

Ressources Educatives Libres

Les ressources alimentaires valorisables par les animaux domestiques



Novembre 2023

Cours d'Alimentation et de Nutrition Animales : ressources alimentaires valorisables chez les animaux domestiques



ALOWANOU G. Géorcelin

Enseignant-chercheur

ENSET-Lokossa/UNSTIM

galowanou@gmail.com

Table des matières

CHAPITRE I. RESSOURCES ALIMENTAIRES UTILISABLES DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX.....	2
1.1. Produits agricoles	2
1.1.1. Céréales.....	2
Tableau 1 : Valeur énergétique du sorgho et du maïs	4
1.1.2. Graines de légumineuses.....	4
1.1.4. Racines et fruits amylacés.....	6
1.2. Produits d'origine animale	7
1. 2.1. Farines de poisson.....	7
1.2.2. Farine de viande	7
1.2.3. Farine de sang	8
1.2.4. Minéraux d'origine animale	8
1.3. Sous-produits agroindustriels	9
1.3.1. Tourteaux.....	9
1.3.2. Sous-produits de céréales	13
1.3.3. Sous-produits de sucrerie	15
1.4. Produits de l'industrie chimique	15
1.4.1. Compléments minéraux azotés et vitaminés (CMAV)	15
1.4.2. Additifs	16
1.5. Limites d'utilisation de certaines matières premières chez les poulets ...	17
Tableau 3 : Taux d'incorporation de quelques matières premières dans l'aliment de la volaille	18
.6. Typologie des aliments	18
1.6.1. Les aliments grossiers (= riches en fibres et paroi végétale, 35 à 70% de la MS)	18
1.6.2. Aliments concentrés (= riches en un élément nutritif au moins)	18

CHAPITRE I. RESSOURCES ALIMENTAIRES UTILISABLES DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX

L'alimentation animale occupe une place majeure parmi les postes de dépenses. En effet, dans le cadre des exploitations commerciales, les coûts relatifs à l'alimentation peuvent, selon l'espèce animale, atteindre 60 à 70% du coût global de la production, ainsi donc, une utilisation optimale de l'aliment est essentielle à la réussite économique. Afin de maximiser les performances des animaux en fonction de leur potentiel génétique, la ration alimentaire doit être adaptée à l'espèce et à l'état physiologique de l'animal. Plusieurs ressources alimentaires sont utilisées en alimentation des animaux d'élevage. Ces aliments peuvent être classés en quatre grands groupes :

- les produits agricoles ;
- les produits d'origine animale ;
- les sous-produits agroindustriels ;
- les produits de l'industrie chimique.

Le présent chapitre a pour objectif de décrire les différentes ressources alimentaires constituant chacun de ses groupes. A la fin de ce chapitre, l'apprenant devra être capable de reconnaître les ressources alimentaires utilisables dans l'alimentation des animaux et leurs valeurs alimentaires. Il devra aussi être en mesure de maîtriser les différents taux d'incorporation des différentes ressources en fonction de l'espèce animale.

1.1. Produits agricoles

1.1.1. Céréales

Les cultures vivrières sont principalement orientées vers les céréales (maïs, sorgho, mil, riz ...). D'une manière générale, les céréales ont une teneur élevée en MS (ce qui permet une conservation aisée) et une composition importante en amidon. Cet élément possède une très bonne digestibilité, ce qui confère aux céréales une caractéristique essentiellement énergétique. Par contre, les céréales sont relativement pauvres en vitamines, en matière azotée totale (environ 10%) et déficientes en certains acides aminés essentiels tels que la lysine et la méthionine. Elles accusent également un déséquilibre phosphocalcique très important au détriment du calcium. Il conviendra donc de suppléer les rations à base de céréales par des compléments riches en matières azotées, lysine, méthionine, calcium et vitamines. Le phosphore se retrouve pour un tiers sous forme phytique dont l'utilisation est deux fois moindre que sous

forme phosphate. Les céréales les plus usitées en alimentation animale sont : le maïs, le sorgho, le blé et le paddy.

- **Le maïs**

Cette céréale constitue, dans la plupart des pays, la base de l'alimentation des animaux et surtout des volailles. Elle contient peu de cellulose et une proportion relativement élevée d'amidon, ce qui la classe parmi les matières premières énergétiques. Par contre, elle contient peu de matières azotées. Son utilisation n'est limitée que par la nécessité de maintenir l'équilibre énergie- protéines et des taux d'utilisation compris entre 60 et 70% sont fréquemment utilisés. Le maïs jaune, dont la coloration est due à des pigments xanthiques, possède la propriété de jaunir la peau et la graisse des volailles et de colorer les jaunes d'œufs. L'utilisation de maïs blanc entraîne la décoloration des jaunes d'œufs.

- **Le sorgho**

Le sorgho (*Sorghum bicolor*) est une céréale d'origine tropicale de la famille des Graminées. Cette céréale constitue, dans la plupart des pays, la base de l'alimentation des volailles. Elle est principalement utilisée en alimentation humaine. Cependant, il peut être distribué sous forme de grains ou de fourrage aux animaux domestiques. Elle a une valeur énergétique proche du maïs (Tableau 1). La teneur en protéine des grains du sorgho dépasse légèrement ceux du maïs. Mais chez les monogastriques, la digestibilité moyenne des acides animés est moins élevée et ils n'en profitent pas complètement. Il contient une faible teneur en celluloses. Toutefois, la présence de facteurs antinutritionnels constitue une contrainte à l'utilisation de cette céréale en alimentation animale. Le tanin et est le principal facteur antinutritionnel contenu dans les grains de soja. La particularité de ces facteurs antinutritionnels est de se lier aux protéines et de les faire précipiter, au sein même de la graine puis, surtout, dans la lumière du tube digestif, formant ainsi des complexes résistants aux attaques enzymatiques. L'utilisation de sorgho comme principale source d'énergie ne donne des résultats satisfaisants que si les variétés disponibles sont pauvres en tanins. Pour être utilisable en alimentation animale, la teneur en tannin ne doit pas dépasser 0,3 %. Si le sorgho est faible en tanins, il peut remplacer une partie du maïs – jusqu'à 10 à 20 % de la formule selon l'âge des oiseaux. Sa distribution aux porcs exige néanmoins un travail supplémentaire de concassage car la taille réduite des grains peut entraîner

un passage d'une partie de ceux-ci directement dans le tube digestif sans avoir été broyé par les molaires.

Tableau 1 : Valeur énergétique du sorgho et du maïs

	grains	
	sorgho	maïs
Ruminants	1,21 UFL 1,22 UFV	1,23 UFL 1,23 UFV
Equins	1,24 UFC	1,30 UFC
Porcins	3838 à 3884 kcal EM	3831 à 3970 kcal EM
Volailles	3734 à 3815 kcal EM	3623 à 3704 kcal EM

Source : Dehaynin (2007).

○ **Le blé**

Importé dans de nombreux pays africains pour la fabrication du pain, le blé constitue une source éventuelle d'aliment pour les volailles. Moins riche que le maïs en énergie, il est par contre mieux pourvu en matières azotées. Tout comme ce dernier, il peut constituer la principale source de glucides des aliments composés pour les volailles et être utilisé à des taux élevés (60-70%) à condition que ces aliments soient granulés. Le taux d'incorporation du blé tendre dans les aliments composés non granulés, doit être limité à 30%, pour éviter les risques d'empâtement du bec. Le risque est atténué dans le cas d'utilisation de blé dur.

○ **Le paddy**

C'est le riz à l'état brut muni de sa balle, après battage, ramené à un taux d'humidité de 14,5%. Le paddy est constitué du grain et de ses enveloppes, glumes et glumelles. Les glumes ou balles, qui représentent 20% du paddy, ont une valeur alimentaire nulle et une action irritante sur le tube digestif en raison de leur forte teneur en silice. Du fait de la présence de ces enveloppes, le paddy est une céréale pauvre en énergie et riche en cellulose et en silice. Il est préférable de ne pas l'utiliser chez les volailles. En cas de nécessité, on pourra l'incorporer dans la ration des volailles en fin de croissance, des poulettes et des pondeuses, à des taux d'incorporation inférieurs à 40%.

1.1.2. Graines de légumineuses

○ **Le soja**

Le soja est une légumineuse native de l'Asie orientale, classée parmi les graines oléagineuses. Le soja est devenu un aliment très demandé dans le monde, que ce soit

pour les humains ou pour les rations des animaux et pour les huiles comestibles, en raison de sa forte teneur en protéines et en huile. 100 graines de soja moyennes pour l'huile, l'alimentation animale et le tourteau pèsent de 16 à 19 g et contiennent de 18 à 21 % d'huile et de 36 à 40 % de protéines. Le soja constitue la meilleure source de protéine d'origine végétale. Cependant, le soja contient aussi des facteurs antinutritionnels les inhibiteurs de la trypsine et les hémagglutinines (lectines). Les inhibiteurs de la trypsine sont une catégorie unique de protéines se trouvant dans le soja brut qui inhibent les protéases dans le tube digestif. Ces éléments sont supposés agir comme mécanisme de défense pour empêcher l'ingestion. Quant aux lectines, elles sont capables de se lier aux récepteurs de glycoprotéines se trouvant dans la paroi du tube digestif et d'endommager sa muqueuse, réduisant ainsi la performance de l'animal (Leiner, 1994). Toutefois, avec un traitement par la chaleur appropriée, ces facteurs antinutritionnels sont dénaturés, ce qui élimine leurs effets négatifs sur la performance des animaux.

NB : La volaille est particulièrement sensible aux inhibiteurs de la trypsine et aux lectines qui se trouvent dans le soja brut.

- **Niébé**

Son utilisation dans l'alimentation des volailles est mal connue. Sa valeur énergétique est assez bonne 2760 kcal /kg du fait de sa teneur en cellulose modérée et de sa teneur relativement élevée en amidon : de 35 à 43%. Sa teneur en protéines est équivalente à celle du pois et de la féverole, et la répartition de ses acides aminés est comparable à celle du soja. Les matières azotées des graines crues sont moins bien digérées que celles des graines cuites.

1.1.3. Graines et fruits oléagineux

L'utilisation des graines et fruits oléagineux est économiquement possible lorsque ceux-ci sont disponibles sur le marché à des prix intéressants, éventualité qui se rencontre parfois lorsque la production est effectuée à grande distance des huileries. Ce sont des matières premières très riches en matières grasses et bien pourvues en matières azotées, mais l'excès de matières grasses en limite l'utilisation. Il existe peu d'indications sur le taux maximal de matières grasses compatible avec un bon état sanitaire. Dans la pratique, les taux de matières grasses sont inférieurs à 10 % dans les rations pondeuses. Les graines ou fruits oléagineux seront réservés aux poulets de chair plutôt qu'aux pondeuses, chez lesquelles on cherche plutôt limiter

l'engraissement. Les taux d'incorporation en seront limités (de 5 à 10%). On aura recours à cette catégorie d'aliments pour élever le niveau énergétique d'une ration. L'utilisation des graines de soja, d'arachide, de sésame, d'amandes palmiste et de coprah peut aussi être envisagée. Le soja occupe une place particulièrement importante dans cette liste. Ses graines contiennent relativement peu de matières grasses (17%) et beaucoup de matières azotées (36%) elles-mêmes particulièrement riches en lysine. Dans les formules d'aliments volailles, il est possible d'utiliser largement les graines de soja, à condition qu'elles aient subi un traitement thermique.

1.1.4. Racines et fruits amylacés

- **Manioc**

Les racines de manioc contiennent, au moment de la récolte, de 50 à 60% d'humidité et ne peuvent être incorporées qu'après avoir subi une dessiccation. Elles contiennent, en quantité plus ou moins importante, un hétéroside cyanogénétique se décomposant en libérant l'acide cyanhydrique, substance très toxique soluble dans l'eau et volatile. Les maniocs doux contiennent peu d'hétérosides cyanogénétiques et les maniocs amers en contiennent davantage. Le principe toxique est plus abondant dans l'écorce que dans la moelle. Pour l'alimentation des volailles, les maniocs doux sont coupés en rondelles (cossettes), puis séchés au soleil ou dans un dessiccateur. Les maniocs amers doivent subir un traitement qui les débarrasse de l'acide cyanhydrique. On les épluche et on les coupe en cossettes. Celles-ci sont alors soit soumises à une dessiccation prolongée, soit macérées dans l'eau et ensuite desséchées. Les maniocs sont essentiellement composés d'amidon. Le taux des matières grasses est très faible (de 1 à 2 %) et le taux de cellulose varie de 2 à 8 % ; les valeurs les plus basses correspondant aux racines jeunes et écorcées. Compte tenu de sa bonne digestibilité, le manioc a sensiblement la même valeur énergétique que les céréales, mais il est particulièrement pauvre en protéines. La cuisson ne modifie pas sa valeur alimentaire et s'avère inutile. La farine de manioc est fortement hygroscopique. Elle colle au bec, ce qui gêne l'ingestion, surtout chez les poussins. La granulation des aliments supprime cet inconvénient. On estimait, autrefois, que les limites d'utilisation du manioc dans l'alimentation des volailles étaient faibles, de l'ordre de 7 à 20%. Au-delà, on notait un effet dépressif dont l'explication n'était pas bien connue. Des expériences récentes permettent de conclure qu'il est possible d'obtenir des performances normales avec des taux de manioc atteignant 60%, tant pour la

croissance que pour la ponte, à condition que l'apport azoté (et surtout en acides aminés) soit correct et que les aliments se présentent sous forme granulée.

- **Banane**

Du fait de sa richesse en eau (de 75 à 80%) et des difficultés de dessiccation sous les climats humides où elle est industriellement produite, la banane n'est utilisée dans l'alimentation des volailles que de façon accidentelle et marginale. Son utilisation en aviculture a fait l'objet de peu d'essais dont la conclusion est qu'elles ne peuvent être utilisées qu'à un taux réduit (10 à 20%). Au-delà, on note un effet dépressif vraisemblablement dû à la présence de tanins. Cependant, l'utilisation de la banane en alimentation porcine a donné de très bons résultats chez les porcs en engraissement.

1.2. Produits d'origine animale

1. 2.1. Farines de poisson

Les farines de poisson sont des matières premières très variables car leur fabrication va du poisson entier (anchois, poissons non consommés par l'homme...) à l'utilisation de déchets d'usine de conserverie. Les farines industrielles de poisson entier ont d'excellentes teneurs en M.A.T. (de 65 à 70%) et sont recherchées pour leur haute teneur en lysine qui représente 7 à 8% des M.A.T et leur bonne teneur en acides aminés soufrés et tryptophane. Les acides aminés sont mieux utilisés que ceux des farines de viande. Les farines de poisson peuvent rentrer dans la consommation des rations jusqu'à 10% pour les poulets de chair 0-4 semaines. Pour les pondeuses, les rations en contiennent de 3 à 5%. Leur contenu minéral est également intéressant. Des farines à teneur élevée en matières grasses peuvent communiquer un goût de poisson à la viande des poulets par conséquence, leur distribution doit être suspendue avant l'abattage. Les farines industrielles de déchets de poissons sont très variables en M.A.T. En règle générale, elles sont toujours plus pauvres en M.A.T et plus riches en cendres. Les farines artisanales (poissons entiers séchés, déchets de petite unité de traitement du poisson) sont également riches en cendres dont le principal élément est la silice qui provient du sable, lieu de séchage fréquent.

1.2.2. Farine de viande

Ces sous-produits sont constitués de viande, d'os et de graisse en proportions variables. Les taux de matières azotées varient de 35 à 70% ceux des matières

grasses de 2 à 13% et ceux des matières minérales de 3 à 45%. Malgré la stérilisation qui accompagne leur préparation, ces farines contiennent fréquemment un nombre important de bactéries susceptibles de se multiplier en ambiance chaude et humide. La granulation par son effet stérilisateur diminue ce risque. Leur incorporation dans les aliments n'est intéressante que si leur prix est bas et supporte la comparaison avec celui du tourteau de soja et des phosphates. Cependant, avec les épisodes de la maladie de la vache folle, l'utilisation de la farine de viande a été abandonnée en Europe.

1.2.3. Farine de sang

La saignée peut être effectuée selon le mode classique ou le mode coranique. Dans le premier cas la farine de sang est presque exclusivement constituée de matières azotées (85%) et ne contient pas de cellulose. Dans le second cas, par suite des régurgitations, elle contient de faibles quantités de cellulose et son taux de matières azotées varie entre 60 et 70%. Les protéines du sang sont riches en lysine mais déficiente en plusieurs acides aminés, notamment en méthionine. Ces farines peuvent être d'origine industrielle ou artisanale. Les farines industrielles constituent des matières premières particulièrement intéressantes par leur teneur en lysine. Les farines artisanales sont de qualité variable. Si le séchage a été effectué par temps sec et ensoleillé, les farines sont satisfaisantes ; si le séchage a été fait temps pluvieux, celles-ci se présentent en mottes complètement desséchées, malodorantes et sont le siège de fermentations bactériennes en rendant l'utilisation plus ou moins dangereuse. Dans l'alimentation des volailles, les régimes contenant de la farine de sang donnent toujours des résultats inférieurs aux régimes contenant de la farine de poisson, toutes choses égales. Les meilleurs résultats sont obtenus avec 2 à 4% de farine de sang. Au-delà de ces taux d'incorporation, on observerait un effet dépressif dont l'explication n'est pas connue. Lorsqu'il existe des aires d'abattage dans le village ou proximité, on peut récolter le sang après la saignée, le faire cuire et le sécher au soleil. Ce sang séché constitue une excellente source de protéines et d'acides aminés essentiels. L'utilisation digestive par le porc est très bonne et supérieure à celle de la volaille.

1.2.4. Minéraux d'origine animale

Il s'agit de la poudre d'os calcinés, des coquilles et des déchets de poissons. Les poudres d'os calcinés sont obtenues par incinération des os des animaux morts ou

abattus. Ces os peuvent être brûlés dans un feu de bois pour être pilés dans un mortier. Leur utilisation comme supplément dans l'alimentation des animaux permet de satisfaire les besoins en calcium et en phosphore.

Les coquilles et les déchets de poissons peuvent également être utilisés dans l'alimentation des porcs ou de la volaille pour les villages situés en bordure de mer ou de lagunes.

1.3. Sous-produits agroindustriels

1.3.1. Tourteaux

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 glycérophthaliques, lubrifiants, cosmétiques, ancre, etc. Les tourteaux constituent la 2ème classe d'aliments la plus importante après les céréales. Il existe autant de sortes de tourteaux qu'il y a de plantes oléagineuses exploitées (Tableau 2).

Tableau 2 : Classification des tourteaux (Claude T., 2005)

Tourteaux de dicotylédones	Tourteaux de Soja	
	Tourteaux d'arachide	
	Tourteau de coton	
	Tourteaux de Karité	
	Tourteaux de Sésame	
Tourteaux Monocotylédone	de	Tourteau de palmiste
		Tourteaux de Coprah.
		Tourteaux de germe de céréales en particulier celui du maïs.

○ Tourteaux de soja

Le tourteau de soja demeure la première source de protéine d'origine végétale. Ces tourteaux jouent un rôle considérable dans l'alimentation des volailles des pays industrialisés et cette part croît régulièrement depuis 40 ans aux États-Unis et en Europe. Le tourteau de soja a entièrement supplanté les autres tourteaux dans l'alimentation des volailles dans laquelle il couvre plus de 95% des besoins en tourteau. La prépondérance du tourteau de soja s'explique par sa richesse en acides aminés indispensables, notamment en lysine, par l'absence de facteurs toxiques et

par son prix modéré. Le tourteau de soja doit subir un traitement thermique qui améliore sa digestibilité et détruit plus ou moins des facteurs toxiques à incidence faible présents dans le soja cru. La graine de soja peut être débarrassée ou non de sa coque lors de l'extraction de l'huile. La dénomination commerciale du tourteau de soja correspond à l'addition des taux de matières grasses et de protéines sur la matière brute, avec un taux moyen d'humidité de 12%. Le meilleur tourteau de soja, contient 48 % de matière protéique brute, 2% de matière grasse et 3,5% de cellulose. La cellulose de ce tourteau est particulièrement digérée par les monogastriques. Le tourteau de soja doit être supplémenté en méthionine. Il est très fréquemment utilisé à des taux d'incorporation élevés, de l'ordre de 30% pour les volailles en croissance et de 20% pour les pondeuses.

- **Tourteaux d'arachide**

Les graines d'arachide ne sont plus traitées actuellement que selon deux procédés : la pression en continu, qui laisse en sous-produit le tourteau expeller, et le traitement par solvant, qui donne le tourteau extraction. La teneur de ces tourteaux en cellulose est modérée (de 5 à 7%). Les teneurs en huiles résiduelles sont variables, selon la technique de la fabrication : de 4 à 8% pour les expellers, 1% pour les tourteaux extraction. Les teneurs en matières azotées sont relativement élevées : 45% en moyenne pour les expellers et 50% pour les tourteaux en extraction. Celles-ci sont insuffisamment pourvues en méthionine et en lysine. Les tourteaux d'arachide peuvent être contaminés par des moisissures parmi lesquelles *Aspergillus flavus* est la plus connue et la plus fréquente. Elle secrète une toxine, appelée aflatoxine, dangereuse pour les animaux consommateurs de tourteaux. La catégorie la plus sensible est constituée par les jeunes et les espèces plus sensibles sont les canards, le dindon et le lapin. La poule et le poulet ne sont que moyennement sensibles. Seuls, les tourteaux exempts d'aflatoxine ou en contenant très peu (inférieur à 1,25mg/kg) sont utilisables. Si leur innocuité est certaine, ils peuvent être utilisés largement, jusqu'à 30% dans les aliments destinés aux poulets et aux pondeuses. Si elle est douteuse on diminuera d'autant leur pourcentage d'incorporation que les risques paraîtront plus grands. De récentes techniques, utilisées en particulier au Sénégal, permettent de détoxiquer les tourteaux d'arachides pollués par l'aflatoxine, grâce à un traitement par l'ammoniaque. Pour être utilisable en aviculture, le tourteau d'arachide ne devra pas contenir plus de 100mg d'aflatoxines par tonne et encore dans ce cas on devra limiter son incorporation

à 4-5% de la formule. Conformément à l'avertissement formulé plus haut, il faudra se méfier des taux de protéines artificiellement élevés (50%) pour des tourteaux « 47 », ou 54% pour des tourteaux « 50 », trouvés à l'analyse de ces travaux renfermant des résidus d'azote non protéique. Les tourteaux artisanaux d'arachide sont encore très riches en matières grasses (15 à 25%) et ont donc une valeur énergétique élevée. Mais ils sont sujets à un rancissement hâtif et doivent être consommés rapidement après leur préparation.

- **Tourteaux de sésame**

Les tourteaux de sésame ont des caractéristiques analytiques assez proches de celles des tourteaux d'arachide. Ils sont un peu plus huileux, plus cellulosiques et moins riches en matières indigènes qu'une forte teneur en méthionine. On ne connaît à ce tourteau aucun facteur toxique.

- **Tourteaux de coton**

La valeur nutritionnelle de ces tourteaux varie fortement selon les techniques de fabrication. Le taux de protéines moyen est de 42% mais varie de 28 à 58%, le taux de cellulose brute varie de 8 à 23% et le taux de matières grasses de 0.5 à 15%. Les graines de coton sont constituées d'une amande entourée d'une coque cellulosique. Lors de la trituration des graines et de l'extraction de l'huile, les graines sont décortiquées mais une partie des coques peut être réintroduite dans le tourteau pour obtenir une meilleure pression. Toutes les qualités de tourteaux existent entre le tourteau parfaitement décortiqué, qui ne contient que 4% de cellulose, et le tourteau le plus pauvre à 25% de cellulose. Seuls les tourteaux décortiqués, dont la teneur moyenne en cellulose se situe autour de 8%, sont utilisables par les volailles, et la valeur énergétique de ces tourteaux est de l'ordre de 2000 kcal. La teneur en matières azotées de ces tourteaux décortiqués est comprise entre 40 et 50%. La composition en acides aminés de ces protéines est assez bien équilibrée, mais légèrement déficiente en méthionine et en lysine. Les tourteaux peuvent être obtenus par pression continue ou par solvants (tourteaux extraction). Dans le premier cas, le taux des matières grasses est compris entre 4 et 8% et dans le second, il est voisin de 1%. La présence d'huile de coton dans la ration peut provoquer la coloration en rose du blanc d'œuf, mais ce phénomène n'est perceptible qu'à partir d'une certaine consommation d'huile et d'une certaine durée de stockage des œufs. On admet qu'il n'apparaît qu'au-delà de deux mois de stockage et pour une consommation de plus de 0,5 % d'huile de

coton. Les graines et le tourteau de coton sont susceptibles de contenir un produit toxique, le gossypol, logé dans de minuscules glandes localisées dans l'amande. Le gossypol peut être libre ou lié à la lysine. Seul le gossypol libre est toxique, mais une petite partie du gossypol lié pourrait être transformé en gossypol libre dans le tube digestif. Des méthodes de dosages, gravimétriques ou spectrophotométriques, permettent de déterminer les teneurs en gossypol libre et en gossypol total. Le gossypol provoque des effets proportionnels aux quantités ingérées. Chez le poulet de chair, il entraîne une diminution de la vitesse de croissance, une augmentation de l'indice de consommation et une mortalité plus ou moins importante. Chez la pondeuse, il entraîne une diminution de la ponte, du taux d'éclosion, et une coloration en vert olivâtre du jaune d'œuf, d'autant plus intense que les œufs sont conservés depuis plus longtemps. De nombreux facteurs interfèrent avec la présence de gossypol pour en modifier les effets de telle sorte qu'il est difficile de préciser le taux de gossypol libre, de l'ordre de 0,04‰, mais la mortalité n'apparaît qu'à des taux beaucoup plus élevés. Les performances de croissance seraient diminuées à partir d'un taux très faible de gossypol de 0,2%, mais les colorations anormales du jaune apparaîtraient à partir de 0,05%.

Le chauffage qui accompagne la fabrication du tourteau, fait baisser d'une façon importante le taux de gossypol libre en liant le gossypol et la lysine. Tout traitement thermique diminue la toxicité du tourteau, mais diminue aussi quantité de lysine disponible, donc la valeur alimentaire du troupeau. Les taux de gossypol varient considérablement d'une variété de coton à l'autre. Le tourteau de coton constitue dans beaucoup de pays une source d'aliment économique et abondante. Aussi de nombreuses recherches ont-elles été effectuées pour desserrer les contraintes d'utilisation liées à la présence du gossypol. La sélection végétale a abouti à la création de variétés pratiquement dépourvues de gossypol, mais plus sensibles aux attaques des insectes et moins productives que les variétés riches en gossypol. Les tourteaux décortiqués sans gossypol peuvent être utilisés dans l'alimentation des poulets sans inconvénient à des taux élevés : de 40 à 50% et avec des performances zootechniques satisfaisantes, à condition que l'apport énergétique des autres constituants de la ration soit suffisant. L'addition de sulfate ferreux à un taux de 0,08 à 0,6% dans les aliments atténue les effets toxiques du gossypol en provoquant une combinaison du gossypol et du fer.

- **Tourteaux de coprah**

Les caractéristiques communes de ces tourteaux sont leur pauvreté en matières azotées : de 19 à 23%, leur déficience en lysine et leur teneur élevée en cellulose : de 9 à 24%. Leur utilisation pour les volailles en croissance est limitée par leur faible valeur énergétique. Par contre, chez les pondeuses, ils peuvent être assez largement utilisés. Jusqu'à 20 % du régime les performances restent comparables à celles qui sont obtenues pour des rations classiques. Ces performances sont encore acceptables jusqu'à 40% du régime, si les autres éléments de la ration sont riches en énergie.

- **Tourteaux de palmiste**

Ces tourteaux ont des caractéristiques d'analyse les rapprochant du tourteau de coprah, mais leur valeur énergétique est encore plus faible ce qui les exclu pratiquement de l'alimentation des volailles en croissance. On conseille de ne pas dépasser le taux de 15% dans l'alimentation des pondeuses. Dans certains élevages on peut les utiliser sans inconvénient jusqu'à 30%.

1.3.2. Sous-produits de céréales

- **Son de maïs**

Le son de maïs est l'enveloppe externe du grain de maïs. Il contient 15% de fibres et est pauvre en énergie métabolisable. Il ne convient pas à la ration de poulets de chair ou de poules pondeuses à productivité élevée.

- **Son de blé**

Dans les minoteries, le blé tendre est broyé, puis tamisé, et la fraction ne traversant pas les tamis constitue les issues. Les tables analytiques donnent la composition d'un certain nombre de sous-produits qui ne sont pas toujours commercialement disponibles et qui sont mélangés à la vente. On trouve souvent les gros sons fins et les remoulages. La caractéristique commune des issues de blé est leur teneur satisfaisante en matières azotées et assez élevée en cellulose, ce qui en limite l'énergie. Leur utilisation n'est donc possible que si les autres constituants de la ration sont riches en énergie et elle est souvent limitée aux poulettes et aux pondeuses, catégories de volailles dont les besoins énergétiques sont moindres. Les gros sons contiennent trop de cellulose pour être utilisés dans l'alimentation des volailles. Dans les aliments poulets de chair, on évite le plus souvent l'introduction du son fin et on peut admettre l'incorporation de remoulage à des taux inférieurs à 25%. Dans les

aliments poulettes de 8 à 20 semaines, et pondeuses, on peut admettre un taux maximal de 25% pour le son fin ou de 40% pour les remoulages.

- **Son de riz**

Le paddy (riz non décortiqué) subit un traitement propre à le rendre consommable en alimentation humaine, qui le débarrasse de ses enveloppes et de la partie superficielle du grain proprement dit. Ce traitement peut être effectué par pilonnage, par décortilage artisanal ou par usinage. Deux principaux sous-produits sont disponibles à l'issue de ces traitements. Il s'agit des sons de riz et de la farine basse de riz. Les sons sont obtenus après décortilage et sont plus ou moins mélangés de balles selon la technologie et la propreté du paddy d'origine. Le pilonnage ou le décortilage artisanal laissent disponible un mélange d'issues représentant environ 30% du poids du paddy, constitué de balles, de son proprement dit et de brisures. Le son de riz est un sous-produit de valeur alimentaire médiocre, riche en cellulose et en silice, car le tamisage, dernière étape de sa fabrication, laisse passer les petits fragments de balle. Il n'est pas utilisable dans l'alimentation des volailles. La farine basse de riz provient des opérations de blanchiment et de polissage. Elle est moins riche en fibres et en protéines que le son de riz. Les minéraux y sont relativement abondants, en particulier le phosphore mais aussi certains oligoéléments comme le manganèse et le zinc. La farine basse des cônes à blanchir est aussi caractérisée par un taux de matières azotées relativement élevée : 13-14%, et un taux de matières grasses très élevée : 15-17%. Ces lipides sont facilement oxydables et la réaction qui démarre dès la fabrication provoque un échauffement intense et un rancissement des farines. Ces réactions d'oxydation semblent responsables des diminutions de performances observées chez les poulets utilisant une provende à base de farines basses de cônes. Il est donc préférable d'éviter la farine basse de cône ou de l'utiliser qu'à des taux modérés, inférieurs à 30% et fraîchement préparée.

- **Drêches de brasserie**

Lors des opérations initiales de la fabrication de la bière, le malt, additionné à d'autres céréales, est aplati et trempé. La majeure partie de l'amidon se transforme en maltose soluble et fermentescible. Le résidu insoluble séparé par filtration, avec ou sans pressage, constitue la drêche composée essentiellement d'un reliquat d'amidon, de cellulose et de protéines. Au sortir de la brasserie, les drêches non pressées contiennent 80% d'eau contre 45% pour les drêches pressées. Elles doivent être

desséchées au soleil ou dans un appareil avant d'être incorporées aux aliments. C'est un sous-produit qui a une bonne teneur en protéine brute (de 16 à 24% de M.S), mais une teneur élevée en cellulose (de 9 à 20% de M.S). L'introduction de faibles quantités de drêches (de 5 à 10%) dans les rations pondeuses ne modifie pas sensiblement la consommation d'aliment par œuf, elles améliorent la ponte et la qualité des œufs, selon d'autres, elles sont sans incidence sur la ponte. L'introduction de quantités plus importantes (20%) augmenterait la consommation par œuf sans diminuer la ponte. Elle diminuerait la surcharge graisseuse hépatique. Les pondeuses sont capables de consommer jusqu'à 40% de drêches en conservant un taux de ponte faiblement diminué, mais avec une consommation d'aliment sensiblement augmentée. L'utilisation de drêches dans les rations croissance est bien supportée par les poulets jusqu'à 20%, mais entraîne une augmentation de l'indice de consommation. **Les drêches artisanales de bière locale** telles que les drêches de bière de sorgho sont plus énergétiques et ont une valeur protéinique plus élevée que les drêches de brasserie. Cependant, ces produits sont assez mal utilisés par les porcs et seront donc réservés préférentiellement à d'autres espèces qui les valorisent mieux : vaches laitières ou bœufs à l'embouche.

1.3.3. Sous-produits de sucrerie

Il s'agit des issues de la transformation de la canne à sucre. Les usines sucrières fournissent le jus et la mélasse de la canne à sucre qui peuvent être utilisés en alimentation animale. Ces sous-produits ont une teneur en énergie plus faible que les céréales de plus le substrat pour l'énergie est un mélange de sucrose, glucose et de fructose. Ils sont dépourvus de fibre et de lipides et de protéines. Ils contiennent des teneurs variables en minéraux et en vitamines. Ce sous-produit ne peut être utilisé qu'à des taux peu élevés (5 à 10%). Au-delà, l'augmentation de la diurèse due à la richesse de la mélasse en potassium entraînerait l'apparition de fientes liquides.

1.4. Produits de l'industrie chimique

Les produits de l'industrie chimique sont : les compléments minéraux azotés et vitaminés (CMAV) et les additifs.

1.4.1. Compléments minéraux azotés et vitaminés (CMAV)

Les minéraux, les oligoéléments, les vitamines et les acides aminés essentiels peuvent être apportés dans l'alimentation par un complément minéral azoté et vitaminé (CMAV)

qui peut être incorporé à la ration en fonction de la quantité des autres matières premières. Notons qu'il existe aussi le complément ou complexe minéral vitaminé (CMV) qui apporte des minéraux, des vitamines et des oligo-éléments, celui-ci s'incorpore selon sa composition à 5%, 3%, 1%, ou 0,5% dans l'aliment. La qualité de protéiques des rations est fondamentale pour l'élevage des volailles. Plus particulièrement, trois acides aminés sont recherchés car leurs teneurs sont le plus souvent faibles dans les principaux aliments : la lysine, la méthionine, le tryptophane. Les matières premières qui contiennent ces trois acides aminés en proportion importante tels que le tourteau de soja, les farines de poisson, les farines de viande sont d'un coût relativement élevé. Pour diminuer ou supprimer l'incorporation de ces matières premières, on incorpore fréquemment dans les aliments complets les acides aminés de synthèse produits industriellement : la méthionine et la lysine.

1.4.2. Additifs

Un additif est une substance dotée ou non d'une valeur nutritionnelle, qui est ajoutée intentionnellement aux aliments des animaux, dans un but précis, d'ordre nutritionnel, sensoriel, technologique ou zootechnique. Les additifs aux aliments des animaux ont des fonctions bien définies :

- ils permettent de mieux produire en fonction des conditions diverses d'élevage et de présenter au consommateur un produit offrant les garanties nécessaires sur le plan de l'innocuité, de l'hygiène, de la nutrition et du goût ;
- en alimentation animale, ils ont un effet positif sur les caractéristiques des aliments pour animaux, des produits d'origine animale, répondent aux besoins des animaux et ont une influence favorable sur les conséquences environnementales de la production.

Les additifs entrent dans les catégories suivantes :

- **les produits médicamenteux**, qui sont introduits dans l'aliment à titre préventif tels les antibiotiques et anticoccidiens ;
- **les facteurs de croissance**, qui peuvent être des antibiotiques ou, qui interviennent dans la physiologie de la digestion (comme la nitrovine) pour une meilleure assimilation ou une meilleure utilisation des principes nutritifs ;
- **les conservateurs**, qui ne jouent aucun rôle sur l'animal mais permettent une meilleure conservation de l'aliment ; ce sont des conservateurs chimiques, tels les

antioxydants utilisés pour ralentir le rancissement des matières grasses, ou bien des antifongiques pour empêcher le développement des moisissures ;

- **les détoxifiants**, tel que le sulfate ferreux utilisé pour limiter les effets nuisibles du gossypol contenu dans le tourteau de coton ;
- **les correcteurs**, tels que les colorants à base de caroténoïdes utilisés dans les aliments pour compenser la carence en carotènes des maïs blancs, et obtenir une bonne coloration des jaunes d'œufs ou des poulets (si le marché exige des poulets jaunes).

Ces produits n'intervenant qu'en petites quantités dans les aliments, ils sont présentés dilués sous forme commerciale de concentrés permettant une incorporation plus facile dans les prémélanges.

1.5. Limites d'utilisation de certaines matières premières chez les poulets

En raison de la présence de facteurs antinutritionnels, pour respecter une présentation optimale de la provende, ou parce que certains aliments confèrent des goûts à la chair et aux œufs, il est nécessaire de respecter un certain nombre de règles particulières pour l'incorporation des matières premières :

- **Céréales** : pas de limites d'utilisation à l'exception du sorgho rouge qui renferme des tannins (limite de 30 à 35% dans les rations, selon la teneur en tannins) ;
- **Tourteau d'arachide** : ne pas dépasser 25% du mélange en raison de la présence d'aflatoxine ;
- **Tourteau de coton** : ne pas dépasser 10% du mélange en raison de la présence de gossypol ;
- **Tourteau de palmiste** : ne pas dépasser 20% du mélange (teneur élevée en fibres) ;
- **Farine de poisson** : ne pas dépasser 10% du mélange car elle donne son goût aux œufs et à la viande de poulet, surtout si elle est grasse ;
- **Farine basse de riz** : ne pas dépasser 40% du mélange pour limiter l'effet dépressif dû à son utilisation dans les rations ;
- **Huile végétale et graisses animales** : ne pas dépasser 5% du mélange pour éviter la diarrhée.

Tableau 3 : Taux d'incorporation de quelques matières premières dans l'aliment de la volaille

Matières premières	Taux d'incorporation dans l'aliment de la volaille (%)
Sources d'énergie	
Maïs	60 – 70
Manioc (cosettes)	25
Issues de blé (son)	10
Drêche de brasserie	5-10 (pondeuse) ; 20 (poulet de chair)
Sources de protéines	
Tourteau d'arachide	25
Tourteau de coton	10 (non traité) ; 40 (détoxifié et décortiqué)
Tourteau de palmiste	20
Tourteau de soja	25
Graines de légumineuses (niébé,	25 – 30
Farine de poisson	10

.6. Typologie des aliments

1.6.1. Aliments grossiers (= riches en fibres et paroi végétale, 35 à 70% de la MS)

Les fourrages verts (graminées, légumineuses, les foin, les ensilages (maïs, herbe...), les fourrages déshydratés (luzerne...), les pailles, certains sous-produits fibreux (enveloppes de grains, marcs...) La valeur nutritive des fourrages diminue rapidement avec leur stade physiologique.

1.6.2. Aliments concentrés (= riches en un élément nutritif au moins)

○ Riches en énergie

Ils sont constitués des graines de céréales, certaines enveloppes de graines (sons, remoulages, coques de soja), certains sous-produits (pulpes de betteraves...), tubercules (betteraves...). La richesse en énergie est souvent due à l'amidon, glucide généralement bien digéré (céréales et co-produits céréaliers..., figure IV.1). Parfois, la bonne valeur énergétique est liée à des parois végétales peu lignifiées et facilement digestibles (coques de soja, pulpes de betteraves...). Enfin, les graines oléagineuses (soja, colza...) tirent leur bonne valeur énergétique de leur fraction lipidique importante.

○ Riches en azote (et souvent en énergie)

Ils regroupent les graines protéagineuses (pois, féverole...), graines oléagineuses (soja, colza...), tourteaux (soja, colza, tournesol, arachide...), autres sous-produits (drêches de brasserie, glutenmeal...). Principalement, dans le cas des animaux monogastriques, une attention est portée sur l'équilibre des acides aminés essentiels. D'une façon générale, les protéines des légumineuses sont riches en lysine et pauvres en méthionine et cystine tandis que c'est l'inverse pour les protéines des graminées.

- Riches en minéraux et vitamines

Phosphates, carbonate, sels de Mg, Sels de Zn, Mn, Cu... Ceux riches en vitamines sont les levures et vitamines de synthèse autorisées (Voir classeur Excel sur la typologie et la composition bromatologique des ressources alimentaires).