

CIRAD-EMVT
10, rue Pierre Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Ecole Nationale Vétérinaire
d'Alfort
7, avenue du Général de Gaulle
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Institut National Agronomique
Paris-Grignon
16, rue Claude Bernard
75005 PARIS

Muséum National d'Histoire Naturelle
57, rue Cuvier
75005 PARIS

**DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES**

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

LES TOURTEAUX D'ARACHIDES :

- INFLUENCES DES TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES SUR
LEUR VALEURS ALIMENTAIRES

- LEURS UTILISATIONS.

par

Alban LLORCA

année universitaire 1994-1995



SOMMAIRE

Résumé - Mots clefs

Sommaire

Introduction	1
<u>1 Les traitements technologiques de la graine aux tourteaux</u>	2
<u>1.1 Stockage et conservation des graines</u>	2
<u>1.2 Préparation des graines pour l'extraction de l'huile</u>	2
1.2.1 Le nettoyage.....	2
1.2.2 Le séchage.....	3
1.2.3 Le décorticage.....	3
1.2.4 La séparation coques-amandes après décorticage.....	3
1.2.5 Broyage.....	3
1.2.6 Traitements thermiques des graines broyées.....	3
<u>1.3 L'extraction de l'huile et l'obtention du tourteau</u>	4
1.3.1 La pression.....	4
1.3.2 Les expandeurs ou extrudeurs.....	4
1.3.3 L'extraction.....	4
1.3.3.1 <i>La méthode</i>	4
1.3.3.2 <i>Influence du solvant sur la qualité du tourteau</i>	5
<u>1.4 Les traitements du tourteau</u>	5
1.4.1 La désolvantisation.....	5
1.4.2 La pelletisation.....	5
1.4.3 L'extraction des protéines.....	6
<u>1.5 Le stockage du tourteau</u>	6
1.5.1 Les modifications chimiques.....	6
1.5.2 Les causes d'un mauvais stockage.....	6
1.5.3 Techniques d'améliorations du stockage.....	6
<u>1.6 Influence des traitements thermiques sur la qualité du tourteau</u>	7
1.6.1 Sur la solubilité de l'azote.....	7
1.6.2 Sur la digestibilité.....	7
1.6.3 Sur la qualité des protéines.....	7
1.6.4 Sur les acides aminés essentiels.....	8
<u>2 Le tourteau et les aflatoxines</u>	8
<u>2.1 Les aflatoxines</u>	8
2.1.1 Conditions d'apparition des aflatoxines.....	8
2.1.2 Biologie de la toxicité.....	9
2.1.3 Les symptômes de l'intoxication.....	10
2.1.3.1 <i>A l'échelle de l'organisme</i>	10
2.1.3.2 <i>A l'échelle cellulaire</i>	10

2.1.3.3	<i>Conséquences sur l'utilisateur des produits animaux</i>	10
2.1.4	Législation relative aux aflatoxines	11
2.1.5	Procédés d'identification et de dosage des aflatoxines	11
2.1.5.1	<i>Au laboratoire</i>	11
2.1.5.2	<i>Sur le terrain</i>	12
2.2	<u>La détoxification</u>	12
2.2.1	Les méthodes	12
2.2.1.1	<i>Agronomiques</i>	12
2.2.1.2	<i>Avec des traitements chimiques</i>	13
2.2.2	Influence de la détoxification sur les tourteaux	13
2.2.2.1	<i>Sur la qualité protéique</i>	13
2.2.2.2	<i>Sur la quantité de formol</i>	13
2.2.2.3	<i>Sur les matières minérales</i>	13
2.2.2.4	<i>Sur l'ingestion</i>	13
2.2.2.5	<i>Sur l'Indice de Consommation (IC)</i>	14
2.2.2.6	<i>Sur l'éclosabilité et le taux de ponte</i>	14
2.2.3	Effet du stockage et de la transformation du lait sur la stabilité des aflatoxines	14
3	<u>Le tannage des protéines du tourteau</u>	14
3.1	<u>Les différentes méthodes</u>	14
3.2	<u>Effet des traitements en fonction de la matire première</u>	15
3.3	<u>Influence du tannage sur le tourteau</u>	15
3.4	<u>Vérification de la qualité du tannage</u>	16
4	<u>Caractéristiques chimiques et nutritives des tourteaux</u>	16
4.1	<u>Composition chimique des tourteaux</u>	16
4.1.1	Les constituants organiques	16
4.1.2	Les acides aminés	17
4.1.3	Les vitamines	18
4.1.4	Les constituants minéraux	18
4.2	<u>Valeur énergétique des tourteaux</u>	19
5	<u>Utilisation des tourteaux dans l'alimentation</u>	19
5.1	<u>Recommandation</u>	19
5.1.1	Sur les quantités à distribuer	19
5.1.2	Sur les modes de distributions	20
5.2	<u>Son influence dans une ration</u>	20
5.2.1	Sur la digestibilité de la ration	20
5.2.2	Sur le niveau de production	21

5.2.2.1 <i>Laitier</i>	21
5.2.2.2 <i>Sur la croissance</i>	21
5.2.2.3 <i>Sur la production d'oeufs</i>	21
5.2.2.4 <i>Sur la production de laine</i>	22
5.2.3 <i>Sur la reproduction</i>	22
5.2.4 <i>Sur le plan sanitaire</i>	22
5.2.5 <i>Sur la qualité des produits</i>	22
5.2.5.1 <i>Le beurre et le lait</i>	22
5.2.5.2 <i>Les lipides corporels</i>	22
5.2.5.3 <i>Viandes et oeufs</i>	23
5.3 <u>Comparaison de la complémentation avec différents apports protéiques</u>	23
5.3.1 <i>Appétibilité du tourteau</i>	23
5.3.2 <i>Entre un tourteau d'arachide et de soja</i>	23
5.3.3 <i>Entre le tourteau d'arachide et les farines animales</i>	24
Conclusion	25
Bibliographie	26

INTRODUCTION

L'Arachide, *Arachis hypogea*, (groundnut (GB), peanut (USA), cacahuete (Esp), mani (Amérique Latine)), est une papilionacée tropicale (Borget M., 1989). Elle est cultivée pour l'alimentation humaine afin de consommer les amandes ou pour en extraire l'huile. La variété la plus utilisée pour faire de l'huile est la Spanish mais on peut aussi utiliser la Virginia (Ministère de la Coopération et du Développement, 1984). L'extraction de l'huile génère des sous-produits agro-industriels (coques, sons, tourteaux...).

Par définition, le tourteau est la fraction restante après l'extraction de l'huile. Il est souvent utilisé en alimentation animale, comme aliment concentré, parce qu'il est riche en protéines et en énergie. Mais la découverte des aflatoxines et leurs conséquences sur les consommateurs ont entraîné l'instauration de normes rigoureuses sur le degré de contamination des tourteaux. Si le tourteau n'est pas conforme à ces normes, il nécessitera une détoxification. Sinon son incorporation sera limitée dans les aliments du bétail favorisant ainsi le développement du tourteau de soja. Le tourteau d'arachide pour prétendre rivaliser avec le tourteau de soja se doit donc d'être irréprochable sur le plan sanitaire et qualitatif. Ces exigences passent par une parfaite connaissance du produit et de sa variabilité.

En alimentation animale, lors du rationnement et de la formulation, il est nécessaire de connaître la valeur des aliments. Or, on observe incontestablement une variabilité de la composition chimique et nutritive. Il convient donc tout d'abord de définir et d'estimer la variabilité des tourteaux avant d'en prévoir les usages alimentaires. Ainsi, nous aborderons successivement les technologies qui peuvent influencer la valeur alimentaire du tourteau d'arachide :

- l'extraction de l'huile,
- le problème des aflatoxines et de la détoxification,
- le tannage des protéines.

Puis nous étudierons sa variabilité à travers les valeurs des tables d'alimentation et enfin son utilisation dans l'alimentation animale.

TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES

SOUS-PRODUITS

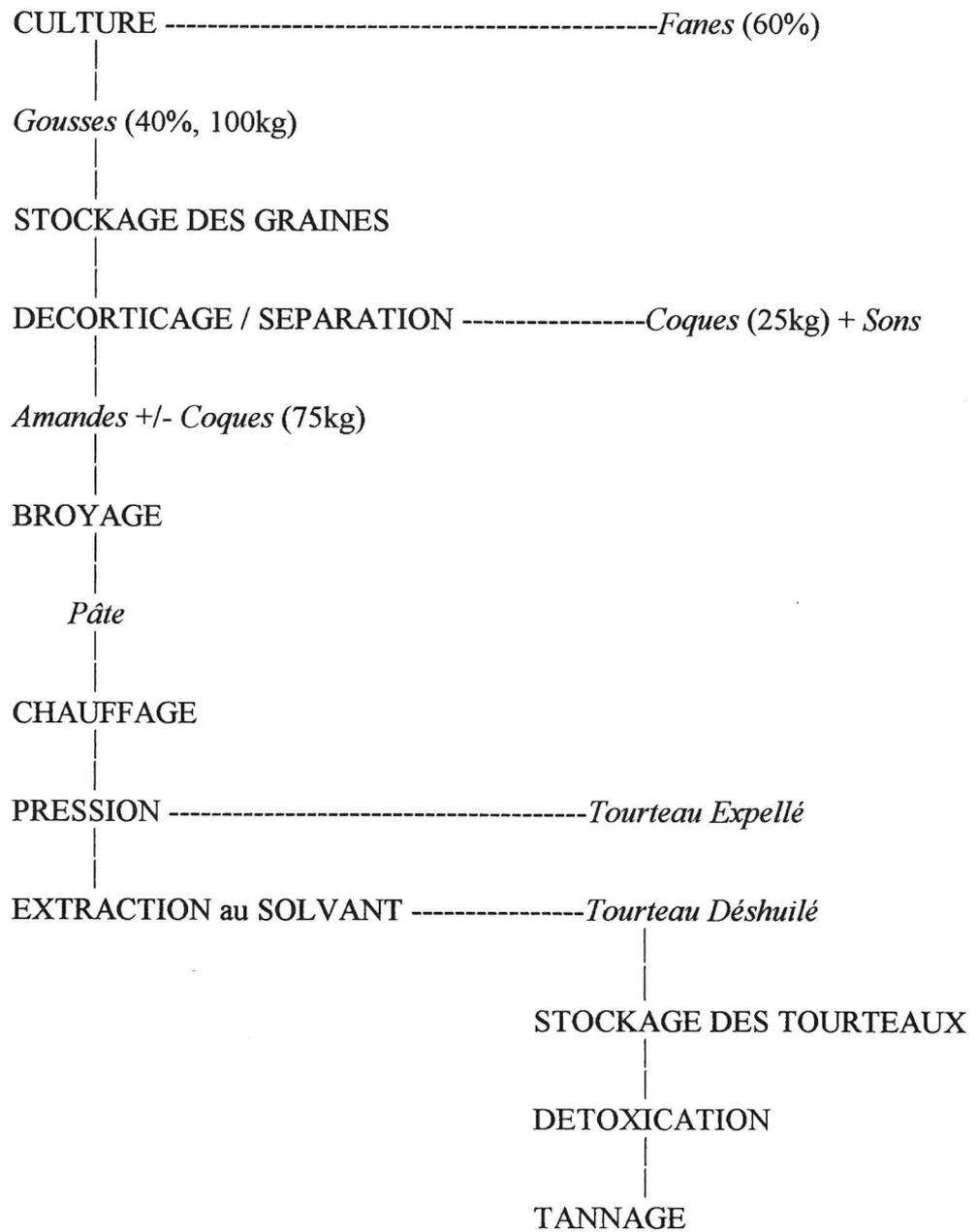


Figure n°1 : Traitements technologiques : De la graine aux tourteaux
(Gillier P., 1969; Laisney J., 1984; Ministère de la Coopération et du Développement, 1984).

1 LES TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES DE LA GRAINE AUX TOURTEAUX.

Les traitements technologiques (figure 1) sont variables en fonction de la valorisation des produits et de l'industrie qui les réalise.

1.1 Stockage et conservation des graines.

La graine est une matière vivante, susceptible d'évoluer. Cette évolution biologique est directement liée à sa teneur en eau. L'humidité de la graine doit être calculée sur la partie qui peut absorber de l'eau (en tenant compte de la partie lipidique). Sur le terrain, cette considération est rarement réalisée. Une humidité excessive peut entraîner des réactions biologiques exothermiques allant parfois jusqu'à la carbonisation et favoriser le développement des mycotoxines (Aflatoxines).

Il faut aussi tenir compte de la dégradation par les insectes.

Et d'autre part de l'acidification (parfois très rapide) des graines généralement due à des graines brisées ou meurtries lors des manutentions (cf la conservation des tourteaux) (Laisney J., 1984).

L'amélioration du stockage et donc de la qualité du tourteau nécessite :

- la réduction du taux d'humidité des graines à 25% (Adrian J., Jacquot R., 1968)
- l'utilisation rapide des graines pour la transformation (Laisney J., 1984).
- la réalisation d'une ventilation prolongée (10 - 20h) d'air sec et froid du lieu de stockage. La surveillance de la température doit se fixer sur son évolution et non pas sur sa valeur. En effet le processus une fois engagé il faut intervenir au plus vite (Laisney J., 1984).
- l'utilisation des insecticides gazeux (Laisney J., 1984).
- de prendre soin de la manipulation des graines afin de limiter la dégradation des coques. La manutention pneumatique abîme d'avantage les graines décortiquées.
- éviter la décortication des graines qui augmente l'acidification (Laisney J., 1984).
- l'addition de substances antagonistes des aflatoxines (thiabendazole, sels minéraux, phosphate de potassium, compétitions biologiques avec d'autres souches qu'*Aspergillus flavus* (Adrian J., Jacquot R., 1968). On peut aussi réaliser le stockage dans une atmosphère contenant du CO₂ (min 14% d'après Diener dans Adrian J., Jacquot R., 1968) ou conserver les graines dans une enceinte hermétique.

1.2 Préparation des graines pour l'extraction de l'huile.

1.2.1 Le nettoyage.

La présence de produits autres que les graines lors de la récolte nécessite un nettoyage qui facilitera les opérations ultérieures et réduira les coûts de traitements. Il faut éliminer tout ce qui risque d'abîmer (cailloux, métaux ...), de boucher (chiffon ...) le matériel ultérieur et surtout éliminer les autres ingrédients végétaux (autres oléagineuses, graines contaminées par des toxines, céréales...), animaux qui sont indésirables dans les tourteaux (Laisney J., 1984). Un

bon tri des graines contaminées par les aflatoxines permettrait de réduire significativement le taux de contamination.

1.2.2 Le séchage.

Il est indispensable afin de faciliter la séparation des coques et des amandes. Bien souvent le séchage lors du stockage ne suffit pas, cependant il dépend du niveau auquel on veut décortiquer.

Le séchage consiste à faire passer un courant d'air chaud à travers la matière à sécher. La graine est portée aux alentours de 50°C en fonction du type de séchoir et de la qualité de la matière première (Laisney J., 1984).

1.2.3 Le décortilage.

Les coques constituent entre 25 et 33% de la gousse, et 60% des constituants de la coque sont cellulósiques (Adrian J., Jacquot R., 1968). L'intérêt du décortilage est de réduire les matières cellulósiques (coques et pellicules) et surtout de faciliter les traitements d'extraction de l'huile. Le décortilage est fonction de l'importance de la coque et de la facilité avec laquelle cette coque peut être enlevée (Laisney J., 1984).

En fonction de la méthode (manuel, mécanique) de décortilage il reste un certain pourcentage de coques. Elles se chargent d'huile lors de l'extraction, augmentant le taux de matière grasse du tourteau et surtout le taux de cellulose brute.

Le réglage du décortiqueur est important afin de limiter les fines.

Une technique par décortilage sous pression avait été utilisée mais jamais mise à l'épreuve à grande échelle car trop chère. Elle avait l'avantage de trier les graines contaminées par l'aflatoxine (Laisney J., 1984).

1.2.4 La séparation coques-amandes après décortilage.

Le décortilage donne un mélange de coques et d'amandes qu'il faut dissocier. Plusieurs systèmes existent mais ils sont tous basés sur des différences de granulométrie, de densité. Ces séparations sont imparfaites et il faut choisir entre laisser un peu plus de coques dans les amandes ou l'inverse, en fonction des valorisations des produits (Laisney J., 1984).

1.2.5 Broyage.

Le broyage réalisé toujours à froid doit maximiser l'action de la cuisson. L'arachide est facilement broyable car elle est très tendre; un simple passage entre rouleaux crénelés est suffisant (Laisney J., 1984).

Il faut cependant faire attention à la proportion de fines (farines), car elles réduisent l'ingestion en particulier chez les volailles et les porcins. Si la proportion de fines s'avère trop importante il faudra humidifier le produit.

1.2.6 Traitements thermiques des graines broyées.

Le chauffage des graines favorise l'extraction de l'huile. Il est réalisé par l'injection de vapeur par différentes techniques en fonction des appareils (toasters). Cette phase entraîne un réglage de l'humidité (4,5%), la coagulation des protéines, une stérilisation (salmonelles,

aflatoxines, ...). Les graines d'arachides sont en moyenne maintenues pendant 1 heure, sous une pression de vapeur de 7 bars à 95-100°C (Adrian J., Jacquot R., 1968; Laisney J., 1984).

1.3 L'extraction de l'huile et l'obtention du tourteau.

Elle est réalisée par pression continue (expeller) ou par extraction (déshuile) à l'aide d'un solvant, ou plus fréquemment par une double opération : pression puis extraction.

1.3.1 La pression.

L'extraction artisanale africaine peut être réalisée par broyage, chauffage de la graine (60 - 80°C) et décantation dans de l'eau (extraction d'environ 30 - 50% de l'huile). Elle peut aussi faire appel à des presses en bois manuelles à pression discontinue. Ce mode de pression donne un tourteau riche en matière grasse (jusqu'à 25%) (Grillet C., 1992).

Les techniques modernes industrielles font appel à des presses hydrauliques à vis. Elles sont constituées d'une vis sans fin qui tourne dans une cage de section décroissante entraînant une pression continue (expeller) croissante sur les graines chassant l'huile et augmentant la température (100-150°C). A l'extrémité de la cage sort l'huile et le tourteau (écailles).

Le tourteau contient entre 15 et 18% d'huile. Avec un chauffage intense, ce qui détériore la qualité de l'huile et du tourteau, on obtient 3 et 5%. Afin d'éviter le chauffage intense on lave le tourteau avec un solvant : l'hexane.

Il faut remarquer que KRUPP a mis au point une presse à froid, évitant les inconvénients du chauffage (Laisney J., 1984).

La perte en thiamine par la méthode expeller semble plus importante que par la méthode d'extraction au solvant. En revanche la perte en acide pantothénique ne semble pas significative (Adrian J., Jacquot R., 1968).

1.3.2 Les expandeurs ou extrudeurs.

Le tourteau est repris et passé dans un expendeur (vis simple ou double). Cet expendeur augmente sa densité, sa température à 80-85°C, et son humidité de deux points.

Cette opération augmente l'extraction d'huile, évite la formation de fines lors de la manipulation, rend l'extraction plus rapide et réduit le taux d'hexane résiduel dans le tourteau (passage de 30-33% à 20-23%).

L'expendeur n'influe pas sur la qualité protéique du tourteau.

Il existe d'autres méthodes afin de favoriser l'extraction, la granulation ou pelletisation, le laminage.

1.3.3 L'extraction.

1.3.3.1 La méthode.

L'huile passe du tourteau (phase la plus concentrée en huile) au solvant organique (phase la moins concentrée) par diffusion. Une fois les concentrations équilibrées la diffusion s'arrête. Pour éviter cela le solvant est mis en mouvement régulièrement par un phénomène de

contre-courant. Les solvants utilisables sont l'hexane, l'essence B, , le trichloréthylène, l'acétone hydratée, alcool (Adrian J., Jacquot R., 1968; Laisney J., 1984). Cependant, l'hexane est le plus utilisé.

1.3.3.2 *Influence du solvant sur la qualité du tourteau.*

Un solvant peu spécifique entraîne avec les lipides une certaine quantité d'autres constituants (protéines, minéraux...) susceptible d'amoinrir la valeur nutritionnelle du tourteau. L'acétone (par rapport à l'essence B ou l'alcool) semble être le plus satisfaisant en laissant au tourteau le maximum de ses composants. De ce fait la réponse de l'animal alimenté par un tourteau traité par l'acétone sera meilleur sur le plan du GMQ (Gain Moyen Quotidien) et de l'Indice de Consommation (IC). Le choix du solvant introduit la notion de rentabilité (Jacquot et al.; dans Adrian J., Jacquot R., 1968). Kassambara I. (1983) affirme que les tourteaux sont d'autant plus pauvres en acides aminés liposolubles qu'ils ont été déshuilés à l'hexane.

L'utilisation de l'hexane permet d'obtenir des tourteaux à 1-2% d'huiles résiduelles. Ce faible pourcentage favorise sa stabilité mais réduit sa valeur énergétique (Adrian J., Jacquot R., 1968). Mais le tourteau étant un sous-produit de l'industrie, l'intérêt de l'extraction de l'huile est prioritaire.

1.4 Les traitements du tourteau.

1.4.1 La désolvantisation.

Elle est réalisée dans un appareil qui s'appelle un toaster. Le tourteau doit être débarrassé des dernières fractions du solvant (environ 30% d'hexane en poids) afin que le tourteau ne présente pas de risque d'inflammation ou d'explosion. Cette opération se fait généralement par distillation puis désorption (Adrian J., Jacquot R., 1968; Laisney J., 1984). On réalise un chauffage (par introduction de vapeur) afin d'atteindre la température d'évaporation de l'hexane. La désorption est une simple diffusion de l'hexane dans l'air.

Il existe toujours un résidu d'hexane dans les tourteaux (200 à 500 ppm). Ce résidu se volatilisera lors du stockage d'autant plus si le local est ventilé et si la température ambiante augmente. Cette volatisation peut être dangereuse (explosion) si l'air n'est pas renouvelé.

Le dosage de l'hexane dans le tourteau, au laboratoire, se fait par chromatographie suivant la méthode O.R.D de Monsieur AZAIS (Laisney J., 1984). Sur le terrain une méthode simple permet d'apprécier la qualité du tourteau : Remplir avec du tourteau chaud un flacon de 150 cm³ jusqu'à 130 cm³, le fermer, l'agiter et essayer de l'enflammer une première fois en présentant une flamme à l'extrémité du flacon. Recommencer une deuxième fois après avoir agité de nouveau, il ne doit plus y avoir de flamme (Laisney J., 1984).

Aucune toxicité à l'hexane n'a été notifiée dans la bibliographie.

1.4.2 La pelletisation.

Elle est souvent réalisée lors de la fabrication d'aliments composés. Elle permet une augmentation de la densité du produit, une réduction des fines, une régulation de son calibrage. Elle permet l'incorporation de diverses substances (vitamines, graisses, minéraux, eau...) et une

certaine stérilisation (*A. flavus...*) (Laisney J., 1984). Cette étape permet de respecter la loi AVELINE qui fixe le taux d'humidité des tourteaux à un minimum de 12% (Laisney J., 1984).

Cette méthode soumet le tourteau à une augmentation de température importante (environ 150°C); elle est parfois difficile à réaliser lors de matières trop grasses.

1.4.3 L'extraction des protéines.

L'extraction des protéines des tourteaux est techniquement réalisable d'autant plus que les protéines de l'arachide sont solubles. Ce concentré protéique serait utilisable en alimentation humaine ou animale pour les animaux sensibles (veau). Cependant son prix est encore trop prohibitif. Cette extraction réduirait totalement l'intérêt du tourteau d'arachide sur le plan protéique (Gillier P. et al., 1969).

1.5 Le stockage du tourteau.

1.5.1 Les modifications chimiques.

Lors du stockage, les tourteaux (déshuileés, expellers) peuvent subir des dégradations :

- hydrolyse des glycérides par les lipases microbiennes (acidification du tourteau), oxydation des acides gras (rancissement) donnant un goût désagréable de savon qui repousse les animaux (Rivière R., 1978). La stabilité des acides gras est fonction de l'espèce, les lipides de la variété Spanish semblent les moins stables (Adrian J., Jacquot R., 1968).

- disparition rapide de la vitamine E (86% disparaît au bout de 6 mois), parallèlement, apparition des peroxydes d'autant plus importante que les tocophérols disparaissent.

- contaminations diverses (*A. flavus...*) aboutissant à la formation de substances dépréciant le tourteau ou le rendant toxique (Adrian J., Jacquot R., 1968).

1.5.2 Les causes d'un mauvais stockage.

L'humidité semble être le facteur principal, Defremont et Delahaye (dans Adrian J., Jacquot R., 1968) montrent que la stabilité du tourteau est directement liée à son humidité. Une teneur trop élevée en eau favorise l'acidification, l'hydrolyse des sucres non réducteurs en sucres réducteurs entraînant un développement des micro-organismes. Urs et al., (dans Adrian J., Jacquot R., 1968) fixent pour un climat de l'Inde un taux d'humidité maximum de 7%.

La granulométrie du tourteau conditionne la stabilité des lipides résiduels. En effet le taux d'acides gras libres (plus facilement hydrolysables et oxydables) est plus élevé dans une farine que dans un tourteau non moulu (Adrian J., Jacquot R., 1968).

1.5.3 Techniques d'améliorations du stockage.

Différentes techniques ont été employées afin d'augmenter la stabilité des lipides :

- ajouter au tourteau un antioxydant (l'huile ou le germe de maïs, vitamine E)
- faire un léger rôtissage, afin de détruire toute activité microbienne, suivi d'un refroidissement rapide de façon à limiter la flore thermophile (Adrian J., Jacquot R., 1968).

1.6 Influence des traitements thermiques sur la qualité du tourteau.

Lors de l'extraction de l'huile, plusieurs traitements thermiques sont effectués : chauffage de la graine, élévation de température lors de la pression et enfin injection de vapeur.

1.6.1 Sur la solubilité de l'azote.

L'extrusion, le chauffage (135°C, pendant 2h), réduisent la solubilité de l'azote dans les solvants (NaCl, McD : Mc Dougall's artificial saliva, BMM : Burrough's mineral mixture). La réduction par l'extrusion est moins importante (26%) qu'avec le traitement thermique (86,5%), conformément à d'autres études (Crooker et al., 1978; Schingoethe et Ahrar, 1979; dans Prasad P.E. et al., 1991). Lord et Wakelam (dans Adrian J., Jacquot R., 1968) ont révélé une baisse de la solubilité de l'azote (28%) après l'administration de 175 kg/h de vapeur, pendant 1h. Chute confirmée par Whitelaw et al., (dans Adrian J., Jacquot R., 1968).

1.6.2 Sur la digestibilité.

Prasad P.E. et al. (1991) ont montré que l'extrusion, comme le chauffage à l'air sec n'influent pas sur la digestibilité de la Matière Sèche (MS), Matière Azotée Totale (MAT). Certains auteurs ont noté une valorisation, après un traitement thermique, de la digestibilité in vitro de la MAT (25%), de la lysine (40%) Mauron et Bujard (dans Adrian J., Jacquot R., 1968).

La chaleur humide sur la graine ne modifie pas sa digestibilité in vitro d'après Jones et Waterman, (dans Adrian J., Jacquot R., 1968). Toutes les mesures in vivo après traitement à la vapeur concluent à un effet favorable (Lord et Wakelam, Whitelaw et al., Cama et Morton, Balasundaram et al., dans Adrian J., Jacquot R., 1968).

Puisque l'administration de vapeur ne semble pas préjudiciable, dans la majorité des cas, il semble préférable d'en envoyer un excès afin de chasser l'optimum de solvant. Une marge de sécurité est souhaitable sur le plan hygiénique (Adrian J., Jacquot R., 1968).

Cependant, une température supérieure à 90°C réduit le coefficient de digestibilité des protéines. Cette baisse est attribuée à la modification spatiale des protéines, de plus, la durée du traitement favorise les réactions de Maillard (liaison protéines-protéines, protéines-glucides) qui rendent les protéines indisponible biologiquement (Grillet C., 1992).

1.6.3 Sur la qualité des protéines.

La chaleur humide (vapeur), comme la chaleur sèche lors de la pression, jusqu'à un certain niveau, ne modifient pas la qualité protidique de l'arachide (Matet et al., Mitchell et al., Buss et Goddard, dans Adrian J., Jacquot R., 1968).

Au-delà d'une certaine intensité la chaleur humide et sèche, endommage les protéines. Un autoclavage de 1h à 120°C provoque une perte de 30% de la valeur protidique (Matet et al., in Adrian J., Jacquot R., 1968). Mc Osker et Jayansinghe (dans Adrian J., Jacquot R., 1968) ont remarqué un effet défavorable (15 à 25%).

A l'inverse certains auteurs ont noté une valorisation après un traitement thermique, de la qualité protidique de 20 à 50% et de 10% respectivement pour Balasundaram et al., et Cama et Morton (dans Adrian J., Jacquot R., 1968).

1.6.4 Sur les acides aminés essentiels.

Au cours du grillage à sec à 150°C la lysine est stable. Ceci s'explique par la rareté des sucres réducteurs dans les tourteaux d'arachide défavorisant ainsi les réactions de Maillard (Adrian J., Jacquot R., 1968).

Cette affirmation peut être remise en cause si l'on regarde les résultats d'autres études réalisées. Laisney J., (Laisney J., 1984) affirme que les traitements thermiques détruisent un certain nombre d'acides aminés essentiels (cas de la lysine). De plus, Bensarat et al., (dans Adrian J., Jacquot R., 1968) ont mis en évidence l'autocatalyse de la lysine au cours des traitements technologiques. Il a été comparé que la vitesse de dégradation, lors d'un grillage du tourteau (150°C) de la lysine est supérieure à celle de la méthionine. Ainsi au bout d'environ 150 min la lysine devient facteur limitant primaire et la méthionine secondaire. Cependant, après les traitements usuels en industries le facteur limitant serait la méthionine (Adrian J., Jacquot R., 1968). Tout ceci tend à montrer que lors des traitements thermiques la lysine comme la méthionine sont dégradées, mais que d'autres acides aminés subissent aussi une dégradation comme le tryptophane, la cystine, l'isoleucine (Conception et al., dans Adrian J., Jacquot R., 1968; Kassambara I., 1983).

Les tourteaux commerciaux ont une teneur en méthionine qui varie entre 0,5 et 1%, ce qui correspond à un déficit d'environ 80% par rapport à la protéine de l'oeuf. La teneur en lysine est de 3,5% soit un déficit de 50% par rapport à la protéine de l'oeuf (Adrian J., Jacquot R., 1968).

La comparaison des teneurs en acides aminés du tourteau par rapport à la protéine de l'oeuf, les dégradations dues aux traitements thermiques, confirment la réalité du terrain qui montre que les tourteaux d'arachides sont polycarencés sur le plan des acides aminés essentiels.

2 LE TOURTEAU ET LES AFLATOXINES.

2.1 Les aflatoxines.

La moisissure *Aspergillus flavus* (*A. flavus*) (Ferrando R., 1975) peut être considérée comme la responsable majeure et le plus probable de la toxicité de l'arachide. Cependant d'autres moisissures (*A. clavatus*, *A. parasitus*, *A. ochraceus*, des *Penicillium*) sont susceptibles de conférer une toxicité de nature assez voisine sinon identique. *A. flavus* peut contaminer d'autres denrées que l'arachide (maïs, mils, sorgho) aussi bien dans des régions tempérées que tropicales. *A. flavus* n'est pas toxique par lui même mais par les mycotoxines qu'il secrète : les aflatoxines, B1, B2, G1, G2.

2.1.1 Conditions d'apparition des aflatoxines.

Si l'arachide est récoltée dans de bonnes conditions et juste à maturité, on admet qu'elle est dépourvue de toxicité grave. *A. flavus* se développe uniquement sur les graines mûres.

Le contact avec la terre après la maturité favorise la contamination par *A. flavus* (car la moisissure se développe dans la terre). Cette contamination est favorisée par une forte humidité de l'air ambiant (85% à 30°C Austwick et Ayerst dans Adrian J., Jacquot R., 1968), de la graine et une température comprise entre 13°C et 41°C (Diener et Davis dans Adrian J., Jacquot R., 1968). Ashworth et al. (dans Adrian J., Jacquot R., 1968), observent un

développement de *A. flavus* sur les graines contenant entre 16% et 40% d'eau et pour des gousses dont l'humidité est au minimum de 9%.

La contamination des graines se réalise lors du séchage des arachides, jusqu'à ce que leur humidité soit inférieure à 15%. Un séchage artificiel ou pas (soleil) doit donc rapidement être appliqué aux graines après la récolte afin d'atteindre ce pourcentage. De plus tout ce qui contribue à endommager les coques accroît les risques de toxicité en permettant aux moisissures de pénétrer à l'intérieur des gousses (Adrian J., Jacquot R., 1968).

En Afrique subtropicale toutes les conditions sont réunies lors de la récolte pour que se développe *A. flavus*.

2.1.2 Biologie de la toxicité.

La toxicité de la molécule dépend de sa structure, principalement du degré d'hydrogénation du noyau de furfurol et de la nature du dernier noyau. Globalement on peut affirmer que les aflatoxines B1 et M1 (forme d'élimination de l'aflatoxine B1) sont 4 à 5 fois plus toxiques que les autres (Adrian J., Jacquot R., 1968; Kassambara I., 1983).

La sensibilité aux aflatoxines est d'autant plus importante que l'animal est jeune, de même les femelles gestantes offrent une sensibilité particulière (Frayssinet et Laffont dans Adrian J., Jacquot R., 1968). Le veau entre 1 et 3 mois est très sensible, des intoxications aiguës ont été mises en évidence sur des veaux recevant le lait de leurs mères nourries avec des tourteaux contaminés (Adrian J., Jacquot R., 1968). Le lait contient uniquement des aflatoxines M1 (ou Milk aflatoxine) (Briantais G. et al., 1982). Chez le jeune, la plus grande sensibilité s'explique par une déficience des processus de détoxification hépatique puisque le système enzymatique d'hydroxylation hépatique n'est pas encore en place (Nicole H., 1981). La métabolisation hépatique de l'aflatoxine B1 en M1 pour l'instant n'est pas bien connue (Tantaoui-Elaraki A. et al., 1983).

Nicole H., (1981) classe les espèces animales en fonction de leur sensibilité aux aflatoxines en quatre catégories en fonction de leurs DL50 (dose létale pour laquelle 50% des animaux sont morts) :

- très sensibles (DL50 = 1 mg/kg Poids Vif) : truite, saumon, canard, dindon, oie, veau, chien. Les canards semblent plus sensibles que les dindons (Anonyme, 1962)
- sensibles (DL50 = 2 à 10 mg/kg PV) : porc, rat, cheval
- peu sensibles (DL50 > 10 mg/kg PV) : bovins. Les mammifères polygastriques adultes semblent très peu sensibles aux aflatoxines même si un risque existe. La flore de la panse exerce une action hydrogénante sur les aflatoxines B1 et G1 les transformant ainsi en aflatoxine B2, G2 et M1, composés moins toxiques
- résistantes (idem) : mouton, chèvre

D'autre part, le même auteur montre que les mâles sont plus résistants (DL50 deux fois supérieures) que les femelles et qu'il n'existe pas de relation entre la DL 50 et l'effet carcinogène. La moindre résistance des femelles serait la conséquence de la compétitivité des hormones femelles et des aflatoxines (Kassambara I., 1983).

2.1.3 Les symptômes de l'intoxication.

2.1.3.1 A l'échelle de l'organisme.

L'intoxication chronique provoque un retard, un arrêt de croissance, une chute des productions, une immunodépression (en rapport avec la cancérisation), des tumeurs hépatiques, une augmentation du poids du foie (Adrian J., Jacquot R., 1968; Nicole H., 1981). Chez les dindons et les canards, la maladie est caractérisée par la nécrose du foie et une dysenterie (Anonyme, 1962).

L'intoxication aigüe aboutit à une mort rapide des animaux après une baisse de l'appétit, un arrêt de croissance, des syndromes d'excitations nerveuses, des troubles digestifs (Nicole H., 1981).

Les lésions hépatiques sont caractéristiques des aflatoxines. On remarque une hyperplasie des cellules épithéliales du conduit biliaire, une destruction du parenchyme hépatique. De plus on relève des hémorragies qui obturent les veines centriglobulaires et hépatiques. Le foie est souvent pâle, décoloré, dur et fibreux (Frayssinet et Lafont; Juhasz et Greczi; dans Adrian J., Jacquot R., 1968). Cette remarque a été réalisée aussi sur le veau et le porc (Anonyme, 1962). Il présente une hypertrophie ou une atrophie dégénérante selon les doses reçues.

D'autres lésions et troubles sont observables tels que des troubles des reins, du duodénum et des poumons (Frayssinet et Lafont; Juhasz et Greczi; dans Adrian J., Jacquot R., 1968). On rapporte aussi des troubles neurologiques (convulsions et tremblements intermittents puis mort de l'animal après une crise de tétanie) survenant chez la souris, le rat et le cobaye (Wilson et Wilson dans Adrian J., Jacquot R., 1968). Le veau tourne en rond sans raison, tombe fréquemment, grince des dents, contracte les oreilles (Anonyme, 1962).

Il est à remarquer que la suppression du tourteau d'arachide dans l'alimentation entraîne une guérison des animaux (Anonyme, 1962). L'effet toxique des aflatoxines étant un phénomène cumulatif (Tantaoui-Elaraaki A. et al., 1983).

2.1.3.2 A l'échelle cellulaire.

Les aflatoxines réduisent très nettement les divisions mitotiques, les synthèses de l'A.D.N sont nulles et celles des protéines et des A.R.N sont très atténuées (Adrian J., Jacquot R., 1968; Nicole H., 1981). L'hypothèse expliquant le blocage de la synthèse d'A.D.N d'après De Rocondo est que l'aflatoxine agit au niveau même de la molécule en empêchant sa duplication (Adrian J., Jacquot R., 1968).

2.1.3.3 Conséquences sur l'utilisateur des produits animaux.

Par voie buccale, pour le consommateur (animal et humain) les aflatoxines représentent les plus puissants hépatocarcinogènes connus à ce jour (Nicole H., 1981), cinquante fois plus puissants que les colorants azoïques (Adrian J., Jacquot R., 1968). D'autres maladies peuvent être induites par les aflatoxines, cirrhose du foie des enfants en Inde, cancer du foie, ostéoarthrose (Bhat R.V., 1987).

2.1.4 Législation relative aux aflatoxines.

Ces dispositions ont pour objectif de réduire la quantité d'aflatoxine M1 dans le lait afin de réduire les risques carcinogènes pour les consommateurs. La législation est variable en fonction des pays. Les USA exigent l'absence totale de toxine.

Après l'arrêté du 22 décembre 1983 : Teneurs en aflatoxines B1 admissibles dans les aliments du bétail en France (en ppb; 1 ppb = 1µg/kg) (Briantais G., 1984).

ANNEXE 1 : Aliments destinés à l'utilisation directe par les éleveurs

-aliments simples -----	50
-aliments complets pour bovins, ovins et caprins (sauf bétail laitier, veaux et agneaux) -----	50
-aliments complets pour porcins et volailles (sauf jeunes animaux) -----	20
-autres aliments complets -----	10
-aliments complémentaires pour le bétail laitier -----	10

ANNEXE 2 : Aliments simples utilisés en tant que matière première (par les fabricants d'aliments du bétail) -----100

2.1.5 Procédés d'identification et de dosage des aflatoxines.

Il faut remarquer qu'il n'existe pas de relation absolue entre le degré de contamination par *A. flavus* et l'intensité de la toxicité. L'isolement d'*A. flavus* sur un aliment ne signe pas obligatoirement la présence d'aflatoxines (Nicole H. et al., 1981; Adrian J., Jacquot R., 1968). C'est pour cela que l'on doit doser les aflatoxines.

2.1.5.1 Au laboratoire.

Les techniques physico-chimiques sont principalement des techniques de chromatographie en couches minces sur différents supports (oxyde d'alumine, gel de silice, colonne d'alumine) et de fluorométrie. Ces techniques sont doublées par des test biologiques :

- mortalité du caneton après ingestion de tourteau
- examen des lésions hépatiques du caneton
- mortalité de l'embryon de poulet après injection de l'extrait toxique dans l'oeuf avant incubation (Adrian J., Jacquot R., 1968).

En 1976 la CEE a adopté une méthode officielle du dosage des aflatoxines, dans les aliments simples et composés, (directive 76/372 du 03/09/1976) se fondant sur la chromatographie en couche mince. Cependant cette méthode révèle des imprécisions et une grande lenteur (Briantais G. et al., 1982). Il existe une méthode plus simple, plus rapide (2h), plus économique pour doser les aflatoxines : la méthode de Nesheim (Roberts B.A. et al., 1981).

2.1.5.2 Sur le terrain.

Toury (dans Adrian J., Jacquot R., 1968) a montré une relation entre la couleur, la texture de la graine et la teneur en aflatoxine (Tableau n°1).

Tableau n°1 : Relation entre l'aspect extérieur des graines et leur contamination par les aflatoxines.

Description de la graine	Teneur en Aflatoxines (mg/kg)
Amande blanche, tégument bistre	0,5
Amande blanche, tégument ridé	2,0
Graine moisie, mycélium noir	2,0-3,0
Graine moisie, mycélium blanc ou gris, chair blanche	8,0
Graine moisie, mycélium blanc ou gris, chair jaune	sup à 10,0
Graine moisie, mycélium et conidies jaune-verdâtre	sup à 40

D'après Ferrando, R. (1975) les *A. flavus* se reconnaissent aisément à leur couleur jaune à verdâtre, à leurs thalles et à l'organisation de leurs têtes conidiennes.

2.2 La détoxification.

Les traitements technologiques d'extraction de l'huile réduisent que très légèrement la teneur en aflatoxines. En effet, elles sont stables jusqu'à 300°C, non distillables, non entraînaibles à la vapeur surchauffée, non solubles dans l'hexane (Laisney J., 1984). D'autres moyens de détoxification ont donc été proposés.

2.2.1 Les méthodes.

Avant de présenter les méthodes chimiques il ne faut pas oublier les procédés agronomiques qui peuvent réduire considérablement les contaminations.

2.2.1.1 Agronomiques.

Afin de réduire les contaminations lors de la culture des arachides il faudrait :

- traiter les cultures par un fongicide systémique (contre *A. flavus*) (Nicole H., 1981)
- récolter à maturité (Nicole H. 1981)
- éliminer les restes de terre (Nicole H., 1981)
- apporter plus de soins à la culture (limiter la dégradation des coques) (Briantais G. et al., 1982).
- ne pas sécher les graines à même le sol mais sur un treillage, un plastique
- réduire le temps de séchage
- maintenir les graines à l'abri de l'humidité ambiante et des pluies éventuelles (Adrian J., Jacquot R., 1968; Briantais G. et al., 1982).
- trier les graines manuellement, par densimétrie ou électroniquement (Nicole H., 1981; Briantais G. et al., 1982).
- réaliser les cultures sur des terrains non contaminés par *A. flavus* (Briantais G. et al., 1982).

Sur le plan de la sélection génétique il serait intéressant de sélectionner des variétés:

- dont la coque serait indéhiscence et plus résistante (aux chocs mécaniques, à l'attaque des insectes) (Adrian J., Jacquot R., 1968; Briantais G. et al., 1982)
- résistantes à *A. flavus* (Nicole H., 1981).
- précoce, ayant un cycle végétatif bien adapté à la saison des pluies (la contamination se déroulant principalement à la fin de la saison des pluies).

2.2.1.2 Avec des traitements chimiques.

Il existe quatre principaux procédés de détoxification (Briantais G. et al., 1982) :

- traitement à la monométhylamine, procédé coûteux
- traitement à l'ammoniac (procédé de Goldblatt, USA) assez onéreux
- traitement ammoniac + carbonate de soude (ou soude), beaucoup plus long sans que les résultats soient nettement favorables
- traitement au formol et à l'ammoniac proposé par l'UCAAB et la Sonacos au Sénégal. Cette méthode nécessite l'adjonction de formol (0,3 à 0,6%) suivie d'un traitement par l'ammoniac gazeux sous pression, en présence d'eau. Les tourteaux ayant subi ce procédé sont appelés "Profor", marque déposée (Nicole H., 1981; Barré M., 1984). Ce procédé assure un taux de détoxification d'environ 95% ce qui signifie que sur le plan technologique le problème de la contamination des tourteaux est résolu (Briantais G., 1982).

2.2.2 Influence de la détoxification sur les tourteaux.

2.2.2.1 Sur la qualité protéique.

L'INRA a montré que le procédé Profor insolubilise partiellement les protéines sans toutefois réduire leur digestibilité *in vitro*. De plus il a un léger effet destructeur de la cystine, ce qui pourrait diminuer l'efficacité du tourteau chez le porc et la volaille. En revanche pour les polygastriques l'efficacité nutritionnelle pourrait être augmentée du fait du formol et de son action tannante sur les protéines. Ce procédé limiterait donc le gaspillage des protéines par l'effet by-pass (Briantais G. et al., 1982). La même remarque a été réalisée par Delort-Laval J. et al. (1980) avec le traitement à la méthylamine. En revanche le traitement à la monométhylamine entraîne une baisse de la qualité nutritive du tourteau (Briantais G., 1982).

Le traitement à l'ammoniac (procédé de Goldblatt, USA) donne un tourteau de bonne qualité malgré une légère dégradation des acides aminés soufrés (Briantais G., 1982).

2.2.2.2 Sur la quantité de formol.

Lors du traitement au formol et à l'ammoniac proposé par l'UCAAB et la Sonacos au Sénégal, le formol ingéré par les animaux est cinq fois moins important qu'avec l'ensilage, ne présentant ainsi aucun problème (Briantais G., 1982).

2.2.2.3 Sur les matières minérales.

Il semble que le taux de matière minérale soit sensiblement plus important une fois le tourteau détoxifié (méthode UCAAB) (Friot D. et al., 1975).

2.2.2.4 Sur l'ingestion.

Le tourteau d'arachide traité à l'ammoniac n'a pas d'effet négatif sur l'ingestion, à l'inverse de celui traité à la méthylamine (Friot D. et al., 1975; Delort-Laval J. et al., 1980).

2.2.2.5 Sur l'Indice Consommation (IC).

Le tourteau d'arachide traité à l'ammoniac réduit de 3% l'IC et celui à la méthylamine de 20% entraîne une perte de poids des poulets de chair significative (Delort-Laval J. et al., 1980). En revanche, sur des volailles, Friot D. et al. (1975) ne remarque pas de différence de poids entre des animaux nourris avec une provende détoxifiée ou non (le niveau de la contamination est tel qu'il n'agit pas défavorablement sur l'état physiologique des animaux).

2.2.2.6 Sur l'éclosabilité et le taux de ponte.

La détoxification a un effet très positif sur l'augmentation de l'éclosabilité et sur le taux de ponte. Cependant, le poids des oeufs et des poussins a été réduit (Friot D. et al., 1975).

2.2.3 Effet du stockage et de la transformation du lait sur la stabilité des aflatoxines.

Le froid, la congélation, la lyophilisation, le séchage réduisent significativement le taux d'Aflatoxines M1 (AFM1). En revanche les traitements thermiques n'ont pas d'effet significatif.

Des études montrent que les procédés de transformations utilisés pour la fabrication de fromages ne réduisent pas significativement les quantités d'AFM1 contenues dans le lait. Il faut donc utiliser des procédés de détoxification du lait (Tantaoui-Elaraki A. et al., 1983).

3 LE TANNAGE DES PROTEINES DU TOURTEAU.

Le tannage des protéines est un phénomène inévitable lorsque l'on détoxifie les tourteaux. Il est parfois recherché, chez les polygastriques mais non souhaité chez les monogastriques. Son intérêt est de protéger les protéines alimentaires de la dégradation des micro-organismes du rumen (effet by-pass), afin de limiter la production et la perte d'ammoniac. D'autre part il permet d'apporter aux ruminants les acides aminés essentiels (methionine, lysine...) par absorption direct au niveau de l'intestin grêle (INRA, 1988; CSAAD, 1994).

3.1 Les différentes méthodes.

D'après Laisney J. (1984), en industrie, l'utilisation du formaldéhyde est préféré aux tannins végétaux car il est plus actif en milieu hydraté. On vaporise une solution de 40% de formaldéhyde (soit environ 1g de formaldéhyde pour 100g de protéine brute) sur le tourteau préalablement broyé (Sampath K.T. et al., 1985).

Une autre méthode consiste à chauffer (air à 150°C) pendant 2 heures, puis de refroidir à la température ambiante (Sampath K.T. et al., 1985). Cependant, le traitement thermique a des effets négatifs sur la qualité des protéines, ce qui entraîne qu'en industrie elle est moins utilisée. L'utilisation d'acides tannants purs réduit significativement la solubilité au même titre que le traitement au formaldéhyde (Pan S., 1990).

Le traitement optimal se limite dans une fourchette étroite, car la désamination doit être inférieure à 10% de celle observée pour le témoin, ne doit pas avoir d'effet négatif sur l'activité cellulolytique de la microflore et ne doit pas réduire la sensibilité aux attaques protéasiques de

l'intestin. Ces limites font que la réalisation d'un bon tannage est difficile (Bertrand D. et al., 1979).

3.2 Effet des traitements en fonction de la matière première.

Le traitement au formaldéhyde, réduit plus significativement la dégradabilité des protéines du tourteau d'arachide que celle des tourteaux de sésame et les graines d'hévéa, cela provient de la constitution des protéines (Sampath K. T. et al., 1985).

Le tourteau d'arachide est traité avec une solution de formaldéhyde plus riche que le soja, le colza, le palmiste, le coprah, le tournesol, car sa solubilité (cf tableau n°2) est plus importante (Bertrand D. et al., 1979).

Tableau n°2 : Solubilité de tourteaux en milieu de rumen in vitro (urée = 100) (Melosch, 1974; dans Bertrand D. et al., 1979)

Arachide	60,7
Tournesol	46,1
Colza	44,6
Soja	30,1
Palmiste	13,0
Coprah	9,9

3.3 Influence du tannage sur le tourteau.

Le traitement au formaldéhyde réduit (85%) la solubilité de l'azote dans les solvants (NaCl, Mc Dougall's artificial saliva, Burrough's Mineral Mixture). Ce traitement n'influe pas sur la digestibilité de la MS, MAT, mais favorise la rétention azotée (Bertrand D. et al., 1979; Prasad P.E. et al., 1991). Bertrand D. et al. (1979) affirme à l'inverse que la digestibilité globale de l'azote est réduite de (0 à 6%). Le traitement au formaldéhyde semble être la meilleure méthode pour protéger les protéines du tourteau d'arachide (Prasad P.E. et al., 1991). Laisney J. (1984) estime que ce traitement permet une augmentation de 20 à 60g/100g d'azote de tourteau traité, la quantité d'azote entrant dans le duodénum du ruminant.

La disponibilité en lysine est fortement réduite (10%) par le traitement, malgré la réversibilité de la réaction (Bertrand D. et al., 1979).

Une expérience comparant le traitement au formaldéhyde et à la chaleur montre une réduction significative de la dégradabilité de la matière sèche et des protéines. Au bout de 24h d'incubation (méthode des sacs nylon) dans le rumen, le traitement thermique réduit de manière plus importante la dégradabilité de la matière sèche (59%) et des protéines (76%) que le traitement au formaldéhyde (26%, 38%). Ceci est dû à une augmentation des "fiber bound nitrogen" lors du chauffage. Il est à remarquer que la dégradabilité des protéines est inversement proportionnelle à la vitesse du transit ruminal, lui-même fonction du niveau d'ingestion. Pour une même vitesse, le traitement thermique réduit plus la dégradabilité que le traitement au formaldéhyde (Sampath K. T. et al., 1985). D'autres travaux confirment ces résultats (Dixon et al., 1981; Singh et al., 1981; Lindberg et al., 1982; Kung and Huber, 1983; Vicini et al., 1983; Ha et Kenedly, 1984; Sahu et al., 1984 dans Sampath K. T. et al., 1985).

3.4 Vérification de la qualité du tannage.

Elle est réalisée par la mesure de la solubilité en milieu salin, par un test de désamination en rumen artificiel in vitro (Bertrand D. et al., 1979).

Le surtannage est détecté par mesure de l'action de la trypsine (Bertrand D. et al., 1979).

4 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES ET NUTRITIVES DES TOURTEAUX.

L'étude des caractéristiques a pour objectif d'estimer la composition chimique et nutritive du tourteau d'arachide. De plus, il faut tenir compte que le tourteau d'arachide est en compétition avec d'autres tourteaux; aussi nous essaierons de les comparer le plus possible aux tourteaux de coton, palmiste, coprah et soja. Les valeurs calculées l'ont été à l'aide des tables d'alimentation du bétail classique et de synthèses bibliographiques.

Il faut rappeler que l'huile d'arachide est principalement réalisée avec une unique variété Spanish (Ministère de la coopération et du développement, 1984). Ainsi, on peut attribuer les fortes variations aux traitements technologiques et non pas aux variations liées aux caractéristiques de la graine.

4.1 Composition chimique des tourteaux.

4.1.1 Les constituants organiques.

L'étude des constituants organiques (tableau n°3) a porté plus particulièrement sur la Matière Organique, la Matière Azotée Totale, la Cellulose Brute et les Matières grasses, constituants principaux que l'on a pu rassembler pour l'ensemble des matières premières.

Tableau n°3 : Constituants organiques (g/kg MS) de différents tourteaux et entre parenthèse coefficient de variation (cv) en %.

Références	Produits	MO	MAT	CB	MG
INRA, 1988; NAS, 1971; ONU, 1982	T. arachide solvant	930 (0,8)	555,5 (4)	97 (17)	15,3 (4)
	T. arachide expellé	945 (0,7)	509 (3,5)	64,8 (14)	79,5 (11,5)
Zouré G.M., 1991	T. coton solvant	945 (1,6)	411	120 (16,6)	20,5 (26,8)
	T. coton expellé	"	"	"	46 (24)
Grillet C.,1992	T. coprah solvant	911 (4,1)	235 (12,5)	190 (50,8)	19 (78)
	T. coprah expellé	"	"	"	76 (31,5)
	T. palmiste solvant	953 (1,2)	166,3 (26,2)	230,7 (49,4)	28 (75)
	T. palmiste expellé	"	"	"	87,5 (25,7)
NAS, 1971	T. soja solvant	926 (0,7)	518 (3,8)	64,5 (21,9)	24,4 (16,6)
INRA, 1988 NAS, 1971	T. soja expellé	"	"	"	14,5 (17,2)

La composition en MO des différents tourteaux est constante ($935 \pm 1,5$), et la variation faible.

Le tourteau d'arachide solvant est légèrement supérieur en MAT (+ 8,4%) que l'expellé, avec des coefficients de variation de l'ordre de 3,75%. Cette faible variation ne doit donc pas être l'influence des traitements technologiques. D'autre part, on peut classer par ordre décroissant les valeurs en MAT des tourteaux :

Tourteau arachide (Ta) > Tourteau soja (Ts) > Tourteau coton (Tcot) > Tourteau coprah (Tcop) > Tourteau palmiste (T pal), et s'apercevoir que le Ta et le Ts sont les deux tourteaux les plus riches en protéines (530 ± 20). Grillet C. (1992) confirme cette remarque et ajoute que le tourteau d'arachide est riche en MAT (sup 40%) au même titre que le coton, soja, sésame, tournesol décortiqué. Le colza, lin, tournesol semi décortiqué ont une teneur en MAT variant entre 25 et 40%. En revanche, le coprah, palmiste, germe de maïs sont très pauvres (inf 25%).

De plus l'étude des dégradabilités de la MAT pour les tourteaux d'arachides donne des valeurs variants de 50 à 75%. Il est à noter que la dégradabilité chute après détoxification. Le tourteau de soja a une dégradabilité moyenne de 60%.

En ce qui concerne la digestibilité réelle celle du tourteau d'arachide est de l'ordre de 85% alors que celle du soja est de 90%.

Pour la cellulose brute, les coefficients de variation sont forts pour l'ensemble des tourteaux, variation liée au mode de décortilage (manuel, mécanique) et de séparation des amandes et des coques. Plus un tourteau sera décortiqué moins son taux de CB sera élevé. On note dans la bibliographie des variations du taux de CB de 5 à 30%. Cependant, on peut classer les tourteaux d'arachides et de soja comme les moins cellulosiques, ce qui laisse supposer qu'ils pourraient être mieux valorisés par les monogastriques que les autres tourteaux. Les taux de CB pour le tourteau de soja varie de 7 - 8 % pour un tourteau graine entière et 3 - 4 % pour une fois décortiqué.

D'autre part il n'y a pas de corrélation ($r^2 = 0,31$) entre la CB et la MG à l'inverse de ce qu'affirme Grillet C. (1992) et CSAAD (1994).

L'effet traitement technologique est clair sur la composition en MG, même si les coefficients de variation sont élevés (33% en moyenne). L'extraction réduit considérablement la teneur en MG (- 81%) pour le tourteau d'arachide dans notre cas.

4.1.2 Les acides aminés.

L'étude s'est limitée aux acides aminés essentiels (tableau n°4) qui semblent limitant sur la plan zootechnique.

Tableau n°4 : Acides aminés en (g/kg MS) de différents tourteaux et entre parenthèse coefficient de variation en %.

Références	Produits	Lys	Méth	Cyst	Tryp	Thré
Grillet C., 1992; NAS, 1971; RPNA, 1993	T. arachide	22,5 (34,5)	7,47 (50,8)	11,1 (44)	7,83 (46)	25,9 (50,6)
Zouré G.M., 1991	T. coton	16,8 (4,7)	5,3 (3,77)	6,1 (2,5)	5,1 (1,9)	13,2 (1,5)
Grillet C., 1992	T. coprah	31	15	14	7	31
	T. palmiste	36	17	22	10	33
NAS, 1971; RPNA, 1993	T. soja	33,6 (8,5)	6,7 (15,2)	7,5 (4,9)	7,1 (10)	21,3 (10,5)

On remarque que les cv pour le tourteau d'arachide sont très élevés ($45 \pm 6\%$), ce qui montre qu'il existe un effet des traitements technologiques. Il faut rappeler que l'huile

d'arachide est principalement réalisée avec une unique variété Spanish (Ministère de la coopération et du développement, 1984). Ces forts coefficients de variation empêchent de réaliser des comparaisons raisonnables. Cependant, si l'on compare au soja on peut signaler une teneur plus faible en lysine et une teneur plus forte en cystine; pour les autres acides aminés les teneurs sont semblables.

4.1.3 Les vitamines.

Les tourteaux d'arachides sont dépourvus de vitamine C, mais assez riche en vitamines du groupe B (Thiamine, Riboflavine, Niacine...) (Kassambara I., 1983).

4.1.4 Les constituants minéraux.

L'étude des constituants minéraux (tableau XX) a porté plus particulièrement sur la Matière Minérale (MM) (totale), le Phosphore (P) et le Calcium (Ca), puisque ce sont les principaux minéraux pris en compte lors du rationnement.

Tableau n°5 : Constituants minéraux (g/kg MS) de différents tourteaux et entre parenthèse coefficients de variation en %.

Références	Produits	MM	P	Ca
INRA, 1988; NAS, 1971; ONU, 1982	T. arachide solvant	67 (17)	6,6 (4,6)	1,92 (8,3)
	T. arachide expellé	56 (12)	6,5 (9,3)	1,6 (18)
Grillet C.,1192	T. coprah	88,75 (42)		
	T. palmiste	46,5 (24,7)		
Zouré G.M., 1991	T. coton	53,5 (25,6)	9,55 (2,6)	1,55 (3,2)
INRA, 1988 NAS, 1971	T. soja	72 (10,8)	7,2 (7,3)	3,23 (5,3)

La différence, en MM, entre le tourteau d'arachide expellé et solvant est de (- 17%), avec des coefficients de variations de 14,5% en moyenne, ce qui signifie que statistiquement il n'y a pas de différence. Si l'on classe les tourteaux, on note une variation des teneurs en MM de (47%). On remarque que les tourteaux d'arachide et de soja ont des valeurs semblables.

Les teneurs en P sont similaires pour l'ensemble des tourteaux sauf celui de coton qui semble un peu plus fort. Pour le Ca le tourteau d'arachide est nettement plus faible que le soja (- 45%). Dans l'ensemble, les coefficients de variation ne sont pas élevés (7,3%). D'après Ferrando et al., (dans Kassambara I., 1983) le tourteau d'arachide présente un rapport Ca/P déséquilibré de 0,16, notre étude donne un rapport un peu moins déséquilibré de $0,265 \pm 0,025$.

4.2 Valeur énergétique des tourteaux.

Ces valeurs (tableau n°6) ont été exprimées en Mcal afin de pouvoir comparer la valorisation par les différentes espèces.

Tableau n°6 : Valeur énergétique (Mcal/kg MS) de différents tourteaux et entre parenthèse coefficients de variation en %.

Références	Produits	ENL	ENV	ED	EM
INRA, 1988; NAS, 1971	T. arachide solvant	1,95 (1,10)	1,72 (21)	3,88 (12)	2,9 (10,3)
	T. arachide expellé	2,17 (6)	1,78 (23)	4,22 (6)	3,09 (6)
Grillet C.,1192	T. coprah solvant	1,68 (1,1)	1,74 (2,2)	3,43 (2)	1,26
	T. coprah expellé	1,92	2,00	3,75 (3,5)	2,73
	T. palmiste solvant	1,78 (1,1)	1,85 (3)	3,25 (8)	2 (40)
Zouré G.M., 1991	T. coton solvant	1,76 (14)	1,32 (16)	3,1 (9)	2,02 (13)
	T. coton expellé	1,92 (10)	1,46 (17)	3,6	2,25 (6,6)
NAS, 1971	T. soja solvant	1,29	1,75 (22)	3,51 (5,5)	2,3 (8)
INRA, 1988 NAS, 1971	T. soja expellé	2,16 (10)	1,93	3,88 (10,4)	2,91 (9,9)

Légendes :

- ENL : Energie Nette Lait (Ruminants)
- ENV : Energie Nette Viande (Ruminants)
- ED : Energie Digestible (Porcins)
- EM : Energie Métabolisable (volailles).

L'effet de l'extraction par le solvant réduit significativement la teneur en huiles résiduelles du tourteau. La teneur en huile étant directement liée à la valeur énergétique d'un aliment, ce traitement agit indirectement sur la valeur énergétique. En effet, les tourteaux expellés ont une valeur énergétique supérieure au solvant de $+0,2 \pm 5\%$.

D'autre part, malgré des coefficients de variation plus forts, il semble que les monogastriques valorisent mieux l'énergie du tourteau d'arachide et des tourteaux en général que les polygastriques. Dans l'ensemble (expellé, solvant) la valeur énergétique du tourteau d'arachide semble plus forte que celle du soja ($+10,4 \pm 5\%$).

5 UTILISATION DES TOURTEAUX DANS L'ALIMENTATION.

5.1 Recommandation.

5.1.1 Sur les quantités à distribuer.

Dans une ration, pour un tourteau non détoxifié, un bovin ne devrait pas recevoir plus de 2,5 kg/j, une truie allaitante pas plus de 2 kg/j et enfin pour la brebis pas plus de 200g/j (Adrian J., Jacquot R., 1968). Chez les volailles un tourteau contenant 1,25 ppm d'aflatoxines peut être incorporé jusqu'à 30% pour des poulets en croissance et 20% pour les adultes. Si la teneur est de 0,4ppm il n'y a pas de limite (Angulo-Chacon, 1985, dans Anselme B., 1987).

Les tourteaux "Profor" garantissant des teneurs en aflatoxines très nettement en dessous des normes (0,05 mg/kg au lieu de 0,1 mg/kg prévu par la loi) permettant un taux

d'incorporation maximum dans les aliment composés (Glon A., 1984). Ce procédé est particulièrement intéressant pour les pays producteurs d'arachide (Sénégal) qui possèdent alors un aliment de bonne qualité et à bas prix. Cependant, la crainte des aflatoxines persiste et la valorisation de ce sous-produit n'est pas optimale (Anselme B., 1987)

Lors d'un traitement de détoxification à l'ammoniac pour l'alimentation du poulet de chair il faut :

- formuler le régime après avoir réalisé la correction de l'azote non protéique ajoutée par le traitement

- tenir compte de la teneur réelle en cystine du tourteau

- ne pas dépasser respectivement 0,15%, 0,3%, 0,1% d'azote ammoniacal pour le poulet de chair, la poule pondeuse, le porc à l'engrais. Pour le traitement à la méthylamine les doses doivent être trois fois inférieures (Delort-Laval J. et al., 1980).

5.1.2 Sur les modes de distributions.

Des études ont montré que plus l'aliment est fermentescible, plus son apport doit être fractionné au cours de la journée, afin de profiter au mieux des effets positifs des apports. Pour diminuer les effets négatifs des régimes mixtes (baisse de la digestibilité lors d'une augmentation de l'ingestion) il est nécessaire de nourrir les animaux en quantité limitée et non pas ad libitum.

Pour les ovins, le tourteau d'arachide étant moins sapide que celui de lin, il est recommandé de le mélanger avec du tourteau de lin ou du son de blé (Adrian J., Jacquot R., 1968).

Bertrand D. et al. (1979) préconisent l'emploi des tourteaux tannés lorsque la ration n'est pas trop déficitaire en azote fermentescible

5.2 Son influence dans une ration.

5.2.1 Sur la digestibilité de la ration.

La nature du complément semble influencer l'amélioration de la digestibilité. Les compléments azotés solubles permettent une meilleure activité cellulolytique. Il faut cependant que les besoins énergétique des microorganismes du rumen soient couverts afin de limiter au maximum les pertes azotées (CSAAD, 1994). C'est ce que semble prouver l'expérience de Sangwan D.C (1989). Dans une ration à base de foin, d'orge ou de blé, l'apport de tourteau d'arachide (MAT = 8-10%) augmente significativement (par rapport à l'apport de pois) la concentration en ammoniac du rumen (chez des buffles et bovins). Cette augmentation d'ammoniac explique peut être l'amélioration significative de la digestibilité des fourrages pauvres (Campling et al., 1962; Fiswick et al., 1973 et 1978; dans Kassambara I., 1983), lorsque l'on apporte un aliment concentré riche en azote (Tourteau d'arachide). Chauman T.R. (1990) confirme cette affirmation mais ajoute que la digestibilité apparente de la MS, MO, MAT, EE, est améliorée.

5.2.2 Sur le niveau de production.

La supplémentation est d'autant plus favorable qu'elle s'inscrit dans une période longue (sup 3 mois) (Little D.A. et al., 1990).

5.2.2.1 Laitier.

Il semblerait que les tourteaux de pression n'augmentent pas la production laitière (Adrian J., Jacquot R., 1968). Cependant, Little D.A. et al. (1990) ont réalisé une expérience en milieu villageois (Gambie), en saison sèche, sur des vaches N'Dama qui prouve le contraire. La ration de base (paturages et résidus de récoltes) a été complétement suppléementée avec du tourteau d'arachide à raison de 425 ou 825 g/j/animal pendant 3 à 5 mois. Ce tourteau avait une composition en MAT de 40% et une dégradabilité *in vitro* de 72,5%. La supplémentation à 850 g pendant 3 et 5 mois a augmentée significativement la production de lait (Little D.A. et al., 1990). De même, des chèvres en lactation alimentées avec du tourteau tanné, à permis d'accroître la production de lait de 4% et celle d'azote de 10% (Khouri, 1974; dans Bertrand D. et al., 1979). De nombreuses expériences montrent le même intérêt du tannage des tourteaux, principalement en début de lactation.

L'ingestion d'aflatoxine B1 à fortes doses (110 ou 330 µg/kg) entraîne une chute importante de la production laitière (Mertens D R., 1979; dans Tantaoui-Elaraki A., 1983), d'où la nécessité de détoxifier.

5.2.2.2 Sur la croissance.

L'expérience de Little D.A. et al. (1990) montre que la supplémentation par le tourteau d'arachide augmente le gain de poids des veaux allaitant (due à une augmentation de la quantité de lait ingérée) et limite aussi la perte de poids des vaches.

Sur des buffles, Chauman T.R. (1990) montre l'effet positif sur le GMQ de l'apport d'un tourteau d'arachide déshuilé en complément de l'ensilage de maïs. Il remarque aussi qu'un tourteau de pression accroît de manière plus importante le GMQ. Sur des rations de fourrages pauvres, de fourrages verts très jeunes, riches en mélasse pour lesquelles l'urée est inopérante, Bertrand D. et al. (1979) note l'effet positif, lors de la croissance de ruminants, de l'apport de complément de tourteau tanné.

Chez les monogastriques la ration classique comporte une source de protéines animales, une céréale et un tourteau. Une ration, pour des animaux en croissance, céréale-tourteau d'arachide montre une déficience en lysine (primaire) et méthionine (secondaire) et thréonine (tertiaire). Une ration destinée aux animaux en croissance se doit d'être riche en lysine, puisque c'est le facteur limitant primaire de cette phase (Adrian J., Jacquot R., 1968). Ranjhan et al., (dans Adrian J., Jacquot R., 1968) l'on confirmé chez le porc ainsi que Anderson et Warnick (dans Adrian J., Jacquot R., 1968) chez la volaille. Il est évident que plus le taux de céréales augmente, plus la déficience en lysine sera accentuée et inversement plus le taux de tourteau d'arachide sera important, plus le facteur limitant primaire sera la méthionine.

Dans une ration à base de caséine, pour le poulet en croissance, l'apport de tourteau d'arachide aurait un effet bénéfique (Young et al., dans Adrian J., Jacquot R., 1968).

5.2.2.3 Sur la production d'oeufs.

Pour des poules pondeuses la ration 3/4céréale-1/4tourteau d'arachide limite l'intensité de la ponte à cause d'une déficience en méthionine. Cette déficience provenant de la quantité trop importante de tourteau d'arachide (Davidson et Boyne dans Adrian J., Jacquot R., 1968).

5.2.2.4 *Sur la production de laine.*

La croissance de la laine est fortement dépendante des acides aminés soufrés, qui se révèlent disponibles après le tannage favorisant ainsi la production de laine (Wright, 1971; dans Bertrand D. et al., 1979)

5.2.3 **Sur la reproduction.**

La supplémentation (850 g/j/animal pendant 5 mois) par le tourteau d'arachide entraîne une réponse favorable sur le plan de la reproduction (Little D.A. et al., 1990).

5.2.4 **Sur le plan sanitaire.**

Une complémentation en tourteau d'arachide de faible quantité (425 g/j/animal pendant 5 mois) entraîne une augmentation du volume des cellules sanguines, en accord avec les résultats de Agyemang et al. (dans Little D.A. et al., 1990). D'autre part, cette supplémentation influe favorablement sur la baisse de la parasitémie de l'animal (Little D.A. et al., 1990).

En revanche, le tourteau d'arachide a des propriétés échauffantes pour les bovins et serait responsable de coup de sang. Chez la truie allaitante l'apparition de mammites serait la conséquence de l'apport de tourteau d'arachide (Adrian J., Jacquot R., 1968). En outre l'ingestion d'aflatoxines dans un tourteau contaminé serait responsable, chez la volaille, d'une baisse de résistance aux maladies (Bhat R.V., 1987).

5.2.5 **Sur la qualité des produits.**

5.2.5.1 *Le beurre et le lait.*

Il semblerait que les tourteaux d'arachides de pression peuvent modifier la composition du beurre. En effet, l'ingestion de lipides désaturés tend à diminuer le taux butyreux du lait. De plus, les huiles résiduelles du tourteau d'arachide n'augmentent pas la concentration d'acide linoléique (vitamine F) du lait.

En ce qui concerne les qualités plastiques du beurre, le tourteau d'arachide aurait plutôt tendance à donner un beurre normal (ni mou, ni dur) (Adrian J., Jacquot R., 1968).

Les aflatoxines sont excrétées dans le lait sous forme d'aflatoxines M1. En fournissant 8mg d'aflatoxine B1 à une vache laitière, l'aflatoxine M1 apparaît dans le lait avec un délai de 12 à 24h. On ne retrouve que 0,17 à 3% de la quantité d'aflatoxine ingérée. Certains auteurs montrent une corrélation linéaire, d'autres pas. Cependant, plus l'ingestion est forte, plus l'exportation sera importante (Tantaoui-Elaraki A. et al., 1983). Ceci est lié à une forte dégradation ruminobasale de la B1, et à un rendement faible des réactions d'hydroxylation hépatique (Nicole H., 1981). Le maximum de la contamination du lait est noté 5 à 6 jours après l'arrêt de la consommation d'aflatoxines. On relève la présence d'aflatoxine neuf jours après que la vache ait cessé de recevoir du tourteau contaminé (Delage et Bernage dans Adrian J., Jacquot R., 1968; Nicole H., 1981).

5.2.5.2 *Les lipides corporels.*

L'influence des matières grasses alimentaires sur la composition des lipides corporels a été mise en évidence à de nombreuses reprises. Une expérience de Chung et al. (dans Adrian J.,

Jacquot R., 1968) confirme que l'alimentation du porc avec du tourteau d'arachide provoque une augmentation du taux d'acide oléique et une baisse des acides stéariques

Pour l'engraissement du porc, les lipides du tourteau d'arachide semblent jouer favorablement sur la qualité des jambons. Les jambons étant plus tendres, plus succulents, moins compacts, moins fermes et moins salés. Par contre la couche de graisse périphérique est plus épaisse mais moins appétissante. De plus, l'indice d'iode des lipides corporels ainsi que la teneur en thiamine sont significativement augmentés (Eheart et al., dans Adrian J., Jacquot R., 1968).

Lorsque les porc sont utilisés pour la fabrication de bacon, les huiles de l'arachide provoquent un ramollissement des graisses. On préfère donc utiliser les déshuilés, sinon on introduit dans la ration six part de brisures de sorgho ou cinq part de farine de maïs pour chaque part de tourteau (O.N.U, 1982).

5.2.5.3 Viandes et oeufs.

D'après Kassambara I. (1983) il n'a jamais été mis en évidence la présence d'aflatoxines dans les muscles et les oeufs. Mais, Bhat R.V. (1987) affirme le contraire. Il semblerait à priori plus probable que l'exportation des aflatoxines se fasse dans l'ensemble des produits.

D'après Ferrando (dans Anselme B., 1987) l'incorporation forte de tourteau d'arachide détoxifié dans l'alimentation des poules pondeuses, réduirait la coloration du jaune.

5.3 Comparaison de la complémentation avec différents apports protéiques.

Dans les rations céréalières, les tourteaux sont introduits pour supplémer l'apport en protéines.

5.3.1 Appétibilité du tourteau.

Dans le cas du porcelet au sevrage le tourteau d'arachide est moins appétent que celui de soja mais plus que celui de tournesol ou de coprah (Aumaître et Salmon-Legagneur dans Adrian J., Jacquot R., 1968). Une expérience (avec des buffles) montre que l'association d'un tourteau d'arachide déshuilé à une ration à base d'ensilage de maïs et d'un concentré classique entraîne une augmentation significative de la Matière Sèche Ingérée (Chauman T.R., 1990), mais inférieure à celle du concentré classique.

5.3.2 Entre un tourteau d'arachide et de soja.

Une étude compare la complémentation entre le tourteau de soja et un tourteau d'arachide dans une ration isoénergétique, isoaminée. Elle montre que le poids des poulets à 3 semaines est plus faible et l'IC plus fort à 3 et 6 semaines lorsque le % de tourteau d'arachide est supérieur à 5%. La différence de poids peut être expliquée par un fort % de fer dans la ration qui réduit la croissance. Cependant, il ressort de l'étude que correctement supplémentées en méthionine et lysine 50% des protéines du soja peuvent être remplacées par de l'arachide (El Boushy A.R. et al., 1987). D'autres études chez le porc (Combs et Wallace dans Adrian J., Jacquot R., 1968), chez le poulet (Douglas et Harms dans Adrian J., Jacquot R., 1968) montrent que la supplémentation en lysine et méthionine n'est pas suffisante si l'on remplace intégralement le soja par l'arachide puisqu'il apparaît alors une carence en thréonine.

Pour que le tourteau d'arachide offre un intérêt comparable à celui d'autres tourteaux, il suffit de l'utiliser à fortes doses (Adrian J., Jacquot R., 1968).

5.3.3 Entre le tourteau d'arachide et les farines animales.

De nombreuses expériences ont montré que l'apport de protéines animales peut être remplacé sans inconvénient par un surcroît de tourteaux d'arachides ou par l'adjonction d'acides aminés de synthèses. Dans la pratique, la réponse est conditionnée par la situation économique (Adrian J., Jacquot R., 1968).

Carew S.N. et al. (1988) mettent en évidence qu'une ration dont l'apport protéique est à base de tourteau d'arachide supplémente croissance des poulets au démarrage que la farine de poisson. Pour des poulets en finition, le déficit par rapport à la farine de poisson en lysine, donné par la littérature, est d'environ 1,1% pour un aliment à 20% de protéines brutes. Ils trouvent un déficit de seulement 0,24%. Dans les deux cas, le facteur limitant primaire est la méthionine. Dans le cas où le tourteau d'arachide représente dans la ration plus de 23% des protéines brutes la supplémentation en lysine pour les poulets au démarrage est de 0,1%; pour les poulets en finition la supplémentation n'est pas nécessaire (Carew S.N. et al., 1988).

Les 2/3 des protéines animales de la ration peuvent être remplacés par du tourteau d'arachide sans que cette substitution se traduise par un effet préjudiciable sur la production des oeufs, leur éclosabilité et la vitalité des poussins (Adrian J., Jacquot R., 1968).

CONCLUSION

Les traitements technologiques ont une influence sur la qualité et la variabilité alimentaires des tourteaux d'arachides. Ils influencent significativement le taux de Cellulose Brute (décorticage) et de Matière Grasse (extraction) et par de-là, la valeur énergétique. Sur ce plan, l'énergie, les tourteaux d'arachides semblent être mieux valorisés par les monogastriques que par les polygastriques.

L'ensemble des traitements thermiques diminuent la qualité des protéines en dégradant en partie les acides aminés essentiels et parfois en favorisant les réactions de Maillard entraînant une chute de la disponibilité métabolique des protéines. Ces traitements défavorisant plus particulièrement les monogastriques.

D'autre part, le problème majeur, des aflatoxines nécessite obligatoirement une détoxification qui a une action tannante des protéines au même titre que le tannage. Ces deux traitements favorisent l'utilisation du tourteau d'arachide pour les polygastriques.

Enfin, sur le plan de la réponse des animaux, sur les qualités alimentaires et sur son utilisation, les tourteaux d'arachides sont concurrentiels aux tourteau de soja. Cependant, une supplémentation en acides aminés essentiels (pour les monogastriques) semble indispensable, à moins que l'on puisse augmenter les quantités ingérées.

Seul un problème économique peut limiter son développement en alimentation animale. Une fois détoxifié, sur le plan, le tourteau semble tout à fait bénéfique. Il faut donc réduire les coûts de production, en particulier ceux de la détoxification, ceux de la synthèse des acides aminés, afin d'échapper au monopole des tourteaux de soja en matière d'apport protéique pour l'alimentation animale.

BIBLIOGRAPHIE

A. Livres

- 1 *Adrian J., Jacquot R., 1968. La valeur alimentaire de l'arachide. Techniques Agricoles et Productions Tropicales. G. P. MAISONNEUVE et LAROSE, 1969 : p. 292.
- 2 *Borget M., 1989. Les légumineuses vivrières tropicales. Le technicien d'agriculture tropicale. MAISONNEUVE et LAROSE, 1989 : 161 p.
- 3 *Gillier P., Silvestre P., 1969. L'arachide. Techniques Agricoles et Productions Tropicales. G. P. MAISONNEUVE et LAROSE, 1969 : p. 287.
- 4 *I.N.R.A., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris, INRA. 1988, 471 p.
- 5 *Laisney J., 1984. L'huilerie moderne. "Arts et Techniques". Compagnie Française pour le Développement des fibres et Textiles. Paris, 1984 : 318 p.
- 6 *Ministère de la Coopération et du Développement, 1984. Mémento de l'agronome. Collection "Techniques rurales en Afrique".
- 7 *NAS, 1971. National Academy of Sciences, 1971. Tables of feed composition. Second revision. Ed. National Academy of Sciences. Washington, DC. Publication 1971. 772 p.
- 8 *O.N.U, 1982. Les aliments du bétail sous les tropiques. O.N.U pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 1982.
- 9 *Rivière R., 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. I.E.M.V.T, Maisons-Alfort.
- 10 *RPNA, 1993. Rhône-Poulenc Nutrition Animale, 1993. Rhodimet Nutrition Guide seconde édition. Antony, 1993.

B. Thèses, mémoires, bibliographies

- 11 *Anselme B., 1987. L'aliment composé pour volailles au Sénégal : situation actuelle contribution à son amélioration par une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales. E.N.V.T, Thèse n°103, 1987.
- 12 *Grillet C., 1992. Les tourteaux de coprah et de palmiste. Mémoire pour obtenir le mastère : Sciences et Techniques des Productions animales. Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT, INRA, ENSAR, Avril 1992. 125 p.
- 13 *Kassambara I., 1983. Contribution à l'étude de la valeur alimentaire des sous-produits agro-industriels utilisés dans l'alimentation des ruminants au Mali. Thèse présentée à l'université de Pierre et Marie Curie - Paris VI.
- 14 *Zouré Honorat G.M., 1991. Les tourteaux de coton. Mémoire de D.E.A. Sciences et techniques des productions animales. Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT, INRA, ENSAR, Septembre 1991. 203.p.

C. Congrès

15 *Bhat R.V., 1987. Risk to Human Associated with Consumption of Groundnuts Contaminated with Aflatoxins. Aflatoxin contamination of groundnut : proceedings of the International Workshop, 6-9 1987, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502324, India : ICRISAT.

16 *Ferrando R., 1975. Alimentation animale et moisissures. Journée d'étude du GERNA, Paris 26 juin 1975.

D. Articles et périodiques

17 *Barré M., 1984. UCAAB et Arachide : L'expérience. Revue de l'alimentation animale n°377, 1984.

18 *Briantais G., et al., 1982. Rapport de mission au Sénégal sur la détoxification du tourteau d'arachide. Revue de l'alimentation animale n°351, 1982

19 *Briantais G., 1984. Aflatoxines : un contrôle systématique. Revue de l'alimentation animale n°377, 1984.

20 *Carew S.N., Olomu J.M., Offiong S.A., 1988. Amino acid supplementation of groundnut meal protein in broiler diets. Tropical Agriculture (Trinidad) Vol. 65, n° 4, October 1988.

21 *Chauhan T.R., 1990. Effect of repacing conventional concentrate mixture with deoiled groundnut-cake on nutrient utilization in oat-silage based rations of buffalo calves. Indian Journal of Animal Sciences Vol.61, n°12, December 1991 : 1343-1345.

22 *Delort-Laval J. et al., 1980. Efficacité biologique pour le poulet de chair du tourteau d'arachide traité à l'ammoniac ou à la monométhylamine en vue de l'inactivation des aflatoxines. Annales Zootechniques Vol. 29, n° 4 : 387-400, 1980.

23 *El Boushy A.R., Raterink R., 1987. Replacement of soybean meal by cottonseed meal and peanut meal or both in low energy diets for broilers. Poultry Science n°43 : 799-804, 1989.

24 *Friot D., Calvet H., Diallo S., Wane M., 1975. Tourteau d'arachide détoxifié dans l'alimentation des volailles. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. Maisons-Alfort, IEMVT, 1975

25 *Glon A., 1984. "Nous sommes concurrents directs du soja". Revue de l'alimentation animale n°377, 1984.

26 *Little D.A., Riley J.A., Agyemang K., Jeannin P., Grieve A.S., Badji B., Dwinger R.H., 1990. Effect of groundnut cake supplementation during the dry season on productivity characteristics of N'Dama cows under village husbandry conditions in the Gambia. Tropical Agriculture (Trinidad) Vol. 68 n°3 July 1991.

27 *Nicole H., Grandjean D., 1981. Les aflatoxines dans l'alimentation animale; conséquences en élevage bovin. La semaine vétérinaire, n°220 - du 22 au 30 juin 1981.

28 *Pan S., Maitra D.N., 1990. Comparative efficiency of tannic acid and salseed tannin treatment in reducing solubility of groundnut-cake protein. Indian Journal of Animal sciences Vol. 61, n° 5 : 563-566, May 1991.

29 *Prasad P.E., Prasad D.A., Reddy R.R., Krishna N., 1991. Effect of processing of groundnut-cake protein on nitrogen solubility and nutrient digestibility in sheep fed complete rations. Indian Journal of Animal Sciences Vol. 61, n° 7 : 764-766, July 1991.

30 *Roberts B.A., et al., 1981. Rapid, Economical Method for Determination of Aflatoxin and Ochratoxin in Animal Feedstuffs. Association of Official Analytical Chemists, Vol. 64, n°4, 1981.

31 *Sampath K. T., Sivaraman E., 1985. Ruminal degradability of heat treated and formaldehyde treated groundnut cake, gingelly cake and rubberseed cake. Indian Journal Dairy Sciences, Vol. 40, n°2, 1987.

32 *Sangwan D.C., Pradhan K., Bhatia S.K., Vidya Sagar, Sadhana Singh, 1989. Associative effect of wheat or oat hay with protein supplements on rumen metabolites and nutrient digestibility in cattle and buffalo. Indian Journal of Animal Science, Vol.60, n° 4, April 1990 : 472-479 p.

33 *Tantaoui-Elaraki A., et al., 1983. Les mycotoxines dans le lait et les produits laitiers. Maghreb vétérinaire, Vol. 1, n°2, Septembre 1983.

E. Autres

34 *Anonyme, 1962. Toxicité de certains tourteaux d'arachide. Information Technique B.N.A.

35 *Bertrand D. et al., 1979. Cycle Approfondi d'Alimentation Animale. INA-PG, 1 Mai 1979.

36 *CSAAD, 1994. Cours Supérieurs d'Alimentation des Animaux Domestiques, 1994. INA-PG.

RESUME

Le tourteau d'arachide (fraction restante après l'extraction de l'huile) est un des sous-produits de l'industrie d'extraction de l'huile d'arachide. Son utilisation pratique est principalement axée vers l'alimentation animale. En effet il constitue un bon apport protéique et énergétique. Comme toute matière première une connaissance précise et fiable de sa valeur alimentaire est nécessaire afin de maximiser son utilisation.

Or, il ressort que le taux de cellulose brute, de matières grasses (donc la valeur énergétique) et la qualité des protéines sont les composantes les plus affectées par les traitements technologiques. L'ensemble des traitements thermiques, le décorticage, l'extraction par un solvant, la détoxification sont les traitements qui influent le plus.

D'autre part, il ne semble pas y avoir de grandes différences entre les valeurs nutritives et les modes d'utilisation du tourteau d'arachide et de soja. Il semble donc que seul un problème économique et la mauvaise connaissance de la variabilité nutritive soit à la base de la faible utilisation du tourteau d'arachide.

Mots - Cles : Alimentation du bétail, tourteau d'arachide, tannage des protéines, composition chimique, valeur alimentaire, aflatoxines, extraction de l'huile.