61 UFV, étant donné, qu'ils contiennent 64,81 % d'NDF et 30,10 % d'ADF (cf. tableau 27).

4. Valeurs azotées des sous produits étudiés.

Les valeurs azotées des sous produits agro-industriels étudiés, sont illustrées dans le tableau 29.

Tableau 29 : Valeurs azotées des sous produits agro-industriels étudiés.

Sous produits	Valeurs azotées g / kg de MS		
	PDIA	PDIN	PDIE
Drêches de brasserie	86,0 ± 0,92 a	166,5 ± 1,62 a	150,5 ± 2,77 a
Gluten de maïs	62,6 ± 1,32 b	131,6 ± 3,22 b	109,6 ± 0,93 b
Grignons d'olives	15,6 ± 0,28 g	31,6 ± 0,61 g	65,8 ± 0,36 f
Pulpes d'agrumes	20,5 ± 0,54 f	42,9 ± 1,31 f	88,1 ± 0,67 d
Pulpes d'olives	28,6 ± 0,11 e	64,4 ± 0,33 e	94,0 ± 0,95 c
Pulpes de tomates	31,9 ± 1,62 d	74,4 ± 5,12 d	89,1 ± 1,21 d
Gros son (témoin)	33,9 ± 0,08 c	92,8 ± 0,31 c	79,9 ± 0,20 e

Les valeurs suivies d'une même lettre, sont comparables au seuil de 5 % (lire verticalement)

4-1. Les valeurs PDIA.

Les sous produits étudiés, présentent des valeurs PDIA, significativement différentes. Parmi ces sous produits, les drêches de brasserie et le gluten de maïs avec 86 et 62,6 g/kg de MS, sont les plus riches en protéines alimentaires. Ces valeurs, sont plus élevées que celles des graines de céréales ; à titre d'exemple, l'orge et le maïs, ne rapportent que 34 et 54 g de PDIA (INRA, 2007). Le gros son, les pulpes de tomates et d'olives, suivent avec respectivement : 33,9 ; 31,9 et 28,6 g/kg de MS et en fin, les pulpes d'agrumes et les grignons d'olives qui sont les moins pourvus en PDIA parmi ces sous produits avec 20,5 et 15,6 g/kg de MS.

4-2. Les valeurs PDIN.

Les valeurs PDIN, des sous produits sont significativement différentes. Elles varient de 31,6 g pour les grignons d'olives à 166,5 g/kg de MS pour les drêches de brasserie. Les valeurs trouvées dans cet essai, sont plus faibles que celles annoncées par l'INRA (2007),

pour les drêches, le gluten, le gros son, les pulpes de tomates et d'agrumes et qui sont respectivement de : 194 ; 144 ; 107 ; 140 et 50 g de PDIN/kg de MS.

La valeur trouvée pour les grignons d'olives, est proche de celle rapporté par BOUHAROU (2007) pour ce même sous produit qui est de 43,6 g/Kg de MS et supérieur à celle des rebuts de dattes avec 22,7 g/Kg de MS (CHEHMA et SENOUSI, 2010).

4-3. Les valeurs PDIE.

Les sous produits étudiés, se caractérisent par des apports en PDIE, élevés. Ces apports, sont de : 150,5 g pour les drêches, 109,6 g pour le gluten, 94 g pour les pulpes d'olives, 89,1 g pour les pulpes de tomates, 88,1 g pour les pulpes d'agrumes, 79,9 g pour le gros son et 65,8 g/kg de MS pour les grignons d'olives. Notons que les pulpes de tomates et d'agrumes, présentent des valeurs comparables. Comparer aux valeurs annoncées par l'INRA (2007), nos valeurs sont plus faibles pour les drêches, le gluten, le gros son, les pulpes de tomates et d'agrumes, ils sont respectivement de : 171 ; 115 ; 87 ; 120 et 96 g de PDIE/kg de MS.

Il ressort de l'étude de la valeur azotée, que les drêches et le gros son, sont les plus équilibrés entre les valeurs PDIN et PDIE. Les autres sous produits, sont soit plus riches en PDIN qu'en PDIE, c'est le cas du gluten de maïs, ou l'inverse, et dans ce cas là, on a les pulpes (agrumes, olives et tomates) et les grignons d'olives.

On peut conclure, de cette étude de la valeur nutritive de ces sous produits agro-industriels, qu'il existe une certaine diversité :

- Certains sous produits, tels que les drêches de brasserie, le gluten de maïs et le gros son, sont riches et équilibrés en énergie et en azote et qu'ils peuvent donc être utilisés comme compléments d'une ration de base équilibrée.
- Les pulpes d'agrumes, d'olives et de tomates, sont plus énergétiques qu'azotées. Elles peuvent donc être utilisées pour compléter une ration alimentaire déficitaire en énergie.
- Les grignons d'olives, vu leur richesse en parois, sont assez pauvres en énergie et en azote et ne peuvent servir comme seul complément d'une ration de base. Ils peuvent être utilisés chez des animaux à faibles besoins alimentaires (entretien) ou bien traités par des substances chimiques (ammoniac, urée ou soude) afin de casser la structure des parois et les rendre plus digestibles.

CONCLUSION

CONCLUSION

Au terme de la présente étude, qui s'est assignée comme objectif, l'étude de la composition chimique et le calcul des valeurs énergétiques et azotées (en utilisant les équations de l'INRA, 2007) de quelques sous produits agro-industriels Algériens. On peut conclure, que certains sous produits agro-industriels peuvent être classés dans la catégorie des aliments riches en énergie (c'est le cas des pulpes d'agrumes, d'olives et de tomates) ; alors que les autres peuvent être classés dans la catégorie des aliments riches en azote (gluten de maïs et drêches de brasserie).

Les analyses chimiques nous ont donnés les résultats suivants : les sous produits étudiés, sont riches en MO. Le gluten (29,83 %), les drêches (22,85 %) et les pulpes de tomates (18,23 %), sont les plus pourvus en MAT. Les pulpes d'olives avec 33,46 % de MG, sont les plus riches en cet élément. Alors que les grignons d'olives, sont les plus cellulosiques avec 36,43 % de CB, 64,81 % d'NDF, 30,1 % d'ADF et 34,71 % d'hémicellulose.

Les apports énergétiques, sont plus élevés avec les drêches (1,09 UFL et 1,05 UFV), le gluten (1,05 UFL et 0,99 UFV), les pulpes d'agrumes (1,05 UFL et 1,02 UFV) et les pulpes d'olives (1,04 UFL et 1,02 UFV) ; alors que les apports azotés, sont plus élevés avec les drêches (166,5 g de PDIN et 150,5 g de PDIE) et le gluten (131,6 g de PDIN et 109,6 g de PDIE). Enfin, les grignons d'olives, ont la plus faible valeur nutritive.

Vu le développement de l'industrie agro alimentaire en Algérie, les sous produits, sont disponibles en quantité importantes. Ils sont par conséquents susceptibles d'augmenter en quantité l'offre fourrager et d'améliorer ainsi le bilan alimentaire déficitaire des herbivores en Algérie. Le problème qui heurte leur utilisation dans l'alimentation des animaux, est leur stockage, parce qu'ils sont périssables (riches en eau, donc développement de moisissures). Il faudrait donc, que les fermes soient proches des unités de transformation pour un approvisionnement fréquent, ou bien les déshydratés, ce qui reviendrait cher aussi bien pour les transformateurs que pour les consommateurs.

Il serait intéressant aussi de :

- Refaire ce travail pour confirmer les résultats obtenus.
- Etudier la digestibilité de ces sous produits.
- Réaliser des essais d'ingestibilité, pour tester la palatabilité de ces sous produits.
- Incorporer ces sous produits dans des rations alimentaires et les testés chez des animaux à l'entretien et en production.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

AARON., 2005. Etude des valeurs nutritives de certaines ressources alimentaires locales utilisées dans l'alimentation des animaux. Université de Sousse 2008.

ACCARDI F., LETO. G., GIACCONEE. P., ALICATA. M. L. 1980. Sansa vergine di oliva. Indagine sulla composizione chimica, digeribilità e d efetto nutritivo su agnelli. Zoot. Nutri. Anim., ; 2 : p 238

AEC., 1987. Valeur nutritionnelle de sept matières grasses alimentaires pour le porc. 1993. Journées rech. Porcine en France, 25, 157-164.

AGHSAGHALI A M. AND MAHERI-SIS N. 2008. Nutritive value of some agroindustriel by-product for ruminants A Review. World Journal of Zoology, 3 (2) : 40-46.

ALIBES X, et BERGE Ph., 1983. Etude de l'utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale en Tunisie. Division de la Production et de la Santé Animale .FAO, Rome, 1983.

AMMERMAN C.B., 1972. Effect of processing on the nutritional value of dried citrus pulp .In: Effect of processing on the nutritional value of feed. National Academy of Science. Washington D.C

AMMERMAN CB., 1976. Valeur alimentaire et utilisation des sous-produits des agrumes en alimentation animale. 114 p. Zaragoza : Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 16.

AMMERMAN C.B ; PALMER A.Z ; MOORE N.E ; ARRINGTON L.R, 1976 Comparative nutritional value of pelleted and regular citrus pulp when fed at different levels to finishing steers. Fla. Agric. Exp. Sta. Serie 79.

A.O.A.C 1975. Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists, 2nd ed. Washington D.C. 832 pp.

BARTSCH, B.D et WICKES R.B, 1979. Citrus meal as an energy supplement for dairy cows. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 19:658.

BATH, D.L., DUNBAR, J.R., KING, J.M., BERRY, S.L., LEONARD, R.O., OLBRICH, S.E., 1980. By-products and unusual feedstuffs in livestock

rations. Western Regional Extension Publication No. 39. USDA-ARS, Washington, DC, USA.

BENAMROUCHE., 2002. Application de la méthode des surfaces de réponse pour l'optimisation du blanchiment du son de blé par du peroxyde d'hydrogène et son incorporation dans une farine de pain. Université LAVAL.

BENCHERCHALI M., 1994 Contribution à l'étude de quelques sous-produits agro-industriels algériens: I- caractéristiques chimiques et digestibilité in vitro. II- effets des complémentations à base de sous-produits sur la valeur nutritive de la paille de blé dur, thèse de magister en sciences agronomiques, Inst. Agro. Université de Blida, Algérie, 118 p.

BENSON., 1970. Brewersdreid grains Feedstusffsmineep, vol : 42 N° 28-44p cité par Ingénieur Al Harrach. 2004

BENSOULA A., 1988. Incorporation des drêches de brasserie ensilée dans la ration de la vache laitière. Mémoire d'ing. Dept Zoot. Mostaganem.

BOUDOUMA., 2008. Valorisation du son de blé en alimentation des volailles. Thèse d'état en sciences agronomiques, ENSA, Alger. Département de productions animales de l'INA.

BOUHAROUD R, 2007. Bilan alimentaire en Algérie et apports énergétiques et azotées des sous produits agro-industriels : 64p.

BOURDON D., FEVRIER C., PEREZ J. M., LEBAS P. I., 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : Porc, lapin, volaille. INRA Paris. France. Pp : 163- 239.

CHAPOUTOT P., SAUVANT D., 1986. Etude de la valeur alimentaire des pulpes de tomates. CR INA-PG- RNED Bovins- Comité des sous produits : 5 pages.

CHEHMA., 2002. Utilisation de Blocs Multi nutritionnels en alimentation des ovins et caprins.

CHEHMA et SENOUSI, 2010. Bilan alimentaire en Algérie et apports énergétiques et azotées des sous produits agro-industriels : 74 p.

CHENOST M., 1991. Utilisation digestive des pailles. In Options méditerranéennes. Série séminaires N° 16 pp 67-72.

DECLERCK C.I., 1984. Cours de brasserie : Matière première. Fabrication. Installation 2^{ème} cd.vol 01. Louvain. 985 p. Université LINA Al Harrach.

DOUADI ., 2002. Utilisation des drêches de brasserie dans l'alimentation des Ruminants. Atelier valorisation des sous produits agricoles et agroindustriels dans l'alimentation des Ruminants. ITMA Guelma juin 2002.pp : 88-93.

Erickson G.E, Klopfenstein T.J, Vander Pol K, Bremer V. et Loza P. 2005 " Feeding of Wet Corn Milling Byproducts To Beef Cattle ". 66th Minnesota Nutrition Conference Proceedings.

FAO, 1984, Utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin Méditerranéen.

FAO. 2004. Drêches humides, drêche sèches, levure séchée.

FEHR, P.M., 1980. Les pulpes d'agrumes. In : L'utilisation des matières premières à cellulose facilement digestible par les animaux. CAAA. INA. Paris-Grignon

FEILLET, 2000. Aptitudes technologiques et culinaires de pâtes alimentaires enrichies au germe de blé.

Firkins J.L, Berger L.L, Fahey G.C, Jr. 1985 " Evaluation of Wet and Dry Distillers Grains and Wet and Dry Corn Gluten Feeds For Ruminants ". J. Anim.Sci. 1985. 60 847-860

GHAMRI A, 1979. Valorisation des produits et sous produits agro-industriels dans l'alimentation des bovins en Algérie. Thèse. Doct. 3ème cycle, INP. TOULOUSE. 163 p GIGER et al, 1980.

HACEINI., 1987. Incorporation des drêches fraîches dans l'alimentation des vaches laitières (Pie Rouge). Mémoire d'ingénieur. Dept Zoot. 249p. INA El Harrach.

HENTGES, I.F.; J.E. MOORE ;, A.Z. PAIMER ; J. CARPENTER. 1966. Replacement value of dried citrus meal for corn meal in beef cattle diets. Fla. Agric. Exp. Sta. Bull. 708.

HUTTORT, K. 1987. Citrus pulp in formulated diets. In : Recent advances in animal nutrition. University of new England. Australia.

INRA,1988 - Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, France, 471 p.

INRA, 2007.Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments Tables INRA 2007. Edition Quae. Versailles, 307 p.

ITEBO, 1992. Composition chimique des pulpes d'agrumes.

ITELV, 2003. Les sous produits agro-industriels dans l'alimentation des Ruminants pp : 10-11.

JARRIGE R. ,1988 -Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA.471 p.

JAVED, 2011. Application de la méthode des surfaces de réponse pour l'optimisation du blanchiment du son de blé par du peroxyde d'hydrogène et son incorporation dans une farine de pain. Mémoire de Meriem Zaddem 2014. Université LAVAL.

KAYOULI C, MOUDJHED U, ABDERRABBA H, EL BEJI M et MAJDOUB A, 1990. Potentiel nutritionnel des sous produits agro-industriels et des déchets dans l'alimentation des ruminants en Tunisie. Revue de l'INAT. Vol 4 N° 1.

LAKABI N, 1999. Caractérisation de l'élevage fermier du lapin : étude de l'alimentation. Thèse Magister. Dépt Zoot. Université de Blida.

LANZA, 1982. Valeur alimentaire et utilisation des sous-produits des agrumes en alimentation animale. 114 p. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 16.

LOUNAOUCI., 2001. Alimentation de lapin de chair dans les conditions de productrice algérienne. Thèse Magister. Dept Zoot. Université Blida.

LUNDQVIST, R., 1995. Current uses of traditional co-products. In: Proceedings of the Second National Alternative Feeds Symposium, St. Louis, MO, USA, pp. 95–104

MAHIOUT et BELKACEM., 1997. Valorisation des sous produits de l'alimentation des Ruminants. Etude des quelques résultats de recherche obtenus en Algérie. Thèse d'ing. Dept Zoot. Université de Tizi Ouzou.

MICHALET-DOREAU B, 1981. Utilisation des fientes de volaille dans l'alimentation des ruminants. Bull Tech CRZV INRA France

MOUDJAHID., 2000. Utilisation des Blocs Multi nutritionnels en Alimentation des ovins et caprins. Mémoire de Magister de Benguega Salha 2006 p : 8.

NEFZAOUI., 1979. Utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin Méditerranéen : 10 p ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE.

NEFZAOUI, A., 1983. Etude de l'utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale en Tunisie. Division de la Production et de la Santé Animale .FAO, Rome, 1983.

OHLDE et BECKER., 1982. Utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin Méditerranéen : 10 p.

O'DONOVAN, P.B. 1983. Olive residues for ruminants :Levels in the concentrate for cattle. Technical Paper. FAO/UTFN/LIB/006 Projet, Tripoli, Libya .

ORSKOV E.R. 1980. Nutritional principals in utilization of wastes and by products and wastes in animal feeding. British society of animal production occasional publication .; 03: 13-17.

PASCUAL, J M. ; CARMONA, J F., 1980. Citrus pulp in diets for fattening lambs. Anim. Feed Sci. Technol., 5 (1): 11-22

PEYRON, 2003. <http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/23027/ch02.html>

PICCIONI M., 1965 -Dictionnaire des aliments destiné aux animaux. Ed maison rustique. France.

PINZON, F.J. ; J.M. WING. 1975. Effects of citrus pulp in high urea rations for steers. J. Anim. Sci. 59 (6) : 1100.

PRESTON T.R. 1985 - Validity of feeding standards and development of feeding systems based on crop residues and agro-industrial by-products. In : Better use of crop residues and agro-industrial byproducts in animal feeding : Research guidelines - 1. State of knowledge Animal Production and Health Paper No 50 pp 197-213. FAO Rome

RIHANI, N.; F. GUESSOUS; M. EL FADILI, 1985. Valeurs nutritives comparées des pulpes sèches de betteraves et d'agrumes. 15eme Journées de PANPA, Rabat-Maroc.

RIHANI, N., F. GUESSOUS ; W.L. JOHNSON, 1986. Nutritive value of dried citrus and beet pulps produced in Morocco (Abstr). J. Anim. Sci. 63 (Suppl.1) : 428.

RIHANI N. 1991a. Valeur alimentaire des sous-produits des agrumes en alimentation animale. Options méditerranéennes. Série séminaires, 16 :113-117.

RIHANI N, 1991b, valeur alimentaire et utilisation des sous produits agrumes alimentation animale – options méditerranéennes série séminaire n 16 pp :119-133

SANSOUCY R, 1984. Utilisation des sous produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin méditerranéen. Etude FAO Production et Santé Animales.1984 ; 43 : 46.

SCHAIBLY, G.E. ; J.M. WING, 1974. Effect of roughage concentrate ratio on digestibility and rumen fermentation of corn silage-citrus pulp rations. J. Anim. Sci. 38 (3) : 697-701.

SYLVIANE D, 2000. Utilisation digestive et valeurs énergétiques du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance et la truie adulte. Journées Rech. Porcine en France, 32, 177-183.

TAHERTI M., 1985. Place potentielle des produits et sous produits agroindustriels dans l'alimentation animale. Mém. Ing. INA EL Harrach. 90 p.

THERIEZ, M. et BOULE, G., 1970. Valeur alimentaire du tourteau d'olive ANN.Zootech.19(2) pp 143-157.

VELLOSO, L., 1985. USO da polpa citrica na alimentacao animal. Comun. Cient. Fac. Med. Vet. Zotec.Univ.Paulo. 9 (2) : 161.

VERITE., 1981. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : PrévAlim pour INRAtion. INRA Prod. Anim., 1999, 12 (3), 183-194.

Sommaire

INTRODUCTION	1
---------------------------	----------

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Caractéristiques physico-chimiques des sous produits.....	2
--	---

CHAPITRE II : Valeur nutritive et utilisation des sous produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants.....	16
---	----

PARTIE EXPERIMENTALE

Matériel et méthodes.....	32
---------------------------	----

Résultats et discussion.....	44
------------------------------	----

CONCLUSION.....	53
------------------------	-----------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES