



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah

Faculté des Sciences et Techniques

www.fst-usmba.ac.ma



Licence Sciences et Techniques (LST)

BHSA



Biotechnologie hygiène et sécurité alimentaire

PROJET DE FIN D'ETUDES

Processus de préparation et d'extraction
d'huile de soja et les analyses du tourteau

Présenté par :

 **EZ-ZAYANI LATIFA**

Encadré par :

 **Pr. ABDELLATIF HAGGOURD**

 **Mr. HINDA OMAR**

Soutenu Le 11 Juin 2014 devant le jury composé de :

- Pr. ABDELLATIF HAGGOURD
- Pr. MOHAMMED IRAQUI

Stage effectué à la société HSB (LOUSRA)

Année Universitaire 2013/2014

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES

B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES – MAROC

Tél. +212 (0) 535 60 80 14 – +212 (0) 535 60 96 35 – +212 (0) 535 60 29 53 – Fax : +212 (0) 535 60 82 14



Sommaire

Introduction 1

PARTIE I: Présentation de la société2

I. L'historique 2

II. Les activités 3

III. Les produits 3

IV. Fiche technique 4

V. Organigramme 5

PARTIE II: REVU BIBLIOGRAPHIQUE.....6

I. Etude de la graine et de l'huile de soja 6

1. Soja comme plante 6

1.1. Description de soja 6

1.2. Culture de soja.....7

1.3. Définition et constituants de soja 8

1.4. Répartition de la graine de soja dans le monde 8

2. Etude de l'huile de soja.....9

2.1. définition de l'huile de soja..... 9

2.2. origine de l'huile de soja.....9

2.3. composition de l'huile de soja.....9

➤ constituants mineurs.....10

➤ composition en acide gras.....10

➤ composition en sterols.....11

II. Préparation de la graine.....11

1. La réception de la graine, Nettoyage 12

2. Concassage 12



3. Decorticage.....	12
4. Chauffage	12
5. floconnage	12
6. Pelletisation	13
7. Refroidissement	13
III. Extraction d'huile de soja	13
1. Principe	14
2. les etapes de l'extraction de l'huile de soja.....	15
2.1. L'arrosage par l'hexane	15
2.2. Désolvantisation et toastage du Tourteaux	16
2.3. Distillation	18
IV. Etude de tourteau de soja.....	18
1. Définition	19
2. Principaux pays exportateur de tourteau de soja.....	19
4. Méthodes de contrôle de la qualité du tourteau de soja	20
PARTIE 3: <u>MATERIELS ET METHODES</u>.....	12
I. Description des méthodes de contrôle de la qualité du tourteau de soja.....	21
1. Indice uréasique	21
1.1. Mode opératoire.....	21
1.2. Exploitation des résultats.....	21
2. Influence de l'humidité sur La teneur en protéines brute.....	22
2.1. Objectif.....	23
2.2. Mode opératoire.....	23
2.3. Exploitation des résultats.....	23
3. Solubilité des protéines dans une solution de KOH	24
3.1. Objectif.....	24
3.2. Mode opératoire.....	24
3.3. Exploitation des résultats.....	24
4. L'indice de dispersion des protéines(IDP)	25



4.1. Objectif.....	25
4.2. Mode opératoire.....	26
4.3. Exploitation des résultats.....	26
II. Application de la méthode de Kjeldahl	27
✚ Principe	27
1. Minéralisation	27
2. Dosage de l'azote total	27
III. Résultats et discussion	28
1. Indice uréasique.....	30
2. Influence d'humidité sur la teneur en protéines	30
3. solubilité des protéines dans KOH.....	31
4. indice de dispersion des protéines.....	32
IV. Conclusion.....	33
Référence bibliographique.....	34



Introduction

La fabrication des huiles alimentaires fait partie des industries agro-alimentaires qui se basent sur des matières premières représentées par des produits agricoles végétaux ou animaux. Un enchaînement bien défini de différentes opérations traduit un procédé qui relie la matière première et le produit fini.

La transformation du soja actuelle est basée essentiellement sur la technique de l'extraction par solvant dans le but d'obtenir de l'huile brute, d'une part, et un tourteau dégraissé, d'autre part. La plus grande partie du tourteau ainsi obtenu est utilisée pour nourrir les animaux, le reste étant transformé pour les besoins de la consommation humaine et industrielle.

Ce stage est réalisé en binôme avec Ikram Es-sbata, nous a permis en tant qu'étudiantes, de développer une interactivité et une synergie entre la formation théorique et l'expérience pratique. Notre choix s'est porté sur Lousra en raison de son excellente réputation et sa bonne position sur le marché. Dans ce cadre, et durant ce stage au sein de Lousra, l'intérêt a été porté sur le suivi du procédé de préparation de la graine, sur l'extraction de l'huile de soja et sur les analyses biochimiques du tourteau.

Ce travail sera divisé en quatre parties ; la première partie concerne la présentation et l'historique de l'entreprise, la deuxième partie décrira le processus de préparation de la graine au sein de la société, et la troisième partie portera sur le procédé de l'extraction de huile de soja, et la dernière partie portera sur les analyses biochimiques du tourteau au sein de Lousra.



PARTIE I:

PRESENTATION DE LA SOCIETE

I. Historique de la société

1975 : Création par M Belhassan de la société << huilerie du Souss Belhassan >> et construite par un groupe italien. S'étalant sur une superficie de 3,3 hectares dans la zone industrielle d'Anza à Agadir, c'est une entreprise familiale qui traitait en plus des huiles et du café, les conserves d'olive.

Jusqu'à la fin des années 90 et sous le régime administratif des quotas, l'entreprise n'avait droit qu'à 3,5% de la quantité total des huiles de tables importées au Maroc. Un tel environnement freinait énormément le développement de l'organisation et ne donnait aucune marge de manœuvre à la recherche de l'amélioration de la gestion de l'outil de production qui ne tournait alors qu'à moins de 50% de sa capacité et à une fréquence irrégulière et imprévisible.

1990 : avec la libération, l'entreprise a augmenté sa capacité de 100 a 300 tonnes/jour ce grâce a l'acquisition d'une nouvelle machine de raffinage. Pour plus d'autonomie, la société s'est équipée d'une machine de soufflage des préformes pour la fabrication des emballages en PET (polyéthylène de téréphtalate) (1/2 L, 1L, 2L, 3L, et 5L) et devenir l'une des rares entreprises en Afrique à acquérir ce genre de matériel produisant ses propres besoins en bouteilles.

1992 : La société a renouvelé les unités de torréfaction et de conditionnement des café afin d'accompagner le développement de ce secteur.

1996 : La société avait fait l'acquisition d'une unité de conditionnement du thé

1998 : l'entreprise avait entamé le chantier de la mise en place d'un système d'assurance de qualité. Néanmoins, le système des subventions aux huiles instauré par les pouvoirs publics depuis 1996 jusqu'à la fin de l'année 2000 ne militait pas en faveur d'une extension soutenue. S'il permettait d'ajuster les variations des prix sur le marché international, il ne motivait pas



les opérateurs à la recherche d'une meilleure rationalisation des achats et de l'outil production.

Les ventes de libération de la filière des oléagineuses qui connaîtra sa consécration par la signature de l'accord de libération entre le gouvernement et 10 producteurs le 20 octobre 2000 vont enfin stopper les méfaits induits par protectionnisme du secteur.

2000 : création de la société << huilerie du Souss Belhassan >> à la région Meknès.

La société s'est engagée dans un plan d'investissement très ambitieux et qui devrait s'échelonner sur plusieurs années. Le premier gros chantier étant la construction d'une nouvelle usine de trituration des graines oléagineuses et du raffinage des huiles dans la région de Meknès. La capacité de traitement est de 600 tonnes /jour d'huiles d'olive et 1000 tonnes /jour pour les graines de soja et de tournesol, l'unité située à EL Bassatine Ex-jradi Route ELMhaya-Ain Tauojdate, à proximité des zones réputées par la culture d'olivier.

2001 : fin des travaux et démarrage de l'unité de trituration d'olives et de l'unité de préparation et d'extraction des graines oléagineuses.

2002-2003 : préparation de démarrage de l'unité de raffinage des huiles.

2003-2004 : démarrage de l'unité de raffinages des huiles végétales.

2004-2005 : construction d'une nouvelle station de traitement des margines, augmentation de la capacité de l'unité de trituration des graines oléagineuses de 600 tonnes/jour à 1000 tonnes/jour.

2005-2006 : l'entreprise avait entamé le chantier de la mise en place d'un système de management de la qualité selon les exigences de la norme ISO 90001 V 2000.

Démarrage de l'unité de traitements des margines.

II. Les activités :

- Trituration des olives
- Préparation et l'extraction des graines oléagineuses et Grignon d'olive
- Raffinage d'huile
- Traitement des eaux et margines.
- Soufflage des préformes
- Conditionnement de l'huile alimentaire

III. Les produits :



-
- Tourteaux de soja
 - Tourteaux de tournesol
 - Huile brute de soja
 - Huile brute de tournesol
 - Huile d'olive
 - Huile de grignon d'olive
 - Huile raffinée de : soja, et de tournesol ; (vrac ou conditionnée)

IV. Fiche technique :

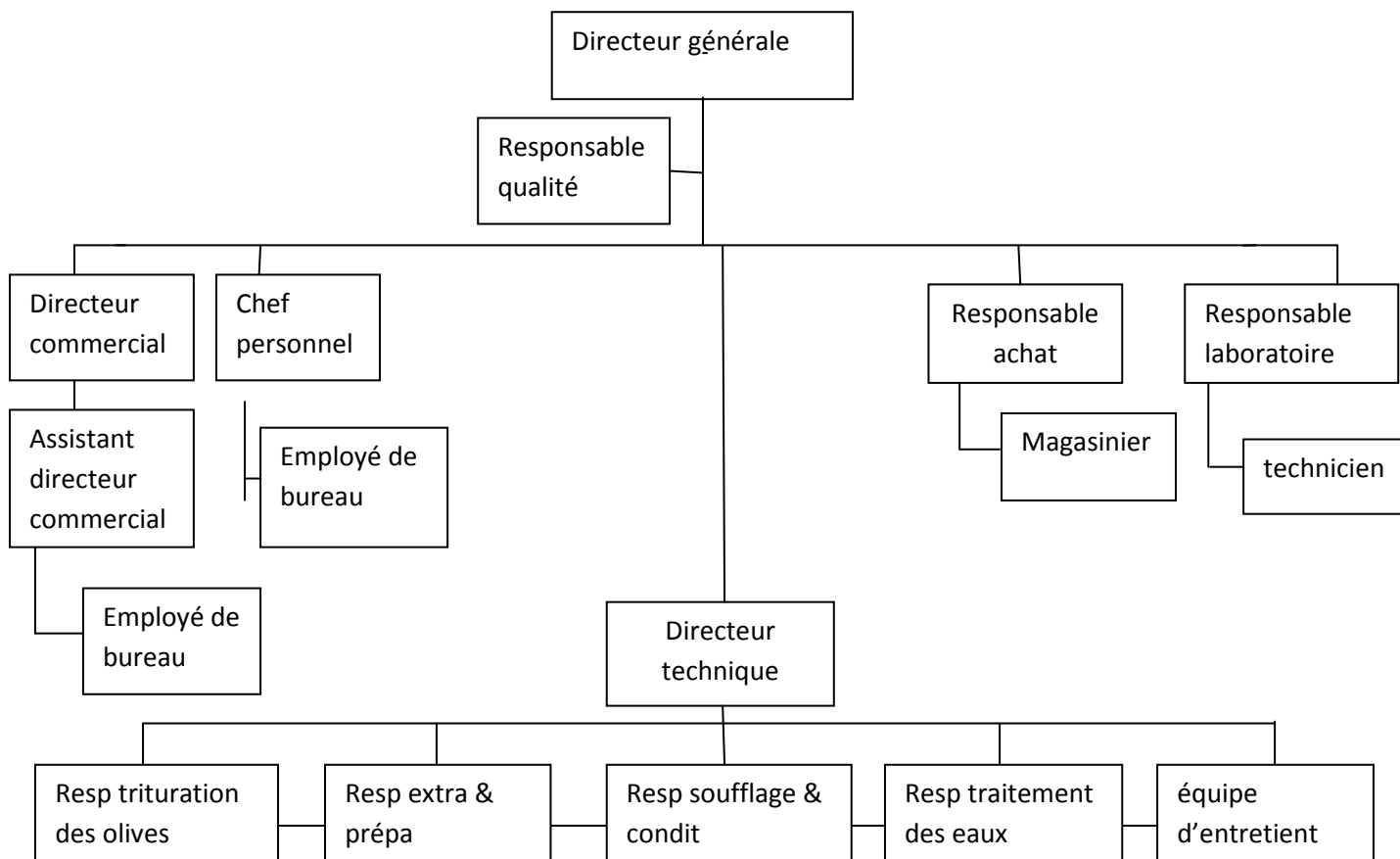
Raison sociale	Huilerie de Souss Belhassan
Forme juridique	SARL
Date de création	2000
Siege sociale	Avenue Med V Ain Taoujdate BP60
Téléphone	0535441833/0535441673/0535441674
Fax	0535441675/76
Numéro de registre de commerce	Agadir 6211
Patente	48 36 43 33
TVA	260 148
Effectif	358 employés



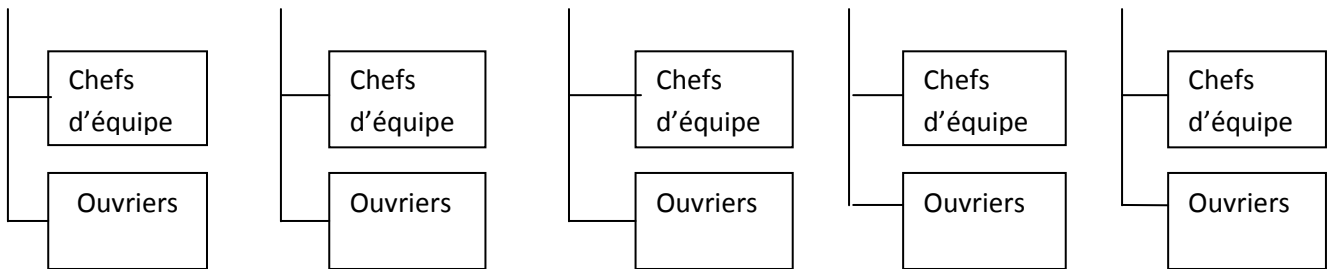
Nombre de cadres

12 cadres

V. Organigramme :



FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES



PARTIE 2 :

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Etude de la graine et de l'huile de soja

1. Soja comme plante :

Le **soja** (*Glycine max* (L.) Merr.), ou **soya jaune**, est une [plante](#) grimpante de la famille des [Fabacées](#), du genre *Glycine*, proche du [haricot](#), largement cultivée pour ses [graines oléagineuses](#) qui fournissent la deuxième [huile alimentaire](#) consommée dans le monde, après l'huile de palme. Le [tourteau](#) issu de la [trituration](#) des graines de soja est la principale matière riche en [protéines](#) employée en [alimentation animale](#).



Fig.1 : Plante de haricot de soja (plante-de-haricot-de-soja-15765304.jpg
fr.dreamstime.com)

1.1. Description du soja

Cette plante herbacée, originaire de Chine, est recouverte de fins poils gris ou marron et possède des tiges qui peuvent monter jusqu'à 1,30 mètre de hauteur. Le soja est principalement composé de feuilles trifoliées et de toutes petites fleurs blanches, violettes ou pourpres, réunies en grappes de trois ou cinq fleurs.

- Type : [Plante potagère](#)
- Hauteur : [30 cm à 1.3 m](#)
- Couleurs des fleurs : [Blanc](#), [Violet](#), [Pourpre](#)
- Exposition souhaitée : [Ensoleillée](#)
- Type de sol : [Sableux](#), [Argileux](#)
- Période de plantation : [Mai](#)
- Période de récolte : [Octobre](#)
- Assainissant : Non

(<http://www.deco.fr/jardin-jardinage/plante-potagere/soja/>)



Fig. 2: Fleurs de soja (www.dietobio.com buddhachannel.tv)

1.2. Culture du soja

Le soja a besoin d'une très grande attention pour pousser. Il aime énormément la chaleur mais a également besoin d'un arrosage assez constant. La **fleur soja** est généralement plantée au mois de mai pour une récolte qui se fait aux mois de septembre et d'octobre. Cette plante écologique présente de nombreux avantages puisqu'elle bonifie le sol, nettoie la terre et protège la nappe phréatique. Le soja doit être planté dans un sol frais, dans un mélange d'argile et de sable. (<http://www.deco.fr/jardin-jardinage/plante-potagere/soja/>)

1.3. Définition et constituants de soja :

Le soja est un oléagineux qui constitue dans le monde la principale source d'huile végétale et de protéines. Il est cultivé à grande échelle aux USA et en Chine. Les graines peuvent être transformées en farines pour l'alimentation humaine ou en tourteau pour l'alimentation animale. En Chine, au Japon et dans les pays d'Asie du sud ouest, le soja est utilisé principalement pour l'huile et le tourteau. (Ladouzi ,2011)

Le soja constitue l'un des aliments naturels les plus riches. Il renferme une grande quantité de protéines, de glucides, de lipides, de vitamines A et B, de phosphore, de potassium, de calcium, de magnésium, de zinc et de fer.

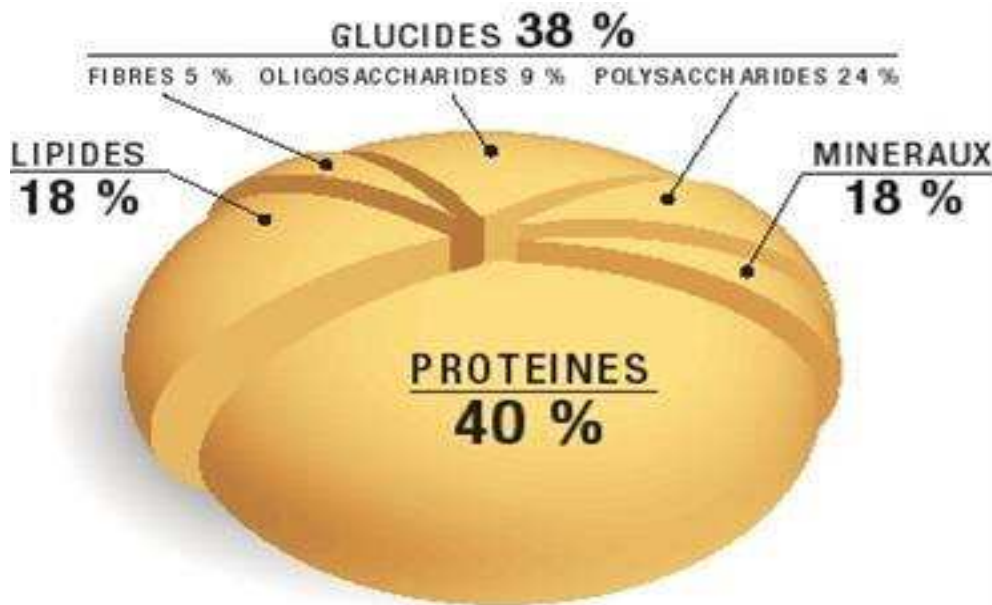
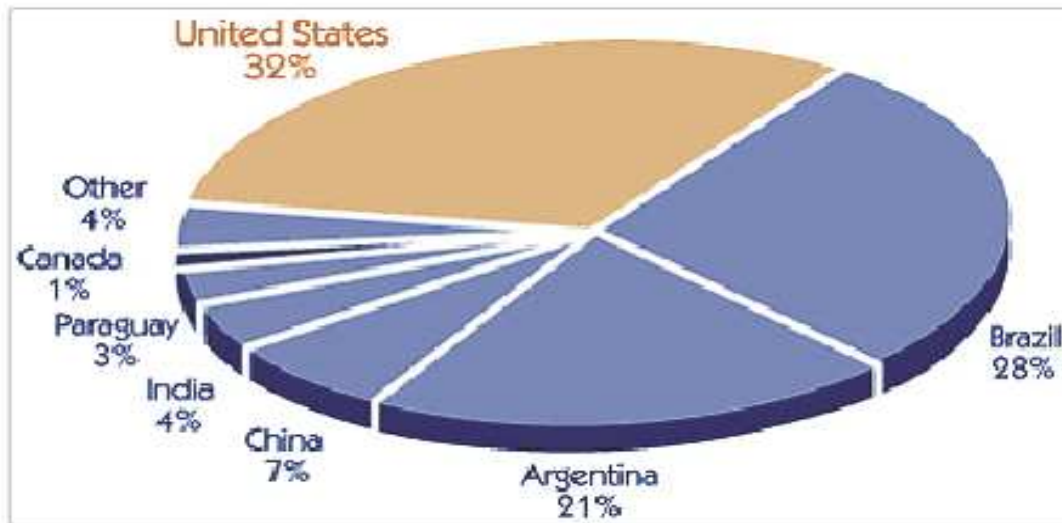


Fig. 3 : Composition de la graine de soja à maturité

http://www.univ-rouen.fr/ABISS/L3CAB/soja/les_diff% E9rentes_prot% E9ines.htm

1.4. Répartition de la graine de soja dans le monde

Les plus grands producteurs de soja du monde sont les Etats-Unis, le Brésil et l'Argentine. Ensemble, ces pays produisent plus de 80 % du soja mondial.



Répartition de la production mondiale de soja
http://www.soystats.com/2008/page_30.htm

Fig.4 : Répartition de la production mondiale de soja

2. Etude de l'huile de soja

2.1. Définition de l'huile de soja:

L'huile de soja appelée également soya oil est l'huile alimentaire la plus consommée à travers le monde. Onctueuse, légère et de couleur jaunâtre, elle provient de l'extraction de la fève de soja. (Ladouzi, 2011)

2.2. Origine de l'huile de soja

L'huile de soja est extraite de la fève de soja qui constitue une plante légumineuse cultivée en grande partie dans les pays asiatiques. Dans ces régions, cette plante grimpante est utilisée en tant que nourriture pour les animaux mais constitue également la base de nombreuses préparations comme la farine ou encore huile de soja. (Ladouzi, 2011)

2.3. Composition de l'huile de soja

L'huile de soja contient de la lécithine, elle comporte également un fort taux d'acides gras polyinsaturés, d'acide linoléique (W6) et alpha linoléique (W3) qui sont indispensables à



l'organisme humain. L'huile de soja est en revanche assez pauvre en vitamine A. Ce liquide ne présente aucun taux de cholestérol, car c'est une huile végétale. (Ladouzi, 2011).

➤ Constituants mineurs

Les constituants mineurs de l'huile de soja sont donnés dans le tableau I.

❖ **Tableau I** : Constituants mineurs de l'huile de soja (Platon, 1988).

Nature	Composés
Lipidique	-Phosphatides hydratables et non hydratables - Glycérides partiels - Acides gras libres
Glucidique	-Sucres libres et glycolipides
Ions métalliques	-fer(Fe), cuivre(Cu), Calcium, Magnésium
Pigments colorants	-Caroténoïdes, chlorophylle et autres pigments
Produits oxydés	- Aldéhydes, cétones, peroxyde
Autres	- Composés odorants -Matières insaponifiables (hydrocarbures, alcools triterpéniques, stérols) - Tocophérols.

➤ Composition en acides gras

La composition moyenne en acides gras de l'huile de soja est donnée dans le tableau II.

❖ **Tableau II** : Composition de l'huile de soja en acides gras (Platon, 1988).

Types d'acides gras	Pourcentage %
Acide palmitique (C16: 0)	11,5
Acide stéarique (C18: 0)	4,0
Acide oléique (C18: 1, cis)	25,0
Acide linoléique (C18: 2, cis : cis)	51,5



Acide linoléique (C 18: 3)	7,5
Acide arachidique (C20: 0)	0,5

➤ Composition en stérols

Les compositions en stérols est illustré dans le tableau suivant :

❖ **Tableau III** : Composition en stérols pour l'huile de soja (Platon, 1988)

Stérols	Pourcentage %
Cholestérol	<1
Compésterol	19-23
Stigmastérol	17-19
β -Sitosterol	47-59
α -5-Avena sterol	2-4
α -7-Stigmastérol	1-3
α -7Avena stérol	1-2

II. Préparation de la graine

La **préparation** est destinée à faciliter l'extraction de l'huile pour diminuer le coût énergétique de l'opération et augmenter son rendement. De plus, une bonne préparation avant la pression améliore l'extractibilité au solvant et la désolvantation du tourteau. La préparation comprend les étapes suivantes :

- **réception et nettoyage de la graine**
- **Concassage**
- **Décorticage**
- **chauffage**
- **Aplatissage (floconnage)**



-
- Pelletisation(Expansion)
 - Refroidissement

L'étape de préparation ne fait pas intervenir de pressage, mais une étape de traitement thermique et d'aplatissage de manière à produire une matière favorable à l'extraction au solvant.

1. Réception et nettoyage de la graine :

Lorsque les graines arrivent à l'usine, **elles se mettent dans des fosses afin de subir un nettoyage**. Les fèves sont nettoyées pour éliminer la terre, les résidus végétaux et d'insectes ainsi que d'autres contaminants. Des machines qui nettoient et séparent, comprenant une trémie de réception, un ventilateur et un groupe de tamis vibrants, éliminent les contaminants. **(Laisney, 1992)**.

2. Concassage

Les fèves sont concassées par le passage entre deux cylindres crénelés qui fragmentent chaque graine en 2 puis en 4 morceaux et détachent la coque de l'endosperme afin de déchirer les cellules qui contiennent l'huile à extraire. **(Laisney, 1992)**.

3. Décorticage

Le décorticage a pour but d'obtenir la partie de la graine la plus riche en huile. La pellicule qui représente environ 8 % du poids de la fève se sépare des morceaux de la fève et est emportée par un courant d'air lors d'une opération appelée aspiration. Après le décorticage, c'est la « chair » de la fève qui reste.

Le décorticage se fait lorsqu'on veut avoir un tourteau de 48% de protéines mais cette étape est négligeable dans le cas d'un tourteau de 44% de protéines. **(Laisney, 1992)**.

4. Chauffage



Les fragments d'endosperme sont tout d'abord soumis à une chaleur sèche de 65°C environ afin de les assouplir et de pouvoir ensuite les transformer en flocons sans créer trop de fines. (Laisney, 1992).

5. Floconnage

Afin de faciliter l'extraction de l'huile, la chair passe à travers un groupe de cylindres rotatifs en acier (appareil à cylindres) et fournit des flocons d'environ 0,3 mm d'épaisseur.

L'opération de floconnage produit suffisamment de pression pour que les cellules de la fève soient brisées, ce qui permet au solvant de pénétrer dans tous les morceaux de fève et d'en extraire ainsi l'huile. (Laisney, 1992).

6. Pelletisation (Expansion)

Avant l'extraction au solvant, il est essentiel que le solvant puisse pénétrer dans les flocons et en extraire l'huile. Certaines usines de transformation ont donc incorporé une opération appelée expansion dans laquelle les fèves sont envoyées dans une machine comportant une vis rotative semblable à celles qui se trouvent dans une extrudeuse. Un obturateur situé à la sortie restreint le flux du produit, créant une pression élevée qui provoque une rupture supplémentaire des cellules, ce qui accroît l'efficacité de l'extraction de l'huile. De la vapeur produite à l'intérieur de la fève sous l'influence de la chaleur générée au cours de l'opération fait gonfler la fève et y crée de petits espaces, la rendant plus poreuse. Cette augmentation de la porosité accroît l'efficacité de l'extraction au solvant et de l'écoulement du solvant hors du flocon. (Laisney, 1992).

7. Refroidissement

L'étape suivante du processus comprend le refroidissement du tourteau qui doit conserver environ 10 % d'humidité. Et qui a pour but d'éviter l'évaporation d'hexane au moment de l'arrosage.

III. Extraction de l'huile de soja



L'huile brute désigne l'huile non raffinée, elle peut être obtenue selon deux procédés :

- Physique : Par l'application d'une pression
- Chimique : Par extraction au solvant.

Dans notre cas, les huileries de souss belhassan utilisent le procédé chimique par extraction au solvant.

1. Principe :

L'extraction par solvants des huiles et graisses est essentiellement réalisée industriellement en mettant en contact la matière oléagineuse à traiter avec un solvant approprié. On obtient ainsi une solution d'huile dans le solvant ou miscella dont la concentration varie suivant la qualité du solvant et la richesse en huile de l'oléagineux traité(le soja).

Le solvant le plus utilisé est l'hexane, molécule apolaire. Cette extraction repose sur le principe suivant : les composés apolaires comme les corps gras sont insolubles dans les composés polaires comme l'eau, mais solubles dans les solvants apolaires tels que l'hexane.

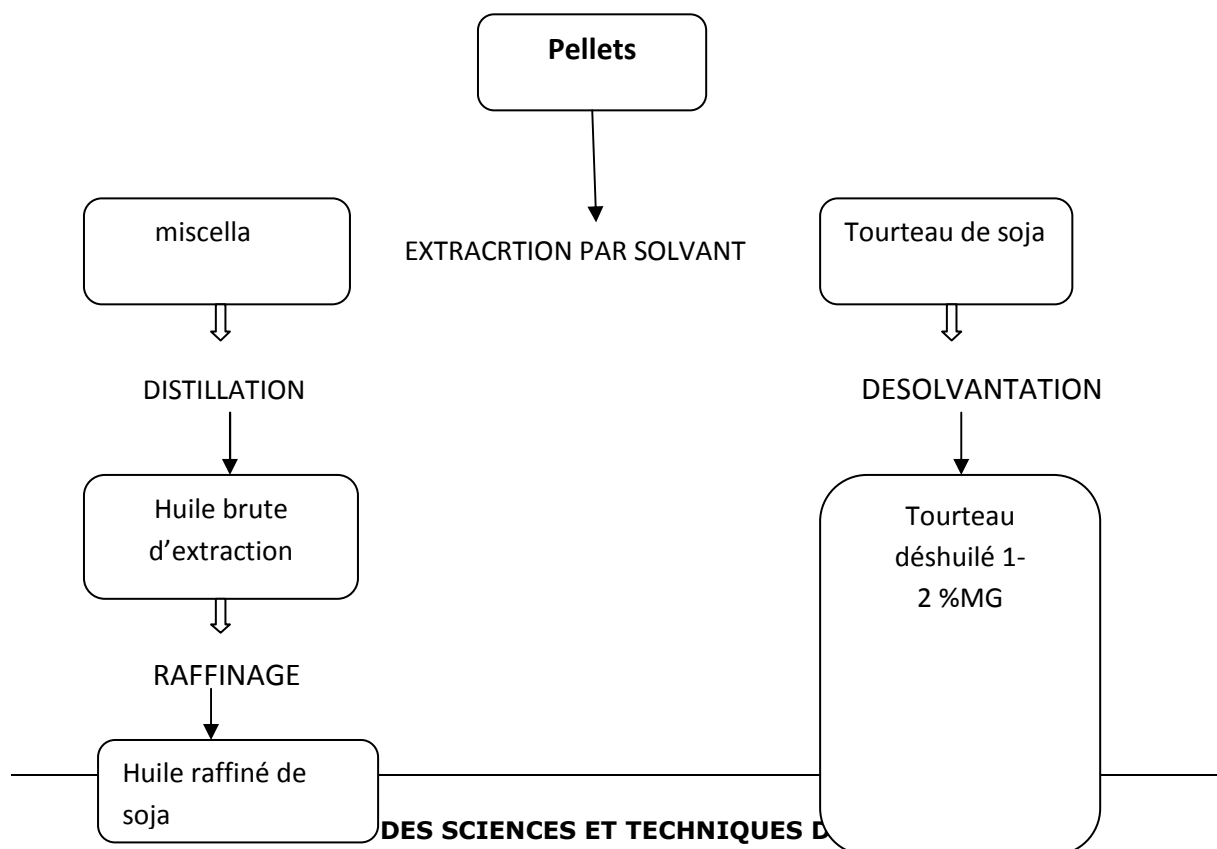
Le point d'évaporation de l'hexane étant inférieur à celui des matières grasses à extraire, il est donc très facile de séparer ces deux composés en chauffant leur mélange.

L'extraction au solvant est réalisée en continu dans un extracteur à contre-courant jusqu'à épuisement presque complet de l'huile résiduelle des tourteaux. Ceux-ci sont ensuite désolvantés dans le désolvant-toaster par chauffage et injection de vapeur, granulés puis refroidis avant stockage. L'huile quant à elle, est débarrassée du solvant par distillation. Dans toutes ces opérations, le solvant utilisé (hexane) est récupéré et recyclé dans l'installation.



2. Les étapes de l'extraction de l'huile de soja :

Les grandes étapes d'extraction de l'huile de soja sont illustrées dans le schéma suivant :





ALIMENTATION HUMAINE



ALIMENTATION ANIMALE

Fig.5 : Schéma d' extraction des huiles de graine de soja

2.1. Arrosage par l'hexane:

L'extraction de l'huile des écales de presse est réalisée dans un extracteur continu. Les extracteurs les plus courants mettent en œuvre une circulation du solvant et de la matière traitée (pellets) à contre-courant et sont essentiellement constitués par un tapis roulant se déplaçant à l'intérieur d'une enveloppe horizontale étanche. Une série de pompes assure l'arrosage de la matière sur des zones bien définies du tapis. On utilise des miscellas d'huile et de solvant de moins en moins riches en huile au fur et à mesure que la matière avance sur le tapis et s'appauvrit en matière grasse, pour finir par du solvant pur.

On obtient ainsi :

- le miscella d'huile et de solvant.
- Et le tourteau déshuilé.

Le schéma suivant indique le principe d'un extracteur à contre courant :

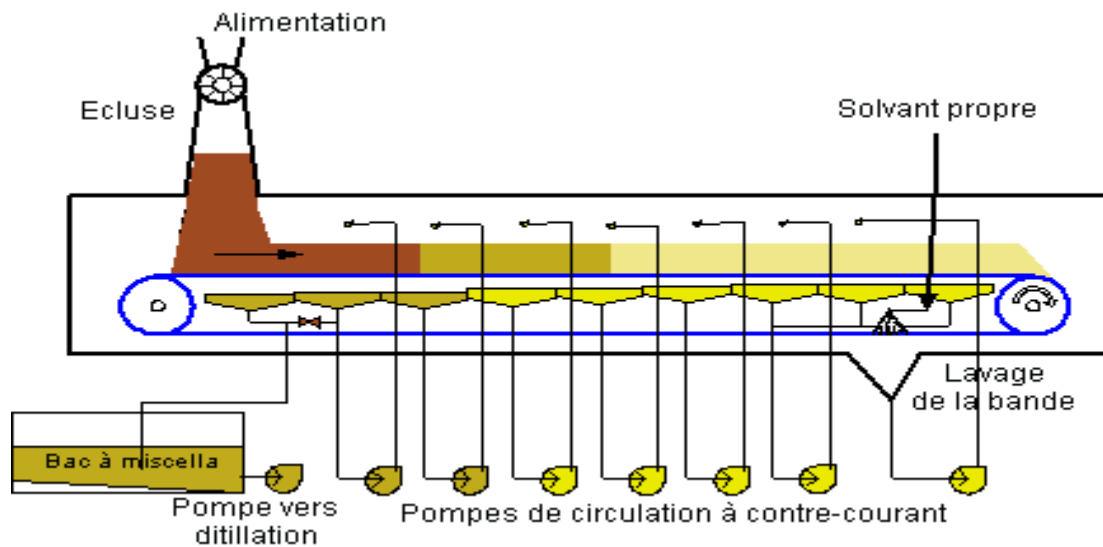


Fig.6 : Schéma de principe d'un extracteur à contre-courant continu à bande

(<http://www.cetiom.fr/debouches-chiffres/transformation-des-graines/extraction/>)

2.2. Désolvantation/toastage du tourteau

Le tourteau sortant de l'extracteur contient autour de 30 % d'hexane (en poids) qu'il faut récupérer et éliminer aussi parfaitement que possible pour qu'il ne présente pas de risques d'inflammation et d'explosion et soit conforme aux spécifications admises en alimentation animale. Il est, pour ce faire, acheminé dans un désolvantiseur/toasteur.

Le désolvantiseur est un appareil cylindrique verticale à 7 étages, les étages étant formés de plateaux à double fonds chauffants installés les uns au-dessus des autres et séparés par des viroles. L'appareil est schématiquement divisé en deux sections :

- Section de désolvantation, étage 1 à 3.
- Section de cuisson, étage 4 à 7.

Chaque étage est pourvu d'un ou plusieurs bras racleur pour agiter la farine.

La farine est chauffée par les fonds chauffants pour évaporer le solvant.

La vapeur vive, injectée par le double fond de l'étage 7, passe par les perforations des doubles fonds des étages 4, 5 et 6 en traversant la matière de l'étage pour entraîner l'hexane retenu par la farine.

Les vapeurs d'hexane et d'eau sont collectées à la partie supérieure de l'appareil via la cheminée centrale et évacuées vers la section de distillation où elles sont condensées et le solvant récolté est réintroduit dans l'extracteur.

A la sortie du désolvantiseur, les farines sont reprises par le transporteur et envoyées vers le refroidissement.

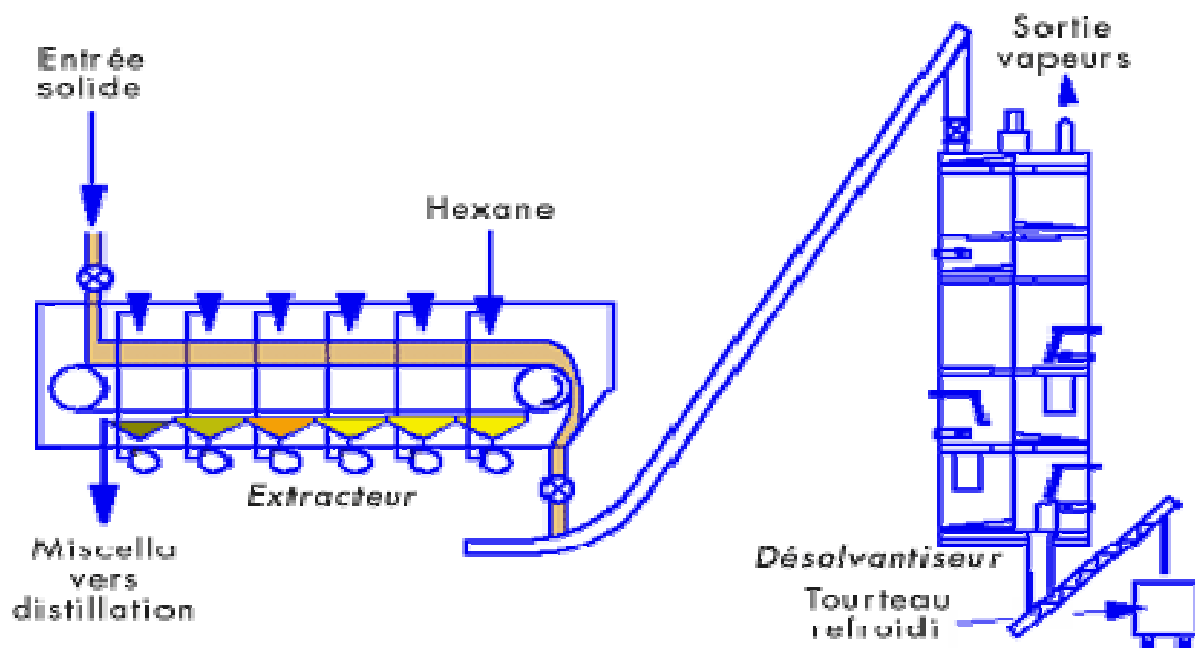


Fig. 7 : Schema de toaste pour la désolvantation de tourteau de soja

En sortie de l'installation de désolvantation, le tourteau (ou farine) titre de 0,8 à 2 % environ de matière grasse suivant les performances de l'installation.

2.3. Distillation :



A la sortie de l'extracteur, le miscella est envoyé par la pompe via un débitmètre vers la distillation.

La distillation est caractérisée par l'emploi du vide sur toute la ligne et par l'injection de vapeur vive dans les étapes finales pour éliminer les dernières traces de solvant.

La distillation est réalisée en trois étapes :

- La première étape consiste à employer et à récupérer la chaleur latente des vapeurs venant du désolvantiseur pour chauffer le miscella. Cette étape est réalisée dans une bêche appelé **économiseur**. A la sortie de l'économiseur, le miscella concentré jusqu'à une teneur en huile d'environ 75% s'écoule par débordement vers l'évaporateur. Le miscella passe vers l'économiseur à une température de 50°C, et a la sortie atteint une température de 58°C.
- Dans la deuxième étape la vapeur est employée pour chauffer le miscella. L'huile obtenue est désolvantisée sans pour autant la sécher complètement, ceci pour faciliter l'hydratation des gommés, cet **évaporateur** concentre le miscella jusqu'à une teneur en huile de 95% environ s'écoule par débordement au **finisseur**. Dans ce dernier l'injection de vapeur vive aide à la Désolvantisation afin d'éliminer le maximum de solvant de l'huile. L'huile désolvantisée est transmise par la pompe vers le malaxeur où elle est refroidie par de l'eau puis vers la centrifugeuse pour séparer l'huile des gommés puis l'huile passe vers la troisième étape.
- **La troisième étape consiste à sécher l'huile dégommée et à éliminer au maximum les dernières traces de solvant qui pourraient encore être présentes.** Après le séchage l'huile brute refroidie pour être stocké dans les citernes,

IV. Etude de tourteau de soja

Les tourteaux sont les résidus solides obtenus après extraction de l'huile des graines ou des fruits oléagineux. Ce sont les coproduits (sous-produits) de la trituration, c'est-à-dire l'industrie de fabrication de l'huile. L'huile est utilisée à 85-86% pour la consommation humaine, et le reste sert à la fabrication des savons, détergents, peintures, résines



glycérophtaliques, lubrifiants, cosmétiques, ancre, etc. Les tourteaux constituent la 2ème classe d'aliments la plus importante après les céréales. En effet ils représentent la principale source de protéines en alimentation aviaire, (Anonyme 2, 2006).

1. Définition de tourteau

La définition officielle du tourteau de soja qui est généralement utilisée en Amérique est celle qu'a donnée l'AAFCO (l'Association of American Feed Control Officials) aux tourteaux de soja les plus fréquemment utilisés dans le monde, (Keith, 1999):

- **Le tourteau de soja décortiqué extrait par solvant (48% de protéines):** il est obtenu en meulant les pellets restant après extraction par solvant de la plus grande partie de l'huile du soja décortiqué. Sa teneur en cellulose brute ne peut excéder 3-4%. (AAFCO, 1999).
- **Le tourteau de soja, extrait par solvant (44%) :** il est obtenu en meulant les pellets restant après extraction par solvant de la plus grande partie de l'huile du soja. Sa teneur en cellulose brute ne peut excéder 6-7%. (AAFCO, 1999). Dans la plupart des pays du monde, le tourteau de soja est la principale source de protéines alimentaires pour les volailles.

2. Les principaux pays exportateur de tourteau de soja :

En ce qui concerne le soja, la production française de graines oléagineuses est très faible. Malgré le développement de sa culture dans le sud-ouest de la France (soja de pays), le taux de couverture des besoins en cette matière est inférieur à 10% (4,7% en 1995). La majorité du tourteau de soja consommé en France est importé des États-Unis, du Brésil et d'Argentine, (Figure n°8), (Claude, 2005).

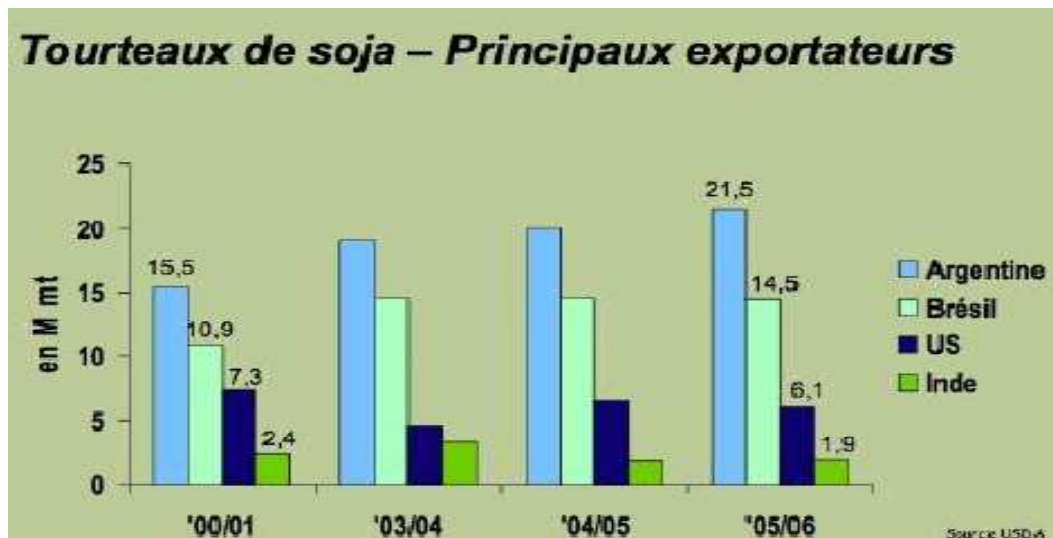


Fig.8 : Principaux pays exportateurs de tourteaux de soja, (Anonyme 2, 2006).

3. Méthodes de contrôle de la qualité du tourteau de soja

Le traitement par la chaleur accroît l'utilisation de l'énergie des protéines de la graine par rapport à celle qui est crue, et le degré d'amélioration dépend de la méthode, des conditions de traitement et de l'espèce à laquelle elle est destinée. L'amélioration de la digestibilité de l'énergie est due en partie à son action sur la protéine et à la libération des graisses qui se trouvent à l'intérieur des cellules, (Gonzalo et al, 2000).

Comme la qualité du tourteau de soja est particulièrement sensible à la méthode de traitement, il est important de disposer de méthodes d'évaluation de la qualité, la méthode la plus fiable de l'évaluation de la qualité est incontestablement la réalisation d'études de digestibilité in vivo. Cependant, de telles études nécessitent beaucoup de temps et d'argent, et sont en outre soumises à des variations biologiques, (Darwin et Britzman, 2005). Heureusement, il existe des examens en laboratoire plus rapides et plus utiles dans l'évaluation de la pertinence du traitement.

Les trois différents tests qui sont utilisés pour évaluer la qualité du tourteau de soja sont :

- ❖ L'indice uréasique
- ❖ Solubilité des protéines dans une solution au KOH
- ❖ Indice de dispersion des protéines (IDP)



PARTIE 3:

MATERIEL ET METHODES

V. Description des méthodes de contrôle de la qualité du tourteau de soja

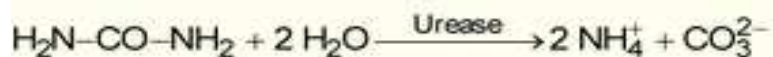
Les prélèvements des échantillons se font quotidiennement au niveau de la chaîne de fabrication dans des sachets propre et soudés.

Chaque échantillon est broyé à l'aide d'un broyeur.

Le but de cette opération est l'obtention d'une poudre fine prête à être analysée.

1. Indice uréasique :

Les graines et tourteaux de soja contiennent de l'uréase, une enzyme qui hydrolyse l'urée pour produire du dioxyde de carbone et de l'ammoniaque. La production d'ammoniaque entraîne l'augmentation du pH des solutions. L'uréase n'est pas nuisible. Elle est cependant détruite par la chaleur. La destruction de l'uréase est étroitement liée à la destruction des inhibiteurs de trypsine et d'autres facteurs antinutritionnels (ex : les hémagglutinines ou lectines).



Le test d'uréase est basé sur l'augmentation du

pH résultant du dégagement d'ammoniaque provenant de l'urée produit par une enzyme : uréase résiduelle dans le tourteau de soja.

La dégradation de l'urée par l'uréase se fait selon la réaction suivante:



Ce test vise principalement à déterminer si le tourteau de soja a été suffisamment chauffé pour détruire la plupart des facteurs antinutritionnels.

La valeur optimale d'augmentation du pH est généralement considérée comme se situant entre 0,02 et 0,10, (AOCS, 1999).

1.1. Mode opératoire:

- 0.2g d'échantillon de soja dans un tube à essai
- Ajouter 10 ml d'une solution d'urée (30g d'urée dans 1l de la solution tampon compose de 4.45g de Na_2HPO_4 et 3.4 de KH_2PO_4 Placer le tube à essai dans un bain marie à 30°C durant 30 minutes
- Mesurer le pH et le comparer au pH initial de la solution d'urée.

1.2. Exploitation des résultats :

Le pourcentage d'activité uréasique est donné selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'activité uréasique} = \text{pH}_E - \text{pH}_B \times 100$$

Avec:

- pH_E : potentiel d'hydrogène d'échantillon
- pH_B : potentiel d'hydrogène du blanc

2. Influence de l'humidité sur La teneur en protéines brute

Les protéines sont, sans doute, le nutriment le plus important et le plus fréquemment analysé des produits de soja. La teneur en protéines des produits de soja est estimée en tant qu'azote total de l'échantillon x 6,25. Ceci suppose que les protéines de soja ont une



teneur en azote de 16 %. L'inconvénient de la détermination de la teneur en protéines à partir de l'azote est de considérer qu'une partie de l'azote présent dans les produits de soja est une partie des protéines (ou acides aminés) ce qui n'est pas le cas puisqu'il y a de l'azote sous forme d'ammoniaque, de vitamines et d'autres composés non-protéiques. La fraction azotée, qui n'est pas sous forme d'acides aminés ni de protéines dans les produits de soja, est cependant très faible et les corrections pour la différence en teneur azotée dans les produits de soja, corrections relatives aux autres matières premières sont effectuées au niveau des acides aminés. La méthode la plus exacte pour la détermination de la teneur en azote des produits de soja est la méthode Kjeldahl.

- On prend Les échantillons de tourteau de 48% de protéines
- Les échantillons de tourteau ont été incubés à l'étuve à une température de 60°C.
- Après chaque 30 minute, des quantités sont prélevées et analysées.

2.1 Objectif :

Le but de cette expérience est de déterminer le pourcentage des protéines dans le tourteau de soja.

2.2 Mode opératoire :

a. Minéralisation :

✓ Blanc :

- Introduire dans un matras 1g de K_2SO_4 et 10g $CuSO_4$ (catalyseur).
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique concentré 36N.

✓ Echantillon

- Mettre 5g de l'échantillon dans un matras.
- Ajouter 1g de K_2SO_4 et 10g de $CuSO_4$.
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique.
- Placer les matras dans le support de Kjeldahl, bien fermer les joints de l'appareil.
- Porter à ébullition graduellement jusqu'à 400°C pendant 3h.
- Laisser refroidir jusqu'à température ambiante.

b. Distillation et titrage :



- Placer à tour de rôle les matras contenant le blanc et les échantillons minéralisés dans le distillateur.
- La distillation se fait automatiquement par ajout d'un volume de NaOH et de H_2O .
- Mettre en place de 25 ml de l'acide borique dans un récipient.
- Dosage de l'ammoniac par une solution de de 0.1N.

2.3 Exploitation des résultats :

Le volume de H_2SO_4 nécessaire pour neutraliser tout l'azote contenu dans le tourteau de soja est égale à la différence entre V_2 : le volume de H_2SO_4 nécessaire pour neutraliser l'ammoniac dans l'échantillon et V_1 : le volume de H_2SO_4 nécessaire pour neutraliser le blanc, le nombre de mole de l'azote total sera donc $(V_2-V_1) \times 10^{-3} \times N$, en le multipliant par la masse atomique de l'azote 14 pour déterminer la masse de l'azote total.

La moyenne de l'azote a été retrouvé à environ 16% ce qui conduit à l'utilisation du calcul suivant : $1/0.16 = 6.25$ pour convertir la teneur en azote en teneur en protéines, d'où le pourcentage en protéines est calculé à partir de la formule ci- dessous :

$$\text{Protéines brutes\%} = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times 0.014 \times 6.25 \times 100}{\text{Masse initiale}}$$

Avec :

V_1 : le volume de H_2SO_4 nécessaire pour neutraliser le blanc.

V_2 : le volume de H_2SO_4 nécessaire pour neutraliser l'ammoniac dans l'échantillon.

N : normalité de l'acide sulfurique 0.1N

14 : la masse atomique de l'azote

6.25 : facteur de conversion de l'azote en protéine.

3. Solubilité des protéines dans KOH:

La solubilité des protéines des graines de soja diminue avec l'exposition à la chaleur. Le test de solubilité dans le KOH est basé sur la solubilité des protéines des graines de soja dans une solution diluée d'hydroxyde de potassium. La solubilité des protéines de la graine de soja diminue du fait de l'exposition à la chaleur. La fourchette acceptable ou satisfaisante de solubilité dans le KOH est de 70 à 85 %, (Araba et Dale, 1990).



Le test de solubilité des protéines dans de l'hydroxyde de potassium(KOH) : il est surtout utile pour détecter si le tourteau de soja a été soumis à une température trop élevée.

3.1. Objectif :

Cette méthode permet de déterminer le pourcentage de protéines solubilisées dans une solution d'hydroxyde de potassium (KOH).

3.2. Mode opératoire :

- Diluer 1.5g de tourteau de soja dans 75ml de KOH, agiter pendant 20min.
- Transférer 50ml du liquide dans un tube de centrifugation et centrifuger pendant 10min à 2700tr/min.
- Doser 15ml pour doser la solution obtenue en appliquant la méthode Kjeldahl (voir ci-dessous paragraphe II).

3.3. Exploitation des résultats :

Le pourcentage des protéines dans une solution de KOH est donné selon la formule suivante :

$$\% \text{Protéines dans une solution de KOH} = \frac{(V2 - V1) \times N \times 0,014 \times 6,25 \times 100}{\text{Masse de l'échantillon}}$$

Où :

V1 : le volume de H_2SO_4 nécessaire pour neutraliser le blanc.

V2 : le volume de H_2SO_4 nécessaire pour neutraliser l'ammoniac dans l'échantillon.

N : normalité de l'acide sulfurique 0.1N

Le pourcentage des protéines dans une solution de KOH est divisé par la teneur en protéines brutes afin de déterminer le pourcentage des protéines solubilisées.

$$\% \text{des protéines Solubilisés} = \frac{\% \text{protéines dans KOH} \times 100}{\% \text{Protéines brutes}}$$



4. Indice de dispersion des protéines (IDP):

Le test d'indice de dispersion des protéines est, lui aussi, basé sur la solubilité des protéines des graines de soja. Pour ce test, la solubilité est mesurée dans de l'eau. Un échantillon de tourteau de soja broyé est associé à de l'eau et mélangé dans un mixer pendant 10 minutes. Il est ensuite centrifugé ou filtré et l'azote soluble est mesuré par une méthode standard et convertie en protéines brutes solubles. Les études indiquent généralement qu'un tourteau de soja présentant un IDP égal ou inférieur à 45 % a subi un traitement thermique adéquat. (AOCS, 1999).

L'IDP constitue une mesure plus linéaire et plus constante que l'indice de solubilité de l'hydroxyde de potassium ou l'indice d'uréase lorsqu'il s'agit de mesurer l'effet du traitement par la chaleur du soja.

En outre, l'IDP permet des applications commerciales, puisqu'il peut être effectué facilement dans les laboratoires des usines d'aliments pour bétail, (William et Dudley, 1995).

4.1. Objectif :

Déterminer la qualité de protéines dispersées dans l'eau.

4.2. Mode opératoire :

- Délayer 20g de tourteau de soja broyé dans 300 ml d'eau distillée.
- Malaxer l'échantillon pendant 10 min à 8500tr/min.
- Retirer le bol malaxeur et verser la barbotine obtenue dans un bécher.
- Laisser décanter jusqu'à la séparation de surnageant et culant, prélever le surnageant et la verser dans un tube de centrifugation de 50 ml.
- Centrifuger à 2700tr/min pendant 10 min
- Prélever 15ml du liquide excédentaire verser le dans un Matras.
- Procéder par la méthode Kjeldahl déjà illustrée.



4.3. Exploitation des résultats :

Le pourcentage des protéines en dispersion dans l'eau peut être calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{Protéines en dispersion dans l'eau} = \frac{(V2 - V1) \times N \times 0,014 \times 6,25 \times 100}{\text{Masse de l'échantillon}}$$

Où :

V1 : le volume de H_2SO_4 nécessaire pour neutraliser le blanc.

V2 : le volume de H_2SO_4 nécessaire pour neutraliser l'ammoniac dans l'échantillon.

N : normalité de l'acide sulfurique 0.1N

Le pourcentage de dispersion des protéines dans l'eau est ensuite divisé par la teneur en protéines brutes afin de déterminer l'indice de dispersion de protéines, selon le calcul suivant :

$$\% IDP = \frac{\% \text{protéines en dispersion dans l'eau} \times 100}{\% \text{Protéines brutes}}$$

VI. Application de la méthode de Kjeldahl (TRIBAK, 2011)

- **Principe de méthode**

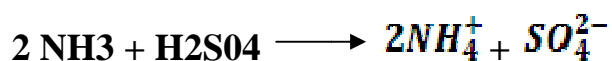
Dans un produit biologique (lait, sérum...) l'azote peut se trouver sous forme minérale et organique (protéines, phospho-amino-lipides...) ; pour le doser dans sa totalité, il faut détruire les composés organiques de manière à obtenir tout l'azote sous une même forme minérale. On effectue pour cela une minéralisation. L'azote est ensuite dosé par dosage acide-base.



1. Minéralisation

La minéralisation est effectuée à l'aide d'un excès d'acide sulfurique concentré et chaud, en présence d'un mélange de catalyseurs (K₂SO₄ et CuSO₄).

En présence d'acide sulfurique concentré et chaud, le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote des composés organiques se retrouvent sous forme de CO₂, H₂O et NH₃. L'acide sulfurique étant en excès, on a :



L'azote total est donc obtenu sous la forme minérale NH_4^+ (ion ammonium).

Au cours de la minéralisation, l'acide sulfurique est partiellement décomposé et réduit en SO₂ et SO₃ qui forment des fumées blanches irritantes et toxiques.

L'utilisation d'un mélange de catalyseurs permet d'avoir une minéralisation plus rapide

- **K₂SO₄** permet d'élever la température d'ébullition de l'acide sulfurique à 350-400° C ; on peut ainsi effectuer la minéralisation à ces températures sans avoir de pertes trop importantes d'acide sous forme de vapeurs ;

- **CuSO₄** est le catalyseur de minéralisation proprement dit : il augmente la vitesse de la minéralisation.

2. Dosage de l'azote total

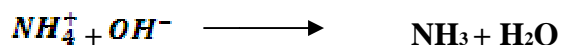
Après minéralisation, l'azote se trouve dans le minéralisat sous forme de NH_4^+ . Le dosage de l'azote total est un dosage acide-base. Les ions ammonium du minéralisat se trouvant dans un excès d'acide sulfurique, on ne peut les doser directement. Dans un premier temps on va donc déplacer les ions ammonium du minéralisat sous forme de NH₃ (ammoniac), puis il faudra récupérer l'ammoniac seul pour pouvoir le doser à l'aide d'une solution étalonnée d'acide fort. Pour isoler l'ammoniac on procède par distillation.

2.1. Déplacement de NH_4^+ en NH₃

Pour transformer les ions ammonium du minéralisat en ammoniac, on doit alcaliniser le minéralisat ; pour cela on utilise un large excès de base forte : **la lessive de soude**.



Le minéralisat est ainsi tout d'abord neutralisé puis alcalinisé. On a alors :



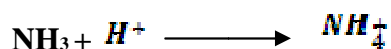
La lessive de soude étant en excès, tous les ions ammonium sont transformés en ammoniac et donc tout l'azote se retrouve sous forme de NH₃.

2.2. Isolement de l'ammoniac

Il est réalisé par distillation : on chauffe le minéralisat alcalinisé, le NH₃ se dégage sous forme de vapeurs que l'on capte, que l'on condense et que l'on recueille pour le dosage.

2.3. Dosage de l'ammoniac

L'ammoniac est recueilli dans une solution d'acide borique (H₃B₀3). L'acide borique est un acide faible qui ne réagit pas avec l'ammoniac, il sert simplement de piège à ammoniac. (Il doit être en excès par rapport à l'ammoniac). L'ammoniac ainsi piégé est neutralisé au fur et a mesure de son arrivée par une solution étalonnée d'acide fort (HCl ou H₂SO₄). On a :



(Lorsque l'ammoniac arrive dans l'acide borique il alcalinise le milieu qui vire au vert, on verse alors la solution étalonnée d'acide fort pour ramener l'indicateur a sa teinte sensible)

VII. Résultats et discussions

Plusieurs facteurs peuvent affecter la qualité du tourteau de soja, notamment la qualité de la source initiale des graines, chacune des étapes du procédé d'extraction, les conditions et la durée de stockage du tourteau après l'extraction, la teneur en humidité et la température.

Mes expériences ont porté sur:

- ✓ Le test d'uréase



- ✓ L'effet de l'humidité sur la qualité de tourteau en particulier la teneur en protéines.
- ✓ La solubilité des protéines dans KOH.
- ✓ L'indice de dispersion des protéines

Ces analyses sont valables pour tous les tourteaux 44% ou de 48%.

1. Indice uréasique :

Tableau IV : Le pourcentage de l'uréase en fonction du temps

Temps	6:00	9:00	12:00	14:00	17:00	20:00	22:00	1:00	4:00	Moyenne
% uréase 05/05/14	2	1	1	2	3	4	6	7	1	3
%uréase 06/05/14	1	2	3	2	2	3	8	2	4	3
%uréase 07/05/14	3	6	6	7	7	2	5	2	3	4
%uréase 08/05/14	2	9	10	2	2	4	8	4	1	5
%uréase 09/05/14	1	3	3	3	4	3	2	2	4	3

Interprétation :

D'après le tableau ci-dessus on constate que les valeurs du test d'uréase sont comprises entre 2 et 10 ce qui indique que ce tourteau subit une torréfaction optimal, elles sont donc dans les normes.

Les intervalles qui indiquent l'état de torréfaction du tourteau sont:

- 0-2% —————> tourteau très torréfié
- 2-10% —————> tourteau optimal



- $>10\%$ —————> tourteau peu torréfié

2. Influence d'humidité sur la teneur en protéines

La figure 9 présente la variation des pourcentages de protéines en fonction de l'humidité du tourteau de soja:

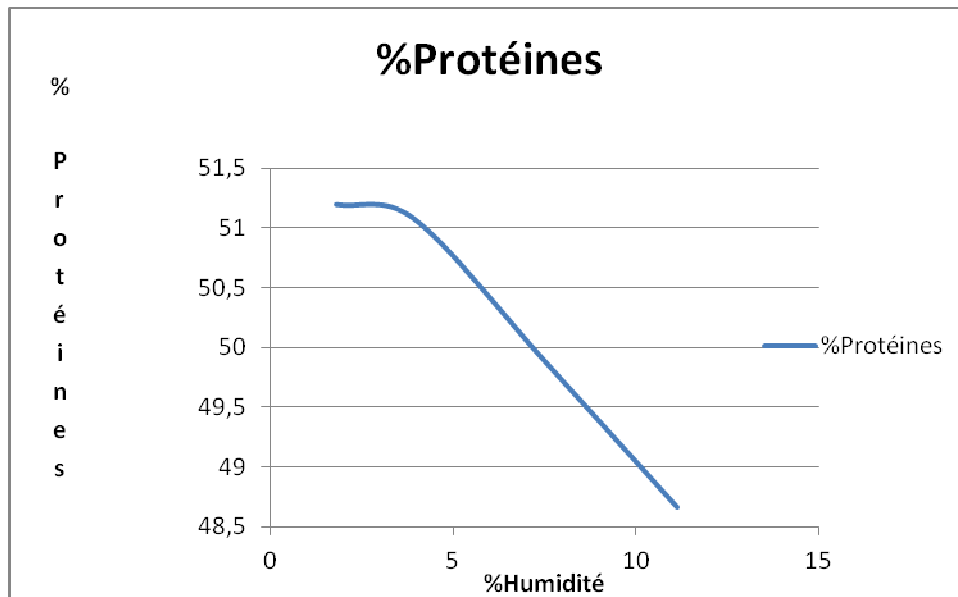


Fig. 9: Influence d'humidité sur la teneur en protéines

Interprétation :

D'après la courbe ci-dessus on constate que la teneur en protéines dans le tourteau de soja démunie lorsque l'humidité augmente.

L'augmentation de pourcentage de protéines varie selon deux paramètres :

- L'humidité
- La teneur en matière grasse

Comme j'ai déjà mentionné dans la partie de composition de la graine de soja (Figure n°3), la graine contient environ 18% de la matière grasse et d'environ 40% de protéines. Par le



procédé d'extraction ce pourcentage de matière grasse sera éliminé et par évidence le pourcentage de protéine va augmenter à un taux de 48%.

Mais dans le cas où la graine réceptionnée a une teneur en protéines inférieure à la norme (34-40%), par évidence on obtient un tourteau avec une teneur en protéines inférieure à 48% (environ 46%); dans ce cas on démunie l'humidité par cuisson pour atteindre une teneur normal en protéines (48%).

3. Solubilité des protéines dans KOH

Le tableau V présente la variation des pourcentages de la solubilité des protéines dans une solution de KOH.

Tableau V: la solubilité des protéines dans une solution KOH

Echantillon (par semaine)	1	2	3	4	5	6
% Solubilité des protéines dans KOH	74	78	73	73	77	79

Interprétation :

On constate d'après le tableau ci-dessus que le pourcentage de la solubilité des protéines dans KOH varie d'un échantillon à l'autre.

Les pourcentages des protéines dans une solution de potassium sont entre 70 et 85%, ils sont donc dans les normes internationales.

La solubilité dans une solution de potassium constitue un test permettant d'indiquer une sur cuisson du soja.



4. Indice de dispersion des protéines

Le tableau VI présente la variation des protéines (IDP) en dispersion dans l'eau.

Tableau VI : l'indice de dispersion des protéines (IDP)

Temps Echantillon	6 :00	14 :00	1 :00	Moyenne
1	18	25	24	22,33
2	18	20	20	19,33
3	16	22	19	19
4	19	20	19	19,33
5	21	22	19	20,67
6	18	19	19	18,67

Interprétation :

On constate d'après le tableau ci-dessus que le pourcentage des protéines dispersé dans l'eau est compris entre 18 et 23%.

Ces résultats montrent un IDP entre 15 et 45%, ce qui traduit que le tourteau de soja est soumis à un traitement par la chaleur approprié.

L'IDP est une mesure plus linéaire et plus constante que l'indice de solubilité de l'hydroxyde de potassium ou l'indice d'uréase lorsqu'il s'agit de mesurer l'effet du traitement par la chaleur de tourteau de soja. En outre l'IDP permet des applications commerciales puisqu'il peut être effectué facilement dans les laboratoires des usines d'aliments pour bétail.



Conclusion

Le tourteau de soja est la source la plus importante de protéines (acides aminés) dans l'alimentation des volailles et des bétails au niveau mondial. Il est manifestement primordial d'obtenir la meilleure qualité de tourteau de soja possible.

Dans ce travail nous avons suivi la qualité du tourteau de soja de la société LOUSRA, en analysant différents paramètres: Test d'uréase, Influence de l'humidité sur la teneur en protéines, solubilité des protéines dans KOH et l'indice de dispersion des protéines dans l'eau (IDP)

Les résultats obtenus montrent que la qualité du tourteau produit dans la société LOUSRA est située dans les normes en vigueur.



References bibliographique

- **Anonyme 2, 2006.** Pratique d'utilisation pour les bovins viande de tourteau de soja
- **Anonyme,(1999),** Association of American Feed Control Officials Incorporated. Atlanta, GA, Official Publication.
- **AOCS, 1999.** Indices de dispersibilité protéique, méthode officielle ré-approuvée 1997; révisée 1999 American oil control soybean Ba 10-65, (www.asa-europ.org).
- **Araba et Dale, 1990.** Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing of soybean meal. Poultry Science, 69: 76-83.
- **Claude.Thieulin, 2005.** 21 ème journées, marché des matières premières, paris, (www.cargillfrance.com)
- **Darwin.G et Britzman, (2005),** Le Tourteau de soja by-pass, Virginia Technologie, (www.asa-europe.org).
- **Gonzalo G.Mateos et María Ángeles Latorre et Rosa Lázaro, 2000.** Traitement de la graine de soja, Département de Production Animal, U.P. Madrid.
- **J.T., Z. Anal Chem(1883).** Kjeldahl, 22: 366



-
- **Keith C.Behnke, (1999).** Extraction, transformation et spécification des tourteaux de soja aux Etats-Unis, université du Kansas
 - **Ladouzi H(2011)** l'optimisation du procédé de raffinage et de décoloration de l'huile de soja.
 - **Laisney, J. 1992.** Obtention des corps gras. *In* Manuel des corps gras. Volume 1. Ed. Tec et doc. Lavoisier. pp: 695-768.
 - **Mary Feldskov(2010)**, guide de l'industrie de l'alimentation animale, Cours sur les tourteaux oléagineux, école vétérinaire de Lyon, p (1), (www.vet-lyon.fr).
 - **Platon, J. F. 1988.** Raffinage de l'huile de soja. *American Soybean Association* N°19: 3-30
 - **Tribak Z (2011)** Application de la méthode de Kjeldahl au contrôle de la qualité de tourteau de soja projet de fin d'étude, licence TACCQ.
 - **William.A et Dudley.C, 1999.** Methods for determining quality of soybean meal protein important. *Feedstuffs*. Vol 71. N°1 January, 1999.
 - <http://www.cetiom.fr/debouches-chiffres/transformation-des-graines/extraction/>
 - <http://www.deco.fr/jardin-jardinage/plante-potagere/soja/>
 - <http://www.soystats.com/2008/page-30.htm>
 - http://www.univrouen.fr/ABISS/L3CAB/soja/les_diff%20rentes_prot%20ines.htm
 - plante-de-haricot-de-soja-15765304.jpg. (fr.dreamstime.com)
 - www.dietobio.com buddhachannel.tv



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah

Faculté des Sciences et Techniques



www.fst-usmba.ac.ma

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES

B.P. 2202 – Route d’Imouzzer – FES – MAROC

Tél. +212 (0) 535 60 80 14 – +212 (0) 535 60 96 35 – +212 (0) 535 60 29 53 – **Fax** : +212 (0) 535 60 82 14